



THESE présentée pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Louis Pasteur
Strasbourg I

Discipline : Sciences de l'éducation
Option : Didactique des Sciences

Par Kemal YÜRÜMEZOĞLU

**UNE ETUDE SUR LES MODES DE RAISONNEMENT DES ETUDIANTS
EN PHYSIQUE ACTUELLE**

Formation et développement du contenu conceptuel:
du sensoriel au catégoriel et des particules aux phénomènes

Soutenue publiquement le **14 décembre 2004**

Membres du Jury :

Directrice de Thèse : **Mme Michèle KIRCH**, Pr., Université Louis Pasteur
Rapporteur Interne : **Mme Marie-José REMIGY**, Pr., IUFM d'Alsace
Rapporteur Externe : **M. Alain DUMON**, Pr., IUFM d'Aquitaine
Rapporteur Externe : **M. Mahir ALKAN**, Pr., Université Balikesir, Turquie

Laboratoire des sciences de l'éducation et de la communication

A ma famille et ma future épouse, Havva

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier très sincèrement

M. le Professeur A. Dumon,

qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse,

Mme le Professeur M.J. Remigy et

M. le Professeur M. Alkan,

qui ont bien voulu consacrer leur temps et leur compétence au jugement de ce travail.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance aux élèves et aux étudiants pour leur aimable collaboration et également aux enseignants pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche.

Je remercie chaleureusement les membres de l'équipe du laboratoire de Sciences de l'Education et Communication pour m'avoir accueilli dans leur laboratoire. Je remercie tout particulièrement N. Hedjerassi pour ses précieux conseils et nos échanges

Mes remerciements à Mme Riff pour sa relecture patiente du manuscrit.

Je dois une reconnaissance particulière à Mme Michèle Kirch, qui a dirigé ce travail. Je tiens à la remercier très vivement pour sa compétence scientifique et didactique qui m'a aidé à construire un pont entre la science et leur enseignement. Son soutien amical et enthousiaste, sa collaboration toujours fructueuse, ont joué un rôle déterminant dans l'élaboration de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à mes amis Havvanur et Kudret pour leur soutien particulier.

Je remercie chaleureusement Claire Argyris pour son rôle familial et amical au cours de mon séjour en France.

Enfin, je remercie vivement toutes les personnes qui m'ont aidé à construire ce travail.

EN GUISE DE PREFACE

Un héritage riche, une histoire de pensée, un passage d'une théorie au concret

Aujourd'hui, nous parlons encore de l'atome, peut-être tous les jours un peu plus, un discours qui prolonge vers l'antiquité à l'école de Thalès à Milet, la côte de la mer Egée. L'idée de l'atome est un des plus beaux trésors de l'antiquité, une des plus brillantes créations des êtres humains et aussi un des plus beaux mots employés dans le discours de l'humanité de tous les temps. L'importance de cette idée vaut un immense atelier qui provoque tous les jours, à chaque moment, des œuvres d'arts par les scientifiques.

Nous apprenons sans cesse chaque jour une nouvelle dans le monde microscopique, une propriété différente de l'atome ou bien une autre composante de l'atome, plutôt des sub-particules de l'atome. Aujourd'hui l'idée de l'atome est remplacée par une entité concrète à la place d'une entité abstraite. Jusqu'à la découverte de l'électron l'atome était une idée, une théorie et une entité abstraite, invisible et indivisible pour les humains alors que de nos jours, dans certains discours scientifiques, il s'agit de la possibilité de voir ou de toucher l'atome. D'où la construction en cours de nanotechnologie qui parle de la manipulation d'atome.

L'atome est un très bon exemple dans l'histoire des sciences, c'est pourquoi, il est très important, un passage de l'abstrait au concret, d'une idée à une fabrication, d'une théorie au concret. En même temps, l'atome est une épreuve pour les scientifiques, une preuve et une argumentation de leurs idées. Une preuve et une argumentation pour le passé et aussi un courage et une motivation pour l'avenir. Les êtres humains ont vécu beaucoup de faits tant bien que mal dans leur histoire. L'atome comprend une grande quantité d'énergie mais nous n'en avons pas très bien profité, même de temps en temps, l'atome est devenu une des plus dangereuses armes contre l'humanité.

Quand je suis allé à Milet, j'ai été très ému par deux choses : d'une part, les philosophes et les grands hommes de l'école de Milet, et leur grand constructeur Thalès étaient tous là, ils avaient tous vécu ici, peut-être dormaient-ils encore ici sous le sol de cette terre, d'autre part en tant que chercheur qui tente de travailler sous la lumière de ces grands hommes de l'antiquité. J'ai visité tous les monuments historiques des alentours, je les regardais de différents angles de vue, tantôt vers la mer, tantôt vers la plaine, tantôt vers le ciel sous le soleil de l'Egée. Ce que je cherchais dans ces ruines, c'était trouver quelque chose, au moins un petit signe ou bien une petite idée qui pourrait m'aider à avancer dans mon travail.

Quand je me suis assis sur un siège en pierre dans le théâtre antique de Milet, je me suis rendu compte que tous les éléments de l'antiquité étaient sous mes yeux en même temps, l'air (le ciel bleu), l'eau (la mer Egée), la terre (la plaine « Méandre », qui est la plus riche de la terre de

l'Anatolie), le feu (le soleil). Il semble que la première raison de la réflexion sur l'atome c'est la nature, la deuxième, la ville de Milet, une des villes les plus populaires de l'antiquité (une des 12 grandes villes de l'antiquité), Milet est une ville de commerce entre l'Orient (surtout l'Égypte et l'Inde) et l'Occident, c'est-à-dire c'est une porte qui ouvre toutes les civilisations, évidemment une porte des échanges entre ces civilisations ; troisième raison, l'importance d'une construction d'une école et la valeur de la pensée libre. L'école de Milet a valorisé tous ces assemblages en tant qu'idées immortelles de tous les temps.

L'esprit de toutes les préoccupations des scientifiques contemporains autour des objets minuscules a recours à la conception de l'atome, autrement dit, à la pensée libre de l'école de Milet. Il me semble, chaque activité à laquelle nous nous intéressons nous fera toujours rappeler à l'immense capacité de pensée libre des êtres humains et aidera à la transporter au futur. Enfin, pour moi, naître dans ces sols est une chance et poursuivre une thèse autour de ces idées, est un devoir culturel, et la somme de l'ensemble est un immense plaisir.

INTRODUCTION

0.1 Question de recherches, réflexions et intentions

Mieux percevoir le monde auquel nous appartenons, rend intelligible un certain nombre d'activités mentales et physiques. La question de mieux connaître ce qui se passe autour de nous, est cachée derrière les limites de notre perception habituelle: il s'agit là du cœur du questionnement de cette thèse. Rendre visible, rendre perceptible, et plus particulièrement rendre compréhensible nécessite **un processus expérimental**, tant au niveau mental qu'au niveau de nos percepts. Comment mieux utiliser nos percepts, comment mieux traiter des données provenant de nos percepts et comment peut-on rendre intelligible ces derniers pour que l'interaction entre le connu et l'inconnu produise la connaissance ? Pour répondre à cette question, nous devons mieux connaître le processus de nos activités mentales à travers un certain nombre de questionnements et d'expériences. C'est le but de notre recherche.

Etablir une relation entre le conçu et le perçu nous pousse à faire une recherche sur le fonctionnement intellectuel des individus. De ce fait, le but principal de cette recherche est focalisé sur les modes de raisonnement et les modes de perception des étudiants à toutes les étapes, depuis la première année universitaire jusqu'à la fin de leur formation autour des concepts de base des sciences physiques. Dans cette thèse, le groupe d'étudiants ciblé est surtout celui des futurs enseignants, de différents niveaux et de deux cultures différentes (en France et en Turquie). L'intention ici est d'analyser dans une perspective didactique des modes de raisonnement d'individus face à des événements contextualisés dans la science, dans leur vie quotidienne et dans l'enchaînement des concepts dans une période donnée.

Nous considérons que les concepts sont une construction théorique avec leur théorie, leurs composantes et qui sont en lien avec les phénomènes (**Chalmers 1991 ; Kuhn 1990**). Mais en réalité, ils sont souvent loin de leur propre nature, soit intégrés à notre activité quotidienne et indépendante de leur origine, soit une composante qui est mal construite au cours de l'instruction scolaire. Dans la physique actuelle, même si les concepts de base ont l'air d'être simples parce que nous les utilisons fréquemment, au fond ils sont souvent réellement complexes. Ils sont tellement présents dans notre langage quotidien qu'ils ont pris un air tout à fait ordinaire : d'une manière ou d'une autre. Nous entendons et utilisons les mots de la physique dans des contextes divers: quantum, énergie, atome, molécule, lumière, nanomonde... Notre piste durant cette recherche est d'examiner ces concepts dans la perspective de la physique actuelle, *ainsi que de déterminer quels types de rapport il existe entre l'observabilité des phénomènes, la perceptibilité des objets, de leurs propriétés et le processus d'abstraction.*

Aujourd'hui la position d'un certain nombre de chercheurs en didactique est que les travaux effectués dans les sciences actuelles ne sont pas suffisamment présents dans les programmes scolaires. Ceci est en fait un problème général de « *transposition didactique* » (**Fischler 1992; Fischler 1992**); (**Mashhadi 1996**). Ces auteurs constatent que « bien que soixante cinq années auparavant la physique quantique ait pris la place de la physique, dans beaucoup de livres d'aujourd'hui nous pouvons voir que la physique classique est toujours dominante ». Les paradigmes de la physique classique créent un obstacle dans l'apprentissage de la physique quantique (**Petri 1998**) qui est la physique d'aujourd'hui : la physique quantique, ou bien les sciences physiques basées sur la physique quantique, sont noyées dans l'idée de la ressemblance avec la physique classique. Si la « transposition didactique » ne peut pas résoudre ce problème, celui-ci va perdurer encore longtemps.

Un enseignement de la physique qui prendra forme avec la physique quantique aura besoin d'un nouveau paradigme scientifique et bien évidemment aussi d'un paradigme de didactique.

Dans la science d'aujourd'hui, le fait que tout le monde étudie dans de nombreux domaines spécifiques empêche dans beaucoup de situations les personnes d'atteindre une vision plus profonde de la science générale. Par exemple, lorsque nous demandons à une personne qui étudie les molécules pendant une longue période dans plusieurs expériences qu'elle nous explique ce qu'est une molécule, il n'est pas difficile de voir que cette personne rencontre des difficultés à donner une réponse claire et distincte. Dans le milieu éducatif nous pouvons voir certaines personnes ayant des affinités avec certains travaux scientifiques, mais qui sont loin de l'univers expérimental **et dont** les travaux sont donc centrés sur des prévisions ou sur les expériences d'autres personnes. De ce fait, malgré une réflexion plus profonde que l'expérimentateur ne peut avoir, elles n'arrivent jamais à atteindre la réalisation des expériences scientifiques. Et en contre partie, l'expérimentateur ne pourra jamais demander à savoir la manière avec laquelle les autres percevaient ce qu'il a fait. Celui-ci publie son expérience qui est lue par de fins experts. Ceci permet à l'auteur d'être fier de son travail ainsi de suite...mais cet enchaînement ne se referme jamais en continu. Ainsi le savoir se retrouve toujours prisonnier de la subjectivité des chercheurs. Le vrai savoir se trouve en réalité entre les mains de personnes qui sont dans le vif de ces travaux.

Souvent la vulgarisation du savoir est vue comme une méthode efficace pour atteindre des critères objectifs, mais la vraie forme de la vulgarisation scientifique étant de simplifier et d'ôter tout ce qui est mathématique et montre en fait que la vulgarisation rend impossible le transfert du savoir véritable. Les livres scolaires, ou bien même beaucoup d'ouvrages universitaires sont sous l'effet de cette logique de vulgarisation et s'éloignent ainsi de la source du savoir et ceci sans forcément s'en rendre compte. Dans certaines situations, nous pouvons voir que le savoir réel de fond se contredit. Il est possible de voir, néanmoins, de bons exemples dans la vulgarisation scientifique de la physique quantique de Jean Marc Lévy -Leblond.

Bien sûr la physique quantique ou bien la physique moderne n'ont pas évolué si rapidement, nous pouvons trouver des traces tout au long du chemin de l'histoire des sciences ; des dates qui changent les paradigmes de la science, des réflexions qui ouvrent des perspectives vers de l'inconnu, des savants inoubliables depuis l'antiquité et des philosophes enracinés dans l'histoire, mais malgré un siècle passé, je pense que nous n'avons pas encore beaucoup évolué en matière de conception de la physique actuelle. Superficiellement, nous avons beaucoup d'informations sur cette matière, par contre nous ne possédons pas de vraie connaissance sur celle-ci. Le vrai problème est là.

L'objet de recherche de la physique s'appuie fréquemment sur les entités invisibles, imperceptibles, parfois inconcevables. C'est pourquoi, faire un raisonnement et une argumentation appropriée à ce raisonnement au sein de cette discipline rendent indispensable un certain nombre d'activités mentales et sensorielles au cours des passages des données à partir des qualités des objets aux registres conceptuels. Dans le cas échéant, nous nous retrouvons facilement dans les limites de la métaphysique.

Beaucoup d'événements se déroulent autour de nous, qui sont basés sur une racine scientifique et sont en dehors de notre compréhension de base. Par exemple, nous ne pouvons pas de suite dire par simple toucher si c'est de l'eau ou non, personne jusqu'à aujourd'hui n'a vu deux molécules l'une contre l'autre. Il y a tant d'autres exemples de ce même genre à donner.

En fait nous devons nous libérer des conceptions qui ont évolué et pris forme avec la physique classique. Cette vision que nous devons avoir doit concerner tous nos sens. Une observation qui a pour seul but la vision nous empêche d'atteindre les objets, plus particulièrement la qualité des objets dans le monde microscopique.

De nos jours, la logique d'observation et d'expérimentation parmi les scientifiques a complètement changé, mais nous essayons de résoudre cet univers complexe dans les programmes scolaires par l'intermédiaire d'une logique simple, expérimentale et observatrice. Pour que l'enseignement scientifique soit significatif autour de la science d'aujourd'hui, nous avons deux solutions possibles; soit mettre en œuvre dans l'enseignement toute la méthode scientifique et les démarches qui sont utilisés par les chercheurs (comme ce qui se passe autour du projet « la main à la pâte »), soit supprimer ou reconstruire certaines parties des programmes scolaires qui sont incompréhensibles et inaccessibles pour les élèves et étudiants dans le cadre de programmes actuels. Dans l'éducation d'aujourd'hui, ce type d'approche n'est pas une obligation, mais une nécessité indispensable.

Par la suite, une autre question importante qui a commencé à se poser est la suivante : est-ce que les concepts utilisés dans les sciences physiques peuvent être appris par tout le monde ? (Le questionnement de Michel Hulin :Peut-on apprendre la physique ?, *Le mirage et la nécessité* 1992) Je pense qu'avant de commencer quoi que ce soit, nous devons bien faire la différence entre ces

deux faits. On a besoin de réfléchir sur chaque enseignement de la physique et sur les différentes populations en cause. Si Piaget s'est autant attardé sur les niveaux intellectuels des étudiants (plus particulièrement la notion d'« épistémologie génétique » de Piaget) au cours de l'apprentissage, il serait tout à fait compréhensible que nous (les didacticiens de sciences) devons consacrer aussi un effort dans ce domaine.

0.2 Méthodologie générale

Dans cette étude, mon approche est de montrer les modes de raisonnement des étudiants lorsque nous sommes face à la physique et aux concepts physiques d'aujourd'hui. Bien sûr, lorsque nous devons faire ceci, il est inévitable de passer par une phase d'observation, d'expérimentation et de développement intellectuel des étudiants.

Avant tout, il faut délimiter les objets qui vont être nécessaires aux individus lors de leur observation dans l'univers physique de nos jours et aussi délimiter le cadre dans lequel ils vont utiliser leur logique d'observation.

En réalité, l'observation et l'expérimentation d'aujourd'hui sont deux parties inséparables de la science, elles sont indispensables pour l'acquisition des savoirs scientifiques. La question suivante va se poser : « *comment utilisons-nous nos perceptions ?* ». Nos perceptions sont en quelque sorte notre fenêtre qui s'ouvre au monde extérieur, c'est en même temps un processus complexe dans le fond mais qui paraît simple, qui permet la communication entre nos pensées et le monde extérieur. Quel lien y a-t-il entre nos perceptions et les inséparables pierres fondamentales de la science que sont l'observation et l'expérimentation ? Ou bien quel lien pourrait-on créer pour établir un transfert de savoir continu pour ainsi créer un circuit complet ?

0.2.1 Population

Dans ce travail, j'ai préféré choisir, comme objet d'étude, les individus qui visent à être enseignants, les futurs professeurs de physique et de chimie en Turquie, et de Sciences Physiques en France. Car dans ce type de recherche, les concepts et le mode de raisonnement et le mode de perception des étudiants étaient très importants afin de connaître leur fonctionnement intellectuel face à des faits qui s'installent au domaine de la physique d'aujourd'hui.. Quand à l'enseignant, que sait-il ?, Comment réfléchit-il ? De quelle manière développe-t-il sa logique ? Et adopte-t-il les différents niveaux d'enseignements, dans les différentes classes où il se trouve ? Et c'est sur ceci que j'ai préféré m'attarder : « y a-t-il des changements dans leurs raisonnements ? » Bien évidemment, toutes ces situations, recherches, questions posées ont été choisies parmi des situations réelles ou bien proches de la réalité.

Tout au long de leur formation est-ce que les enseignants ou bien les futurs enseignants ont bien la capacité de développer un raisonnement pluriel ? Sont-ils débarrassés de tout obstacle ? Et sont-ils prêts à s'adapter aux nouvelles situations scolaires et extrascolaires pour réaliser leur métier d'enseignant ?

Ici je décris la personne qui serait capable de créer un pont entre la science active et le cerveau de l'étudiant qui serait conscient de la nécessité d'une formation régulière, qui serait ouvert à apprendre, et flexible, pouvant s'adapter aux différentes formes de raisonnements... La situation idéale est d'être une personne qui a des connaissances bien acquises sur ses propres disciplines. Ces qualités ne devraient pas être les qualités d'un enseignant idéal, mais des qualités que l'on trouve chez chaque enseignant. Si nous réussissons à établir une chaîne de formation en toute conscience de ces notions, je pense que nous pourrions alors nous sentir prêt à réussir beaucoup de choses.

Ici le problème de base est de voir comment nous pourrions créer un lien entre le monde microscopique et le monde macroscopique, d'ailleurs ces deux mondes différents ne font qu'un. Nous qui sommes dans les sciences physiques d'aujourd'hui ou bien dans la physique moderne, comment percevons-nous et expliquons-nous ce qui est unique dans le fond. Dans cette thèse, j'ai voulu voir plus précisément ce que pensent les groupes que j'ai étudiés, et comment ces derniers interprètent ces deux mondes.

Parce que de nos jours, que ce soit dans le monde microscopique ou dans le monde macroscopique, il y a beaucoup de points que nous n'avons pas encore pu atteindre. Dans ces deux mondes, il y a tellement de choses que nous n'arrivons pas à voir et à percevoir. Le monde pensé, ainsi le vrai monde que nous percevons est le monde de réflexion. Entre ces trois mondes (micro, macro et le monde pensé); comment voyageons-nous de l'un à l'autre ? D'ailleurs, je pense que la source de notre savoir ne va pas au-delà des trois que nous avons créés. Nous réussissons plus ou moins bien à considérer le monde que nous percevons, mais le vrai monde et le monde de la réflexion restent dans la théorie ou bien au-delà.

0.2.2 Enquête et contenu

Dans ce travail, dans un cadre théorique, j'ai choisi deux modes de recueils de données pour réaliser ma recherche. L'un est un questionnaire ouvert et l'autre, l'entretien. Mes interrogations qui ont créé le fond de cette recherche ont donné forme aux questionnaires et au guide d'entretien.

J'ai consacré la plus grande partie du temps à cette étape, au choix des questions. En commençant par les publications étrangères, j'ai analysé de nombreux ouvrages et publications sur le sujet de la physique moderne et de la physique d'aujourd'hui autour des concepts des sciences d'aujourd'hui. J'ai aussi étudié sur les publications qui sont faites au sein des médias, comme des revues de vulgarisation scientifique, comme des articles sur l'Internet, et comme les sites éducatifs et

pédagogiques scientifiques. Il y a certainement des travaux que j'ai omis d'analyser, mais je ne pense pas qu'ils changeraient fondamentalement.

En France, la physique moderne dans le domaine de la didactique est un sujet très peu étudié. Je pense que si nous prenons en considération que la didactique des disciplines est une discipline nouvelle, ceci ne sera pas pris comme une critique.

L'augmentation quotidienne des applications de la physique quantique, nous donne le signe que ces travaux qui vont être effectués dans les temps à venir vont se centraliser dans ce domaine. Dans le choix de mes questions, j'ai veillé à ce qu'elles représentent une partie de notre vie quotidienne, à ce que ce soit des notions et des événements rencontrés dans le milieu éducatif, à ce qu'elles soient en rapport avec le but de mon étude et dépendantes de la problématique. Par conséquent, presque chaque question contient une approche originale, les questions reposent sur des bases épistémologiques, scientifiques et philosophiques.

Par ailleurs, pour enrichir les sources de réflexions et les données, j'ai effectué mes recherches dans deux pays différents. Mon intention, ici n'a jamais été de faire une comparaison mais, j'ai voulu faire deux travaux complémentaires. Mon intention au lieu d'une comparaison, était de voir s'il y a des changements dans les formes des raisonnements à différents niveaux des étudiants. Si changement il y a, je voulais observer non pas les ressemblances mais les changements en cours dans les deux cultures différentes.

Pourquoi la physique moderne ? La réponse à cette question est la suivante : les évolutions et les étourdissants développements ayant eu lieu dans la science du 20^e et 21^e siècles, et aussi mon intérêt et ma motivation personnelle. Et en observant ainsi, il est étonnant de voir combien les développements récents sont présents parmi la population et ceci encore plus que dans les programmes scolaires. Peut-être que dans aucune période de l'histoire de l'humanité une telle contradiction n'a été vue.

Nous ne devons pas oublier que l'évolution de la science ne s'effectue pas par juxtaposition des données, mais en construisant les données des sciences (Giordan, Apprendre, Popper, La connaissance objective). Comment notre mode de pensée se forme-t-il face à cette forme de construction, parfois très complexe, (Edgar Morin intelligence de la complexité) et inaccessible ?

0.3 Objectif général

L'objectif principal de cette recherche est de tenter de comprendre les modes de raisonnement et de perception des étudiants à toutes les étapes, depuis la première année de l'université jusqu'à la fin de leur formation, autour des concepts des bases de sciences physiques. Notre piste durant cette recherche est d'examiner ces concepts dans la perspective de la physique actuelle, *ainsi que de*

déterminer quels types de rapport existent entre l'observabilité des phénomènes, la perceptibilité des objets, de leurs propriétés et le processus d'abstraction.

Avant tout, au cours de la réalisation de cette recherche, nous devons éviter tout idéalisme, sachant que déterminer les modes de raisonnement est quelque chose de difficile et de complexe. Nous savons qu'il y a un monde où nous vivons, mais à côté de celui-ci chacun a son propre monde. Comment pourrions-nous atteindre l'univers des individus et aussi quel genre de communication pourrions-nous créer avec cet univers ? Par contre, atteindre l'univers de réflexion de chaque individu ne serait un but ni correct ni réaliste. Ici le but réel est, d'une part, d'observer les *tendances générales* de leurs réflexions face à des phénomènes et à des situations qui se passent dans la perception habituelle et au-delà, et d'autre part de mettre en relation entre les activités sensorielles, perceptives et mentales pour mieux traiter la construction des concepts et la formation des savoirs scientifiques.

D'un point de vue critique et statistique, ce travail aurait pu être traité sur différents groupes et plusieurs combinaisons. Ici ceci ne s'est fait que parmi quelques-unes de ces combinaisons.

0.4 Domaine d'étude

Mes préoccupations théoriques de recherche relèvent de quatre domaines :

0.4.1 Physique moderne

« Pour les chercheurs, la physique a un double aspect : on peut en effet aussi bien considérer que c'est une science expérimentale qui a besoin de modèles théoriques ou une science théorique qui est fondée sur des faits expérimentaux (**Saltiel 1994**) ». Ma recherche pour cette thèse s'appuie sur les concepts des sciences actuelles, plus particulièrement les concepts étant installés dans le cadre de la physique actuelle. Ces concepts sont des outils dynamiques de l'activité mentale qui portent des informations encodées à partir de nos expériences sensorielles et perceptives. De ce fait, le contact avec la matière à travers l'expérience, la détection de ce qui se passe sur l'objet dans un phénomène, spontané ou construit par l'observation, et enfin les activités mentales associées sont des étapes incontournables de la construction mentale des sciences actuelles. C'est pourquoi, dans la partie de ce travail le paradigme de l'observation en sciences (**Sievert 1999, Kosso 1989**) a été reinterrogé.

L'étape suivante de cette recherche est de chercher une réponse à la question suivante : « comment pouvons-nous élargir les limites de notre univers de perceptions et la limite de notre monde de pensée pour nous rapprocher du monde réel » ? En fait, dans une partie de ce travail va prendre place le questionnement de l'observation dans la science.

Comment utilisons-nous nos moyens sensoriels pour percevoir le monde et les phénomènes qui nous entourent ? Nos sens ont quel genre de rôle sur les expériences et les observations, ces deux notions indispensables qui sont les pierres de touche de la science d'aujourd'hui ? Que savons-nous de nos sens ? Pouvons-nous les diriger ? .

0.4.2 Activités mentales

Après cette phase nous arrivons petit à petit à nos activités mentales et à notre constitution mentale. Ici, il y a un certain nombre de questions à poser: comment un objet et un phénomène sont-ils représentés dans notre structure mentale ? Comment les qualités des objets et des phénomènes atteignent-ils notre cerveau ? Combien de ces qualités sont traitables par notre intelligence, et une dernière question qui précise le « minimum de sens », que doit-être « le minimum sensible » dû à des objets pour constituer un sens chez les individus (étudiants).

Pour réaliser tout cela, que faisons-nous ? Plutôt, quel genre d'activités mentales doit-on utiliser et où doit-on les utiliser pour qu'elles jouent un rôle important dans la construction des connaissances ? Il est clair que l'activité mentale a plusieurs phases complexes ; il ne va pas être facile de toutes les prendre en compte, c'est pourquoi nous allons nous limiter aux activités mentales de base et à leurs rôles. Nous pourrions les énumérer de cette manière : imagination, conceptualisation, perception, sensation, abstraction...

0.4.3 Dynamisme en cours des activités mentales.

Nous savons que l'infinie constitution dynamique de l'univers se fait par l'action et l'interaction : les objets, les particules intermédiaires et les interactions. Les particules intermédiaires et l'interaction font partie des éléments indispensables de cette constitution dynamique. Parmi tous les objets de l'univers, il y a quatre interactions¹ et celles-ci ont plusieurs particules intermédiaires de base (photon, gluon, boson, graviton...). Grâce au transfert de ces particules, la constitution dynamique de l'univers est conservée. En tant que physicien, j'ai souhaité faire une analogie : peut-on se demander, quelles sont les particules de base des activités mentales ? Et parmi elles quel genre de communication y a-t-il, pour que le dynamisme de nos activités mentales soit établi ?

En partant de cette analogie, je propose l'existence de trois particules intermédiaires (médiatrices) au cours du processus cognitif : les concepts, les images mentales, les entités langagières². Ces outils cognitifs sont à la fois producteurs (capacité de pouvoir réaliser un ensemble de sens), reproducteurs (capacité de pouvoir créer de nouvelles particules intermédiaires) et évolutifs en soi (capacité de pouvoir être transformés) au cours du processus cognitif. Ils jouent aussi un rôle très

¹ interactions électromagnétique, forte, faible et la gravitation

² qui sont des "outils cognitifs" ("cognitive tools", Petri 1998)

important dans la formation de la connaissance directement comme des éléments principaux des activités mentales.

Le processus de la conceptualisation à partir du monde extérieur ne se réalise souvent pas dans de bonnes conditions. Ceci veut dire qu'il y a un dysfonctionnement du processus cognitif ou perceptif, ainsi qu'un manque de dynamisme. Ce dysfonctionnement est nommé différemment par les didacticiens : obstacles, erreurs, misconceptions, alternative frameworks (**Driver 1981; Driver 1985; Gilbert 1983**), raisonnement spontané (**Viennot 1979**)... Mais, ce qui nous semble important, c'est de chercher les causes du manque de dynamisme du dysfonctionnement dans la formation des connaissances. Les didacticiens se sont concentrés souvent sur les concepts, pour chercher ces causes. Même si, selon moi, les concepts sont essentiels, ce ne sont pas les seules causes.

La construction des connaissances dépend à la fois des facteurs cognitifs et des facteurs sociaux. Evidement dans ces facteurs, il y a des variations à contrôler. Nous pouvons les appeler l'administration cognitive et sociale. La formation des connaissances est dirigée par celles-ci. De jour en jour, nos connaissances sur le monde qui nous entoure, sont en train de se modifier sous l'influence sociale et scolaire. Quelle est l'influence la plus importante ? De nos jours, donner une réponse significative à cette question n'est pas toujours évident. L'une est aussi importante que l'autre. Ceci ne veut pas dire que l'école n'est plus nécessaire, je dirais plutôt que le rôle des écoles diminue au fur et à mesure en face des développements techniques, communicatifs et médiatiques. Nous pouvons équilibrer la répartition des rôles en faisant de bonnes transpositions (sens de la transposition didactique) des savoirs scientifiques et des transpositions des moyens de communication, de techniques du milieu social au milieu éducatif. Sinon le milieu scolaire ne sera plus intéressant par les individus.

Faire une analyse plus complète sur un sujet nécessite l'acceptation que celui-ci vit dans un cadre socioculturel. Donc pour que l'analyse ait un sens, l'individu doit prendre en compte une entité « *psycho-socio-culturelle* ». Nous allons expliquer celui-ci plus loin de manière plus détaillée. Ceci va prendre un sens dans mon parcours à l'aide du terme « didactique cognitif ». Car, toutes les expériences perceptives et mentales débutent et finissent par notre intelligence. Ce que nous sommes en train de faire, c'est tenté d'introduire la « didactique cognitive » au cœur de notre étude.

0.4.4 Didactique cognitive

C'est l'ensemble des activités cognitives et de méta connaissances qui interviennent dans la construction et la production du sens à partir des données qui proviennent, d'une part, de nos expériences scientifiques et quotidiennes et d'autre part, de l'intermédiaire d'un médiateur qui apporte des informations semi-construites, comme le savoir à enseigner, le savoir de l'enseignant et des médias. Nous pouvons la considérer comme un approfondissement de la didactique, d'ailleurs,

celle-ci étant définie comme : « la définition, la transmission et l'acquisition du savoir scientifique d'une discipline donnée » (**école doctorale de Paris 7**)

Faire « **une didactique cognitive** » va élargir la limite de notre perception et de notre raisonnement sur le monde dans lequel nous vivons tous les jours. De ce fait, avoir des informations à partir d'un sujet dans le cadre de la didactique cognitive, explique que nos représentations aient des rôles importants. Selon mon point de vue, il y a deux types de représentation qui proviennent du sujet, la représentation gestuelle et la représentation mentale. L'une apparaît au cours des expériences que nous faisons, l'autre, au cours de l'utilisation de notre activité cognitive. L'une est toujours complémentaire de l'autre. En conséquence, plus l'articulation est complète, plus les savoirs scientifiques prennent du sens et plus le degré d'abstraction des concepts et des phénomènes diminue pour l'individu.

0.5 Plan d'étude

Cette recherche comporte deux parties consécutives. La première partie comprend le cadre théorique et la deuxième partie est consacrée à l'activité pratique qui a été réalisée par des enquêtes. La première partie se veut la réponse à la question « comment avons-nous construit notre problématique et dans quel cadre didactique, la deuxième est la réponse à la question « comment avons-nous traité notre problématique à la lumière des recherches de terrains et à partir du cadre théorique

Pour élucider et donner un sens à notre travail dans un cadre théorique nous avons eu une approche en premier lieu *épistémologique* à partir de l'histoire des sciences en donnant quelques exemples dans la première partie. Ces derniers ont été faits, pour faire valoir les concepts au sens propre. **Thomas Kuhn** (2000) explique que la formation de la connaissance scientifique sera significative à condition que les phénomènes, les théories qui sont attachées à ce phénomène, les personnages ayant construit les théories, les vocabulaires liés à ces théories, soient pris en compte ensemble.

Par la suite, nous allons nous occuper du paradigme de la perception qui est complémentaire de l'expérimentation et de l'observation dans le cadre de la science et de l'éducation. Comment nous percevons le monde au cours de l'histoire? Et aujourd'hui comment nous le percevons? Et la question plus importante qui se pose dans le cadre de notre problématique, celle-ci : comment devons-nous percevoir notre monde pour que les connaissances scientifiques prennent un sens significatif dans le cadre cognitif d'un sujet?

A la suite des deux chapitres précédents, j'ai traité d'abord le sujet comme une entité cognitive. Ensuite, j'ai construit une hypothèse pour expliquer l'acte cognitif d'un sujet, à partir des perceptions jusqu'aux représentations. Ainsi, j'ai fait une modélisation cognitive de la construction du sens à partir de nos perceptions, c'est-à-dire le processus « sens-perception » Ces perceptions

comportent toutes sortes de données, soit déjà analysées dans le cadre d'une connaissance scientifique, soit de simples données non traitées.

Le contenu des concepts de la physique actuelle nous a conduit à deux parcours de recherche: l'un sur la production du savoir, au sens épistémologique, philosophique et phénoménologique, l'autre sur la formation, la construction et l'expérimentation des savoirs sur des sujets différents. Ce qui est essentiel dans ces deux parcours, c'est le reflet de l'un sur l'autre. De fait, la continuité et la transmission des savoirs nécessitent de prendre en compte à la fois les deux pistes de recherche.

Dans la partie pratique, le premier chapitre comprend la présentation de la méthodologie de recueil des données, ainsi que les populations ayant participé à cette recherche, la préparation, la construction et la passation des questionnaires...L'augmentation des applications de la physique quantique est un signe du développement de ce champ de recherche. C'est pourquoi nous allons assister à l'essor progressif de ce type de travaux. Dans mon choix de questions, j'ai veillé à ce qu'elles représentent une partie de notre vie quotidienne, à ce que ce soient des notions et des événements rencontrés dans le milieu éducatif, à ce qu'elles soient en rapport avec le but de ma recherche. Ici, soulignons que préparer des questions a permis de donner forme à la problématique. Presque chaque question contient une approche originale, les questions reposent sur des bases épistémologiques, scientifiques et philosophiques.

Par la suite, le deuxième chapitre comporte l'analyse des questionnaires et des entretiens. Dans cette partie, nous avons étudié les processus mentaux et perceptifs du sujet, face aux différents questionnements à tous les niveaux de leurs études supérieures. De même, nous avons montré d'une manière détaillée tous les modes de réflexion étant liés aux différentes sources de perceptions, soit à partir des connaissances scientifiques, soit à partir du sens commun, soit des activités quotidiennes semi- scientifiques.

La dernière étape de cette recherche s'achève par une récapitulation générale en quelque sorte une cohésion entre les différentes étapes de cette recherche: d'une part celles des résultats des questionnaires et des entretiens, d'autre part, celles des grandes parties théoriques et pratiques. Ensuite, nous démontrons tous les résultats de cette recherche par des grands thèmes. Enfin, nous mettrons en évidence tous les apports de cette recherche pour la didactique des sciences et de l'enseignement des sciences.

APPORTS THEORIQUES

CHAPITRE I

EPISTEMOLOGIE, HISTOIRE DES SCIENCES, SCIENCES MODERNES, DIDACTIQUE DES SCIENCES ENSEIGNEMENT ET SOCIETE

1.1 Introduction

Les trois chapitres suivants constitueront le parcours théorique de cette recherche, d'une part pour préparer une piste à la partie pratique, d'autre part, pour une construction théorique. Ceci veut dire que nous ne pouvons pas expérimenter tous les problèmes éducatifs dans une recherche et dans un temps limité, les apports théoriques seront en quelque sorte un complément pour le développement de cette recherche.

Dans ce chapitre, notre étude portera d'abord sur une prise de position par rapport à l'ensemble des sciences actuelles, plus particulièrement l'emplacement de la science actuelle, soit son contenu, soit ses outils conceptuels et expérimentaux, comme concepts, paradigmes, outils de perception... Ensuite, nous voulons démontrer les reflets des concepts des sciences, tant dans la société que dans les établissements scolaires. Pour comprendre le fonctionnement de ces concepts, nous avons besoin de connaître leur parcours tant à travers une démarche conceptuelle qu'à travers une démarche expérimentale. Ceci nécessite de prendre en compte une approche épistémologique, afin de mieux comprendre comment ces concepts ont été construits et quels types d'outils intellectuels et perceptifs ont été indispensables. Car la science est toujours faite avec des allers-retours entre le processus intellectuel et expérimental, l'un est en interaction avec l'individu, l'autre avec les objets. Il y a des interactions permanentes entre les sujets et les objets, c'est d'ailleurs cette continuité qui maintient l'avancement de la science et de l'esprit scientifique.

Pour comprendre ces processus, nous devons remettre en question à la fois l'importance de la pensée, de l'expérience et de l'observation. Pour mieux comprendre ceci, nous allons l'aborder avec quelques exemples importants dans l'histoire des sciences physiques.

Une autre dimension importante : les activités de la science et les activités scientifiques, sont-elles loin de nos activités quotidiennes ou sont-elles proches ? Et la question de la culture scientifique : A quel degré est-elle efficace pour pouvoir rapprocher le monde scientifique et le monde non-scientifique ?

Dernière dimension relative au questionnement de l'origine de nos connaissances, nous allons aborder celle-ci pour mieux comprendre la formation et la construction des connaissances, à savoir comment les activités scientifiques sont-elles liées aux structures intellectuelles des individus ?

1.2 Histoire des sciences, épistémologie et didactique, la part des sciences physiques

Popper écrit :

« C'est nous qui créons les théories scientifiques et c'est encore nous qui critiquons les théories scientifiques. Toute l'**épistémologie** est là. Nous inventons nos théories et nous les anéantissons »¹

L'épistémologie et l'histoire des sciences font de plus en plus partie intégrante de l'ensemble des activités intellectuelles. On pourrait se réjouir que nous soyons en train de parler de ce sujet en prenant en compte toutes les dimensions des faits. Cette façon d'examiner permet d'accéder à la complexité des phénomènes ou bien aux faits qu'ils sont reliés entre eux avec une logique que l'on ne connaît pas suffisamment, ainsi qu'aux intelligences humaines qui sont le moteur de la réalisation des démarches scientifiques.

Aujourd'hui cette dimension s'est installée au cœur des préoccupations importantes, tant chez les didacticiens que chez les chercheurs. Tout le monde s'accorde à dire l'importance de cette dimension. De quelle manière ? On pourrait commencer par deux questions primordiales : d'une part, les concepts, où nous sommes en interaction avec toutes les activités scientifiques et éducatives, sont-ils construits et ont-ils évolué au cours des époques ? D'autre part, de quelle manière les activités intellectuelles des individus fonctionnaient-elles face à des problèmes inconnus et complexes ?

Si nous remontons un peu en arrière, dans l'histoire des sciences, nous pouvons trouver des traces ainsi que des points communs dans les activités intellectuelles des individus. Pour moi, le meilleur exemple est toujours l'idée de l'atome de l'antiquité. Il y a vingt cinq siècles que « Leucippe et Démocrite » ont introduit le fondement de la science moderne Tsaparlis (2001) :

“**Leucippus and Democritus** advocated the corpuscular nature of matter through an atomic theory. They declared atoms (from Greek atomos, which means indivisible) as the principle of objects, having their own weight and moving in empty space (the void or vacuum), their union results in the synthesis of all objects, while their breaking apart results in the disintegration of which exists. Atoms are so small that they are invisible; they are unborn, permanent and indestructible, of the same kind but varying in size, weight and shape changing only their position and configuration². **Presumably Greeks' concept of atom was closer to what we consider today as molecules** (IUPAC, 1993, p.8)³.”

Nous pouvons multiplier les exemples mais pas toujours de la même façon, par exemple la relativité de **Galilée**, de **Newton** et celle d'**Einstein**¹. Evidemment, tous ont abordé ce phénomène de différentes façons, néanmoins, les principes de fondement sur la relativité sont restés les mêmes.

¹ Lorentz K., & Popper K., (1990). **L'avenir est ouvert** : Flammarion, Champs.

² Tsaparlis, G.,(2001). **Molecules and atoms at the centre stage**, Chem. Educ. Research and Practice in Europe, Vol. 2, No. 2, pp. 57-65.

³ Cité par Tsaparlis G., 2001. IUPAC (1993). **Recommendations for language, symbols and representation in chemistry** : Atom. International Newsletter on Chemical Education, No. 39, 7-10.

Prendre en compte les histoires des idées, c'est aussi prendre en considération l'évolution des pensées humaines et les évolutions des connaissances scientifiques. Ces deux aspects conduisent à la continuité des sciences. De temps en temps, ces idées mûrissent et nous apportent de grandes ouvertures comme la physique quantique, la découverte de L'ADN, le nouveau monde minuscule, le nanomonde et la nanotechnologie...

Notre préoccupation est de prendre en compte cette dimension dans l'enseignement plus particulièrement dans le cadre de la didactique des sciences physiques. Mais ce domaine de recherche (*épistémologie*) n'est pas traité comme un domaine important par les enseignants et les éducateurs. Nous pouvons mettre en évidence l'importance de ce domaine dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage en introduisant les idées de **Tsaparlis (2001)** :

“Although many educators are reluctant to follow the process of discovery of scientific concepts and maintain that dated ideas can cause confusion and misconceptions, we must take into consideration the view that **the history of scientific discoveries shows the natural route of human thinking and matches the cognitive development of the human mind**. The subject of atomic and molecular structure will thus be better understood if its historic traces are followed. Presenting, for instance, experimental evidence for the existence of the atoms, including the earlier evidence, as well as the evolution of our ideas about the chemical bond, instead of a postulative approach, will not only facilitate understanding and learning, it will also show students that humans have conquered knowledge in a stepwise fashion, starting from simple and sometimes naïve ideas, and proceeding to more sophisticated ones.

History and philosophy of science and its connection with science education is a relatively new area of study. Structural concepts occupy a central role in this field, so it was imperative that they should constitute an integral part of this theme issue².”

L'essor progressif des recherches en didactique des sciences met en évidence des interventions d'un certain nombre d'autres domaines, comme l'épistémologie, la psychologie cognitive, l'histoire des sciences, la science du langage, la sociologie des sciences etc.

Surtout de nos jours, la didactique et l'épistémologie sont un ensemble indissociable..

Une définition simple de la « didactique » peut s'énoncer : « *Les didactiques des disciplines ont pour but l'étude des processus de définition, de transmission et d'acquisition des savoirs.* »³. Le champ de la didactique est basé sur les savoirs. Ces savoirs ne sont pas quelque chose d'instantané, mais n'avancent pas non plus avec des juxtapositions de connaissances. Elles reposent sur les connaissances déjà constituées. C'est une production des êtres humains au cours des époques. Ainsi, le savoir est une production, une construction et une évolution des intellectuels de tous les temps

¹ Kuhn, T., S., (1972). **La structure des révolutions scientifiques**, Flammarion, p.202.

² [Tsaparlis, G.,(2001)]

³ Le site d'Ecole doctorale (en ligne). Savoir scientifiques: épistémologie, histoire des sciences, didactique des disciplines. www.sigu7.jussieu.fr/diplomes

Michèle Artique¹, didacticienne des mathématiques, souligne que l'épistémologie nous permet à nous didacticiens de prendre la mesure des disparités existant entre « savoir *savant* » et « savoir enseigné »², ainsi que de comprendre ce qui gouverne l'évolution de la connaissance scientifique et enfin nous aide à prendre conscience de la distance qui sépare les économies des deux systèmes.

1.3 Les références importantes dans l'histoire des sciences physiques et leurs contributions à notre recherche.

A présent, nous désirons continuer à donner un certain nombre d'exemples enracinés dans l'histoire des sciences et l'histoire de la pensée dans les champs des sciences physiques. Evidemment, tous les domaines de la science fonctionnent et avancent ensemble, de ce point de vue, il ne faut jamais oublier que les avancements coïncident. Parce que chaque idée nouvelle contribue à la naissance d'une autre idée inédite.

Chaque exemple que nous allons examiner a été choisi en fonction de la construction de notre travail actuel. C'est la raison pour laquelle ces exemples épistémologiques vont contribuer à notre travail et éclairer notre problématique. Ces exemples sont toujours, d'une manière comme d'une autre, attachés au monde microscopique. Ce monde, même s'il est loin de notre pensée, fait partie du monde dans lequel nous vivons ensemble. Notre objectif au cours de cette recherche, est d'une part, de rapprocher ce monde à nos pensées habituelles et d'autre part d'apprendre à raisonner entre le connu et l'inconnu.

1.3.1 Le mouvement « Brownien » et l'analyse de « Perrin », la constante d'Avogadro et un passage d'une hypothèse à une certitude

“By Brownian motion we mean the incessant erratic motion of small particles (diameter of order $10^{-6} - 10^{-7}$ m) suspended in a fluid or a gas. The name of this phenomenon is in honour of a Scottish botanist Robert Brown (1773-1858) who discovered it by chance during observations of a water suspension of pollen grains under the microscope (Lacine, 1999)”.

Ces idées que nous allons développer sont l'une des ouvertures importantes dans l'histoire des sciences. Pourquoi ? Cette idée va ouvrir des nouvelles voies qui étaient inaccessibles jusqu'à présent.

Jean Baptiste Perrin (1870-1942), a repris les discussions du mouvement brownien des molécules et des particules. Il a abordé cette problématique à la fois dans le cadre théorique et dans le cadre expérimental avec l'argument suivant :

...l'existence du mouvement Brownien est une conséquence théorique de l'hypothèse, à propos de la structure particulière de la matière:

¹ Artique, M., (1990). **Epistémologie et Didactique**, Recherches en didactique des mathématiques, Vol. 10, n°2.3, pp.241-286.

² Ce terme a été introduit par [Chevallard, Y., (1985). **La transposition didactique**, la pensée sauvage].

existence des molécules (atomes)	⇒	existence du mouvement Brownien
---	---	--

hypothèse

conséquence (théorique)

...Il est le premier scientifique qui a vérifié cette hypothèse à partir du processus expérimental. Il a renversé expérimentalement la logique préalable¹.

existence des molécules (atomes)	⇐	existence du mouvement Brownien
---	---	--

conséquence (théorique)

fait expérimentale

La constante d'Avogadro est un terme qui représente le monde microscopique, mais mesurable macroscopiquement (concentration des particules browniennes en deux niveaux différents de la préparation, la densité du liquide et le matériel de des particules browniennes) C'est pourquoi, il est un pont du monde macroscopique vers le monde microscopique et inconnu. Après des expérimentations, ingénieuses et laborieuses, Perrin a déterminé statistiquement la valeur de la constante d'Avogadro, cette valeur est de $7,05 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ². Si nous poursuivons le calcul dans ce cadre théorique, nous pouvons même obtenir la valeur absolue de la masse moléculaire d'une substance ($10^{-26} - 10^{-27} \text{ kg}$), et par la suite la valeur approximative du diamètre moléculaire des divers gaz (10^{-10} m).

Perrin a mis en évidence l'importance de cette constante avec des contributions remarquables. Cette constante a assemblé la théorie et la pratique dans ce cadre de la problématique et a aussi dévoilé l'efficacité d'une théorie pertinente et d'une pratique ingénieuse. Le plus important dans ce parcours est la découverte d'un beau **passage d'une hypothèse à une certitude**. Il en est de même pour l'hypothèse de l'atome à la détermination de l'atome.

Ces types de liaisons sont très importants dans l'histoire des sciences et dans l'histoire de la pensée. Ils peuvent regrouper beaucoup d'idées, des conçus et des expérimentations dans le même noyau. Chaque découverte débouche sur des nouveaux parcours et nous donne de nouveaux outils pour comprendre ce qui se passe dans le monde (macro et micro). Avec ces types d'activités nous pouvons rapprocher ces deux mondes, mais nous ne sommes pas totalement conscients de leur intégrité.

Après l'excellente analyse de Perrin sur le Mouvement Brownien, **Wilhelm Oswald**³, a introduit tout de suite cette découverte dans le livre scolaire qui s'intitule « *les grands thèmes de la chimie générale* » en disant :

“I am now convinced that we have recenly become possessed of experimental evidence of the discrete or grained nature of matter for which the atomic hypothesis sought in vain for hundreds and thousands of year. ...

¹ Lacine, A., (1999). **Atom- from hypothesis to certainty** , Phys. Educ. 34 (6), November 1999.

² **Constant d'Avogadro**: $6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

³ Cité par Lacine (1999). in Oswald W. (1909). *Grundriss der argelmeninen chemie* (Leipzig:W Engelmann).

the agreement of the Brownian movements with the requirement of the kinetic hypothesis ... justify the most cautious scientist in now speaking of the experimental proof of the atomic theory of matter. The atomic hypothesis is thus raised to the position of a scientifically well-founded theory.”

Enfin, l'atome est devenu un concept crucial de la science au commencement du vingtième siècle.

1.3.2 Une nouvelle ouverture pour la science ! Découverte de l'électron ! et J. J. Thomson : l'atome n'est plus indivisible

La découverte de l'électron a permis de comprendre que l'atome n'est plus indivisible. La recherche de la vraie nature de l'électricité nous permet de découvrir l'électron et ce grand événement est devenue la preuve que l'existence et la constitution de l'atome sont dues aux particules. C'était le premier grand pas pour atteindre la constitution de l'atome ainsi que sa structure.

Dans la lecture sur “*The stability of Atoms*” donné à “*the Royal Society of Arts*” en 1924 **Ernest Rutherford** a dit que:

“The trend of physics during the past 25 years has been largely influenced by three fundamental discoveries that were made in the closing of the nineteenth century. I refer to the discovery of x-ray in 1895, of radioactivity in 1896 and the proof of the independent **existence of the negative electron of small mass in 1897.**”¹

Les deux premières de ces découvertes révélaient des phénomènes totalement inattendus, d'exceptionnels faits dans le progrès de la science. La troisième était assez différente, c'était le résultat d'une longue histoire et de la recherche de la nature de l'électricité.

Niels Bohr, professeur de l'Institut de la Physique Théorique à Copenhague écrit:

“Guided by his wonderful imagination and leaning on the new discoveries of the cathode rays, Roentgen rays and radioactivity, he **opened up unknown land to science**.../indeed, it is difficult for scientists of the younger generation, who are working on the new land to which Thomson has opened the gates, fully to realize the magnitude of the task with the pioneers were confronted. (Bohr 1926)”²

Enfin, Thomson avait découvert l'électron et ouvert un nouveau champ de recherche, celui de la structure électronique de la matière. Dans ce domaine, depuis cette date jusqu'à nos jours, la technologie n'a pas cessé de se développer (la puce électronique, l'ordinateur, les outils des médias... C'est surtout le principal élément et le moteur de la communication globale d'aujourd'hui)

1.3.3 Rêve de Louis de Broglie, matière et rayonnement

Ce rêve n'est encore pas toujours réalisé aujourd'hui pour la plupart des gens de notre société, tant scientifiques que non-scientifiques. Nous sommes peut-être convaincus du réalisme de ce rêve à la

¹ Gerward, L., Cousins D. and C.(1987). **The discovery of the electron a centenary**, Phys. Educ. V.32, n°:4 (july).p219-225. Printed in Northern Ireland.

² [Gerward, Cousins (1987)]

lumière des théories actuelles et des expériences, mais, nous n'avons jamais pu nous même réaliser ce type d'expérience. L'idée d'une théorie unifiée de la matière et du rayonnement est encore loin de notre pensée culturelle.

Comme nous le verrons dans les lignes de J. M. Lévy- Leblond, cette théorie est assez complexe par rapport à notre raisonnement actuel, par rapport à nos expériences réalisées, aux lois de la physique classique et plus particulièrement aussi par rapport à notre perception du monde.

« L'expérience a imposé l'idée que la lumière se présente tantôt comme une onde, tantôt comme un faisceau de corpuscules (les photons). **Louis de Broglie rêve d'une théorie unifiée de la matière et du rayonnement.** En 1924, il fait une proposition révolutionnaire : associer aussi une proportionnelle à son énergie, conformément à la loi de Planck. Par une série d'expériences, en 1927 et 1928, **cette hypothèse est spectaculairement confirmée** : en faisant passer des électrons à travers le réseau régulier d'un cristal, on obtient une figure de diffraction semblable à celle que donne la lumière. Comme pour les ondes de l'optique, on peut superposer linéairement (c'est-à-dire par addition ou par soustraction) des ondes de phases ou de fréquences différentes : on considère ainsi plus généralement des « paquets d'onde », ou « fonctions d'onde », associés à chaque particule. **Les liens entre onde et corpuscule sont assurés par le postulat suivant : la probabilité de trouver la particule en un point donné est mesurée par l'intensité de l'onde** »¹

1.3.4 Dualité « énergie –matière », particules ou ondes ?

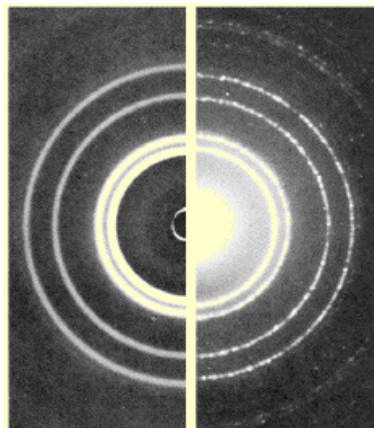
Nous avons vu comment les perceptions des gens ont fluctué sur la nature de la lumière entre un modèle particulaire et un modèle ondulatoire. Il semble évident que ces deux modèles étaient mutuellement exclusifs. Les propriétés ondulatoires de la lumière ne pouvaient assurément pas être niées. Mais, très tôt au 20^{ième} siècle, des expériences étaient conduites sur l'effet photoélectrique - l'éjection d'électrons de métaux sous l'effet de la lumière - Dans la logique de la proposition d'Einstein, l'énergie de la lumière était émise et absorbée en minuscules paquets - **quanta** - qui devaient être appelés **photons**. En d'autres termes, la lumière a des propriétés qui comprend celles des particules et des ondes. **C'était une idée totalement nouvelle.**²

Ensuite, près de 20 ans plus tard, **Louis de Broglie** (1892 - 1987) franchit une étape en émettant une suggestion complémentaire à savoir que les électrons, qui sans équivoque étaient acceptés comme des particules, devraient avoir des propriétés similaires à celles des ondes, avec une longueur d'onde égale à h/p , où h est la constante de Planck et p est la quantité de mouvement mv . En l'espace de quelques années, cela a également été confirmé. Les électrons ayant une énergie donnée étaient diffractés par des treillis de cristal, de la même manière que les rayons X (Figure 1.1). En d'autres termes, notre catégorisation reconnue des éléments de base du monde physique cessait de s'appliquer au niveau atomique. En fait, à ce niveau, notre langage ordinaire, avec toutes ses

¹Lévy - Leblond, J.M., (version 2003). **la physique quantique**, Encyclopédie Universalis France S.A.

² **French, A., P., la nature de la physique ([The nature of physics](#))** in Tiberghien et all. (1997, 1998). Résultats de Recherche en Didactique de la Physique au service de la Formation des Maîtres. Livre de l'I.C.P.E. © International Commission on Physics Education.

associations coutumières s'est simplement effondré. Il était nécessaire d'accepter un photon ou un électron simplement pour ce qu'il était, défini non par les mots de notre propre cru, mais par son comportement.



Rayons Xélectrons

Figure 1.1 : Une paire de photographies montrant la diffraction des électrons et de rayons X de longueurs d'onde similaires. Ces formes d'anneau sont obtenues lorsqu'un faisceau d'électrons ou de rayons X passe à travers une fine feuille faite de petits cristaux d'un matériau (aluminium) orientés de manière aléatoire dans toutes les directions. Les ondes diffractées (particules) sont reçues sur une plaque photographique de l'autre côté de la feuille (*d'après A. P. French and Edwin F. Taylor, Introduction to Quantum Physics, New York: W. W. Norton. 1978.*)

Peu de temps après, on a découvert que tous les types d'objets physiques qui avaient reçu le label de particule - neutron et protons et tous les types d'atomes neutres ou de molécules - possédaient également cette propriété ondulatoire, avec une longueur d'onde donnée par la formule de « **de Broglie** »

1.3.5 Le nouvel esprit scientifique avec la philosophie de « Bachelard », raisonner différemment !

Le rêve de **de Broglie** avec l'interprétation de **Bachelard**¹, sera une bonne piste pour avoir une idée sur le sens de la construction épistémologie d'un nouvel esprit scientifique, plus particulièrement la production des nouveaux types de raisonnement. Dans le même cadre conceptuel, on continue l'idée de **Karl Pearson**² c'est que « la matière est l'immatériel en mouvement (*matter is non-matter in motion*) » Autrement dit, s'il y a un mouvement et si la vitesse de ce mouvement accompagnant la matière est supérieure à dix pour cent de la vitesse de la lumière, cette matière commence à avoir des qualités différentes ; à partir de ce point, la physique classique perd son champ d'application, une autre physique prend le relais, la physique quantique.

¹ Bachelard, G., (1934).Le nouvel esprit scientifique, Quadrige (1934), Puf, Paris.

² Cité par Reiser, Mathematics and emergent evolution in monist, oct. 1930, p.523.

« (...) Pour la matière, les caractères phénoménaux, les plus importants, ce sont ceux qui sont relatifs à son énergie. Avant tout, il faut considérer la matière comme un transformateur d'énergie comme une source d'énergie ; puis comment l'énergie peut recevoir les différents caractères de la matière. Autrement dit, c'est la notion d'énergie qui forme le trait d'union le plus fructueux entre la chose et le mouvement ; c'est par l'intermédiaire de l'énergie qu'on mesure l'efficacité d'une chose en mouvement, c'est par cet intermédiaire qu'on peut voir comment un mouvement devient une chose »¹.

Mon point de vue sur l'idée de Bachelard est que la matière comporte des qualités différentes, connues et inconnues. Les qualités que nous connaissons sont attribuées aux concepts de matière et d'énergie ; en revanche, celles que nous ne connaissons pas sont attribuées aux particules quantiques, qui jouent des rôles importants au cours de ces transformations.

« (...) les énergies cinétiques deviennent potentielles ; les diverses formes d'énergie calorifiques, lumineuses, chimiques, électriques, mécaniques se transforment directement l'une dans l'autre, grâce à des coefficients de conservation(...) »²

Il me semble que plus nous tentons de comprendre les caractéristiques des particules quantiques, plus nous découvrons le sens du couple «matière- énergie »

« (...)l'équation d'Einstein($E=mc^2$) est donc plus qu'une équation de transformation, c'est une équation ontologique . Elle nous engage à donner l'être aussi bien au rayonnement qu'au corpuscule, aussi bien au mouvement qu'à la matière³ »

Au vu des connaissances d'aujourd'hui, nous pouvons compléter la phrase de Bachelard. Toutes ces caractéristiques « *rayonnement-corpuscule* » sont dirigées par des particules quantiques (« *quants* »). Ainsi nous rencontrons différentes constructions de quants en divers phénomènes perceptibles. Mais, la théorie et l'expérience de ces différentes constructions de quants sont encore compliquées, tant pour les côtes scientifiques, que pour le sens commun.

1.3.6 Physique quantique : Un nouveau mode de pensée et une nouvelle façon de voir le monde

Dans cette recherche, je ne manquerai pas de rendre compte de la physique quantique : c'est un passage obligé pour bien comprendre l'avancement de la science et de la technologie. Nous devons prendre en compte non seulement l'importance, mais aussi l'actualité de la physique quantique qui est partout, tant au niveau microscopique qu'au niveau macroscopique.

Si, nous voulons parcourir un long chemin à propos de la physique quantique, tout d'abord, il faut bien la définir. Qu'est-ce que la physique quantique ? Proposons tout de suite une définition. Celle-ci, par exemple, est de **Richard Feynman**, grand théoricien :

« La mécanique quantique est la description du comportement de la matière et de la lumière dans tous leurs détails et, en particulier, de tout ce qui passe à l'échelle atomique. A très petite échelle, les choses ne se

¹ Bachelard, G. (1934).Le nouvel esprit scientifique, Quadrige (1934), Puf, Paris. p.66

² idem 1 p.67

³ idem 1 p.74

comportent en rien comme ce dont vous avez une expérience directe. Elles ne se comportent pas comme des ondes, elles ne se comportent pas comme des particules, elles ne se comportent pas comme des nuages, ni comme des boules de billard, ni comme des poids sur une corde, ni comme rien que vous ayez jamais vu. »¹

Ensuite, dans le même livre, Feynman continue à expliciter l'essence de la physique quantique :

« Newton pensait que la lumière était faite de parties de particules, mais on découvrit ensuite qu'elle se comportait comme une onde. Plus tard, cependant (au début du 20^{ième} siècle), on trouvera que la lumière se conduisait quelquefois comme une particule. Historiquement, l'électron, par exemple, fut d'abord supposé se conduire comme une particule, puis on trouva qu'il se comportait en plusieurs points comme une onde. Il ne se conduit donc réellement ni comme l'une ni comme l'autre. A l'heure actuelle, nous avons abandonné ce dilemme et nous disons : il n'est ni l'une ni l'autre.

Il y a heureusement une issue : les électrons se conduisent exactement comme la lumière. Le comportement quantique des objets atomiques (électrons, protons, neutrons, photons etc.) est le même pour tous ; ce sont tous des « ondes-particules », ou comme vous voudrez les appeler ».

Lévy-Leblond apporte une suite de l'interprétation de **Feynman** avec un mot précis et sans ambiguïté. Il explique :

« les électrons ou les photons, par exemple, ne sont ni des petites billes (particules) ni des vaguelettes (ondes), et doivent absolument être conçus comme des objets de type nouveau, **des quantons**. »²

Dans les deux paragraphes suivants, vous allez trouver un nouveau commentaire de la physique quantique, ou bien une nouvelle formulation de celle-ci par **Jean Marc Lévy-Leblond**. A mon avis, ce qui a été accompli par lui pour la physique quantique, c'est la transposition didactique actuelle pour la physique quantique. Certainement, nous avons besoin de ce type de contribution qui peut nous aider à penser au monde microscopique ou au monde quantique. C'est une autre réalité et un autre type de raisonnement que nous devons faire pour comprendre ce monde. Il y a peu de personnes qui ont vraiment compris le sens du monde quantique. Que devons-nous faire afin de nous rapprocher de ce type de raisonnement ? A mon avis, tout d'abord, il faut savoir au moins ce qui a été réalisé et ce qui a été écrit sur ce sujet, ainsi que l'épistémologie de celui-ci.

Nous pouvons commenter le dernier article de **J. M. Lévy-Leblond**, dans une revue internationale : il écrit³ :

« La vraie nature des objets quantiques a été pendant longtemps mal compris : La preuve en est qu'on les décrit encore habituellement en invoquant « la dualité onde - corpuscule ». Il faut remarquer tout d'abord que cette formulation est au mieux ambiguïté : faut-il penser un objet quantique comme étant à la fois une onde et une particule, ou parfois l'une, parfois l'autre ? Aucune de ces deux interprétations n'a en fait de sens. « **Onde** » et « **particule** » **ne sont pas des choses, mais des concepts**, et des concepts incompatibles, qui ne peuvent pas caractériser la même entité. Il est vrai que les objets quantiques se comportent dans certaines cas comme des particules et dans d'autre cas comme des ondes, mais il est encore plus vrai que dans la plupart des situations (en particulier celles que l'on peut explorer grâce aux expériences modernes et complexes), ils ne

¹ **Deligeorges, S.**, (1984). **Le monde quantique**, édition du Seuil, Sciences & Avenir.p.8

² Idem p. 160

³ Lévy-Leblond, J.M., (2003). **On the nature of Quantons**, Science&Education 12:495-502, printed in the Netherland.

ressemblent ni à une onde, ni à une particule on se trouve dans le même type de situation que celle dans laquelle se sont trouvés les premiers explorateurs de l’Australie, quand ils ont découvert ces animaux étranges qui habitent les ruisseaux: vus de face, ils présentaient des pattes de canard palmées, et vus de derrière, leur corps et leur queue étaient couvertes de fourrure-On les appela donc des « canards-taupes »-on découvrit plus tard que cette « dualité canard - taupe » n’avait qu’une validité très limitée et que la spécificité zoologique de ces bêtes méritait une appellation propre ; ou choisit de les nommer ornithorynque. De la même façon, nous pouvons en toute sécurité et même devons affirmer que les objets quantiques ne sont ni ondes, ni des particules, mais doivent être décrites à l’aide d’un concept nouveau et spécifique, qui mérite certainement une appellation propre- Bunge propose de les appeler « **quantons** », le mot est construit d’une manière désormais classique (électrons, photons, nucléons, etc.)

C’est certainement la meilleure proposition, et il faut espérer qu’elle gagnera progressivement du terrain. Les quantons sont indéniablement de nouvelles entités ! La meilleure façon peut-être de mettre l’accent sur l’originalité de cette notion est d’examiner du point de vue de la dichotomie entre « discret » et « continu. Les quantons ont un caractère discret, en ce sens qu’on peut les identifier par unités, et qu’on peut les compter : un atome possède un nombre entier d’électrons, et une plaque photographique enregistre des impacts individuels de photons (comme tous les quantons) ont également un caractère essentiellement continue, puisqu’ils peuvent être soumis « interférences », « superpositions », etc. En fait, il faut comprendre qu’il faut caractériser un objet physique en considérant deux dichotomies « discret/continue » : il faut examiner séparément la question du nombre des objets et celle de leurs propriétés spatio-temporelles (de leurs extensions). En physique classique, ces deux questions se confondent. Les particules classiques sont discrètes selon les deux aspects, on peut les compter une à une, et elles sont localisées de manière discrète (discontinue)- les champs classiques sont quant à eux continus et des extensions spatiales continues- mais les quantons montrent une combinaison originale entre un caractère discret de leur nombre, et un caractère continue de leurs propriétés spatio-temporelles (voir tableau ci-dessous). »

	Number	extension
particules	discrete	discrete
Fields	continuous	continuous
quantons	discrete	continuous

dans le même article,

“...as Feynman is supposed to have said « *quantum objets are crazy, but they all have the same craziness. In fact, it is not quantum physics, but classiciel physics which does exhibit a wave-particle.*”¹

J. M. Lévy –Leblond a bien mis en évidence certains points importants de la physique quantique ou dans un autre sens, la science actuelle, soit la physique quantique, soit la chimie quantique, soit la bio-physique actuelle. Au début du siècle, avec la physique quantique, nous avons vécu une révolution au sens de la science, mais comme nous nous en sommes rendu compte, pas avec notre raisonnement actuel. Notre raisonnement, soit par l’éducation, soit dans la vie quotidienne, même dans certains domaines de la science, est encore sous l’influence du sens commun ou sous l’influence du paradigme de la physique classique.

¹Cité par Lévy-leblond (2003): Lévy-leblond, J. M.,1977, **The picture of the quantum World : From duality to unity**, Int. J. Quant. Chem. 12(1), 415.

A l'avenir, me semble-t-il, nous allons reprendre certains concepts, notions et phénomènes, afin de construire une perspective nouvelle pour l'enseignement de la science. Pour cela, évidemment, l'épistémologie prendra un rôle primordial. C'est-à-dire, savoir comment nous avons raisonné et comment nous sommes en train de raisonner.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, raisonner dans le monde quantique n'est pas évident. Si nous regardons d'une façon plus détaillée, notre univers est constitué de particules quantiques. Alors, comment comprendre la construction quantique de l'univers, et aussi comment comprendre les événements autour de nous ? Dans les lignes suivantes, je vais élargir cette idée comme une des clés pour ouvrir la porte du monde quantique. Cette clé est plutôt une nouvelle façon de raisonner pour nous. Si nous apprenons à raisonner dans la logique quantique, la physique moderne que nous rencontrons tous les jours sera plus intelligible.

1.3.7 La physique quantique à grande échelle

Nous pouvons rencontrer dans publications actuelles les explicitations de **Jean Marc Lévy – Leblond**, Il a écrit sans cesse pour faire comprendre la logique de ce monde quantique. Il n'a pas seulement compris cette logique, mais aussi, à chaque occasion, il a tenté de la vulgariser pour le grand public. Je voudrais citer quelques exemples à partir des publications de Lévy-Leblond.

« **La quantique à grande échelle** : la physique, bien sûr, explique la structure des objets physiques microscopiques, comme les atomes ou les noyaux. Pourtant, son domaine de validité ne se restreint pas à l'échelle de l'infiniment petite. Notre réalité ordinaire est, elle aussi, quantique. Il existe des objets macroscopiques qui sont immédiatement quantiques. Le laser, par exemple. Bref, la macro physique aussi est quantique »

« L'importance des notions quantiques au niveau macroscopique est double. D'une part, la théorie quantique n'est plus seulement outil de compréhension du monde ; elle est devenue instrument d'action, force de production, et s'investit dans la technique... »¹

Dans un autre livre, il développe cette idée :

« Après de premières applications pratiques à partir des années 1950 (microscopie électronique, maser, et laser), c'est dans la physique de la matière condensée que la quantique a connu au cours des dernières décennies ses mises en œuvre les plus importantes quant à leurs implications technologiques et économiques. Toute l'électronique moderne (transistor, puis puces et maintenant hétérojonctions) découle de notre compréhension, au niveau quantique, de la physique des solides. Bien d'autres phénomènes spécifiques quantiques sont actuellement en passe de pénétrer en force dans le monde technique et industriel : superfluide et supraconductivité, effet tunnel (microscopie), etc. les nanotechnologies en cours de développement, opérant à l'échelle atomique, sont nécessairement fondés sur la quantique. Il n'est pas jusqu'aux principes les plus abstraits de la quantique qui ne trouvent peut-être bientôt des applications pratiques (cryptographie, informatique quantique). Mais le champ d'application de la quantique s'étend jusqu'aux plus vastes échelles du macrocosme : si les étoiles sont de gigantesques réacteurs nucléaires où les

¹ Deligeorges (1984) p.159

phénomènes élémentaires sont régis par la quantique, leur évolution les conduit, une fois leur énergie nucléaire épuisée, à des formes condensées (naines blanches, étoiles à neutrons) dont la structure globale même est de nature quantique ; il n'est pas jusqu'aux trous noirs où les effets quantiques ne jouent un rôle crucial. Enfin, la cosmologie travaille désormais à l' « échelle de Planck », où devient cruciale la synthèse (encore inaccomplie) de la quantique et de la gravitation einsteinienne.

Ainsi, en un siècle, la quantique a démontré une fécondité sans freins, une exactitude sans failles et une validité sans limites-pour l'instant. »¹

1.3.8 La physique quantique et l'enseignement

Francoise Balibar et Jean Marc Lévy-Leblond basent leurs réflexions sur la question suivante : voulez-vous apprendre la quantique ?

« Longtemps elle a été enseignée en fin d'études universitaires. Aujourd'hui, les étudiants l'apprennent en premier cycle d'études. Reste que la mutation des outils didactiques n'a pas suivi cette réforme. Pourtant, il existe une manière neuve, une manière plus claire d'enseigner la quantique »²

Si, nous voulons apprendre la physique quantique ou bien la quantique, que devons nous faire ? Il me semble que la première chose à faire est de connaître le domaine de validité de la quantique. Ensuite, il faut bien savoir quelle application et quelle théorie on doit examiner au sens quantique. Ce qui est le plus important dans ce domaine, c'est que la quantique n'est pas quelque chose de nouveau dans notre vie. A notre époque, nous sommes tous, sans forcément en être conscients, des individus de l'ère quantique. Ce qu'il faut savoir en vue d'approcher la logique de la quantique, c'est apprendre les modes de raisonnement appartenant à ce domaine. Ceux-ci deviendront évidents avec l'élargissement du cadre et de la limite de nos perceptions et de notre perspective de pensée.

« La physique quantique a maintenant plus d'un demi-siècle de maturité. Loin d'être une branche ésotérique et marginale de la science physique, elle en sous-tend de très nombreux domaines parmi les plus actifs : physiques moléculaires, atomique, nucléaire, des particules fondamentales, de l'état solide, des polymères et macromoléculaires (y compris d'intérêt méthodes expérimentales : optique quantique, neutronique, microscopie électronique...) certaines techniques instrumentales, quantiques de part en part, telles que celles utilisant le laser ou le microscope électronique, débordent largement le cadre des laboratoires universitaires et sont désormais d'usage courant dans la production industrielle ou en médecine – voire dans les appareils domestiques. »³

Dans notre recherche, notre but est de comprendre le mode de raisonnement des étudiants dans le domaine de la science moderne. Malgré l'immense avancement de la science, nous n'avons pas pu concevoir le cadre de la physique quantique. Faut-il en voir la cause dans l'enseignement ou bien dans la connaissance elle-même ? Personnellement, je dirais les deux. Comment ? D'une part, l'expansion du domaine de la physique n'a pas pu contrôler les savoirs avec une théorie adéquate, d'autre part, le retard épistémologique : Il me semble que le nombre des scientifiques a joué un rôle important dans cette impasse. Il y avait peu de didacticiens et peu de concepteurs des programmes

¹ Lecourt, D., (1999, 2003). **Dictionnaire d'histoire et Philosophie des sciences**, Puf (1999), Qudriage (2003). p.786

² Deligeorges (1984) p.173

³ Deligeorges (1984) p. 173

scolaires qui ont pu faire une transposition appropriée par rapport aux chercheurs purement scientifiques. Ainsi, les progrès sont déséquilibrés entre la science et son enseignement.

Enfin, je termine mon propos avec l'idée de Lévy-Leblond:

« La théorie quantique, née au début du XXe s., présente un curieux paradoxe. Son champ d'application n'a cessé de s'étendre, sans qu'elle rencontre jusqu'à présent ses limites de validité. Elle a montré sa fécondité dans des domaines allant de la physique subnucléaire à l'astrophysique stellaire, et connaît d'importantes applications techniques (laser, supraconducteurs, etc.). Pourtant, malgré la sophistication de ses développements formels, sa maîtrise conceptuelle reste limitée. **Le retard épistémologique** dont elle est victime se marque dans une terminologie souvent **archaïque et inadaptée** qui obère sa pleine compréhension... »¹

1.4 Changement de sens du mot « vision », un nouveau paradigme pour la science !

On voit (observe) tous les jours le monde et les phénomènes qui se déroulent dans ce monde différemment que par le passé. L'œil qui voit et le corps qui ressent sont-ils les mêmes ? Qu'est-ce qui change ? Pourquoi observons-nous toujours différemment ? Et pourquoi une autre personne ne peut-elle pas voir la même chose que moi ? Chaque jour, l'être humain, à la lumière des progrès de la science, regarde autrement la nature. Ce sont les avancements qui font changer le sens du mot « vision ».

“Our concern now is to develop a set of concepts that will permit us to describe situations such as those in which we observe electrons by examining photographs of traces in a bubble chamber, or observe the presence of radioactivity by listening to the clicks from a Geiger counter. At the same time, we must capture the idea that we see photographs, but no electrons, and that we hear clicks, but do not hear the emission of alpha particles. I will begin by examining vision, and then turn to our other senses at a time, since the interplay of information from different senses is often central to our perceptual dealings with the world”.²

Si nous nous référons au paragraphe ci-dessus, nous comprendrons l'application croissante de la science d'aujourd'hui, par rapport à celle d'hier. Je précise bien hier parce que pour comprendre la science d'aujourd'hui, il faut bien déchiffrer la science d'hier et au-delà. De plus en plus, grâce à l'avancement des sciences cognitives et de la biologie, nous avons des connaissances des structures intellectuelles des êtres humains. C'est pourquoi, nous raisonnons de mieux en mieux, et nous sommes conscients tous les jours un peu plus de ce que nous faisons hier. L'une des choses les plus importantes, dans l'histoire des sciences, c'est **la vision**. A l'époque d'Aristote, elle était le seul moyen de recevoir des informations à partir des objets et des phénomènes. Depuis cette date jusqu'au XVII^e siècle, le progrès de la science était basé sur la vision. A partir de la découverte du microscope et du télescope, le sens du terme « vision » a évolué vers d'autres sens. Aujourd'hui, afin de bien s'imprégner de la logique de la science, nous devons nous rendre compte de cette dimension tant au niveau des sciences actuelles qu'au niveau de l'enseignement actuel. L'enjeu

¹ Lecourt (1999) p.785

² Brown, H. I. (1987). **Observation and objectivity**, Oxford university press, pp. 79, Oxford, New York.

pour nous est de prendre soigneusement en compte cette dimension en enseignement, surtout en didactique des sciences.

Cette dimension sera l'un des fils conducteurs du déroulement de ce travail. Prendre en compte tous les sens, autrement dit, être conscient de toutes les perceptions, peut nous guider pour mieux comprendre les situations actuelles dans lesquelles nous vivons et les raisonnements que nous utilisons tous les jours. Dans ce travail, nous allons aborder l'importance de l'utilisation de nos perceptions et de nos sensations. Par la suite, ces perceptions deviendront l'objet de notre pensée, nous les appellerons les perceptions cognitives.

Raisonner dans le monde microscopique nécessite un raisonnement pluriel. L'idée de Gaston Bachelard peut aider à clarifier nos idées dans cette mission :

...La connaissance du réel est une lumière qui projette toujours quelque part des ombres. Elle n'est jamais immédiate et pleine. Les révélations du réel sont toujours récurrentes. Le réel n'est jamais « ce qu'on pensait croire » mais il est toujours ce qu'on aurait dû penser¹...

Bon nombre de chercheurs ont déjà cité ces lignes. Mais la richesse de la philosophie de Bachelard recouvre bien notre pensée quand il s'agit d'un raisonnement sur la science. Pour en savoir un peu plus, nous avons besoin de réfléchir autrement ou bien de manipuler différemment par rapport à ce qui a été fait et par rapport à ce qu'il a dit.

Aujourd'hui, **nous n'observons qu'en fonction de ce que nous nous attendons à voir**. Pour dépasser ce mode d' « observation », nous devons savoir à la fois utiliser tous les capteurs perceptifs et toutes les activités intellectuelles, étant donné qu'il y a des allers-retours entre ces deux capacités humaines. Qu'avons-nous capté comme signaux à partir des stimuli, comment mieux les traiter pour mieux les interpréter, pour qu'ils soient significatifs de ce que nous savons et de ce que nous devons savoir ?

Mais, dans ce type de raisonnement, il ne faut jamais oublier la troisième dimension ! Qu'est-ce que j'appelle la troisième dimension ? Je voudrais donner l'exemple de la vision. Pour ce qui est de la vision, ni l'objet, ni le sujet n'ont un rôle causal, c'est la troisième dimension, c'est la lumière qui prendra un rôle actif entre ces deux invariants. Ce qui veut dire qu'il n'est pas suffisant de bien connaître l'objet et le sujet, il faut donc bien connaître également la troisième dimension qui a un rôle actif dans la construction de ce processus. La position et le caractère de la lumière sont un relais entre les causes et les effets. Cet exemple montre qu'au cours de la perception d'une qualité à partir d'un objet nécessite de prendre en compte des particules intermédiaires. Ce type de raisonnement, par une prise de conscience de la coexistence de toutes les variables au cours de la perception d'une qualité à partir d'un objet, nous permettra de développer la limite de notre conception sur les phénomènes qui nous entourent.

¹ Bachelard, G., (1938). **La formation de l'esprit scientifique**, Vrin.

1.5 Réalisme et réalité

Dans le monde scientifique, les théories et nos expériences ne nous permettent pas d'accéder à toutes les qualités des objets, c'est pourquoi nous ne possédons pas toutes les qualités des objets. Surtout dans le monde minuscule, les objets montrent les caractéristiques globales de leur contenu, par exemple, nous connaissons les propriétés des protons, mais, nous n'accédons pas aux propriétés des sous particules de ce proton, en tous cas, nous sommes loin de la réalité. Avec des expériences, des théories et nos efforts intellectuels, nous construisons un monde différent de ce qui existe. Nous réalisons un monde qui fait partie de notre monde réel. La philosophie de Bachelard nous a communiqué le terme de réalisation avec un nouvel esprit scientifique.

« (...) D'une manière générale, que ce soit pour le photon, pour l'électron ou il faut se convaincre qu'on doit parler plutôt de réalisation que de réalité (...) la réalisation expérimentale dépend au premier chef de nos modes d'appréhension intellectuelle¹.

Aujourd'hui l'électron ne comporte pas les mêmes caractéristiques que celui de Thomson parce que chaque jour nous découvrons une autre caractéristique de l'électron. Ainsi notre électron évolue et devient une nouvelle réalisation.

L'épistémologue et physicien Halbwachs (1974)² explique le réalisme en se référant à l'idée de Planck :

« Une excellente formulation du réalisme a été donnée par **Max Planck**, un des fondateurs de la théorie quantique et nous ne pouvons mieux faire que de le citer largement : « la science physique toute entière est un édifice à la base duquel on trouve les mesures. Or toute mesure étant liée à une perception sensible, toute loi physique concerne au fond des événements qui ont lieu dans le monde sensible. C'est pourquoi un certain nombre de savants et philosophes sont portés à penser qu'en dernière analyse les physiciens n'ont affaire qu'au monde sensible, et même au monde tel qu'il est perçu par les sens humains ».

Après, l'explicitation de Planck, nous rencontrons deux types de réalistes en sciences. A savoir le « réalisme naïf » et « le réalisme abstrait ». Le premier se développe plutôt autour de la physique classique, l'autre est encore un courant actuel depuis le début de 20^{ième} siècle. Par contre, dans l'enseignement, nous rencontrons plutôt le « réalisme naïf »

Nous terminons en ce qui concerne le passage du « réalisme naïf » au « réalisme abstrait » en nous référant aux explicitations de **Roberdet** et **Guillaud** (1994), dans le cadre épistémologique et didactique³

« Une position, autrefois fort répandue, qualifiée aujourd'hui de « réalisme naïf », consiste à affirmer que le travail scientifique consiste à mettre en évidence, à révéler l'ordre des choses tel qu'il existe caché dans la nature. **Le réalisme naïf** postule une réalité connaissable et absolue, indépendante de nos observations comme

¹ [Bachelard, G., (1934)]

² Halbwachs F.,(1974). **La pensée physique chez l'enfant et le savant**, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, p.33

³ Roberdet, G., Guillaud, J. C., (1994). **Eléments d'Epistémologie et Didactique des Sciences physiques** : de la recherche à la pratique, p.5-6, Publication de l'IUFM de Grenoble.

de nos instruments de mesure. Il considère le travail scientifique comme des lois de la nature. Cette position épistémologique soutient donc que l'ordre naturel du monde se trouve à l'origine des phénomènes et des lois et que le but de la science est d'en découvrir les mécanismes cachés.

Cette forme relativement naïve du réalisme, assez courante jusqu'au siècle dernier, s'est transformée de nos jours en « **réalisme abstrait** » avec le développement de la mécanique quantique et de la théorie de la relativité. Selon le réalisme abstrait, une partie de la réalité nous échappe car nous sommes dans l'impossibilité de la comprendre aujourd'hui. Ainsi, Albert Einstein que l'on peut situer dans ce courant, n'a cessé d'affirmer sa foi en une nature intelligible et cohérente qui se laisserait progressivement saisir par le physicien à travers l'expérience, une nature dont le langage mathématique permettrait d'écrire les lois de manière parfaitement adéquate. »

1.6 « Expérience », « observation », « esprit », et reconstruction du réel

Ce que nous pouvons constater précisément jusqu'à présent, en ce qui concerne les sciences actuelles, c'est que nous sommes toujours loin du « réel » même si nous constatons qu'il y a des progrès en science et des avancements de la réalisation de notre intelligence. Chaque jour, nous découvrons quelque chose, ciblons mieux notre esprit pour comprendre notre monde. Alors, qu'est-ce qui nous empêche d'accéder à toutes les qualités des objets et aux objets eux-mêmes ? Evidemment, il y a plusieurs raisons que nous ne connaissons pas, mais nous pouvons donner des exemples connus et explorés de ce que nous disons. Premier exemple, incertitudes en mesure et l'interprétation de **Louis de Broglie**.

1.6.1 « Incertitudes » en mesure

« L'une des conséquences la plus curieuse du développement des théories quantiques a été de nous révéler que les entités élémentaires de la matière ne sont pas entièrement assimilables à des corpuscules conçues à la façon classique¹ : pour décrire et prévoir la manière dont ils peuvent se manifester à nous il faut invoquer tour à tour l'image des ondes et celle des corpuscules, sans qu'aucune de ces deux images soit à elle seule suffisante pour en obtenir une description complète. De cette dualité de nature des entités élémentaires que nous envisagions auparavant comme de simples corpuscules ponctuels, la théorie quantique actuelle déduit que leur évolution ne peut être réglée par un déterminisme rigoureux, tout au moins par un déterminisme que nous puissions atteindre et préciser : toujours subsistent dans nos connaissances à leur égard des « incertitudes » essentielles que nous n'avons aucun moyen d'éliminer. Cela ne veut pas dire cependant que nous ne puissions faire aucune prévision pour les phénomènes de l'échelle microscopique, mais les seules prévisions qui nous soient permises sont de **nature statistique** et s'énoncent dans **un langage de probabilité**. **Nous ne pouvons plus désormais dire « à tel instant, tel électron se trouve en tel endroit », mais seulement « à tel instant, il y aura telle probabilité pour qu'un électron se trouve à tel ou tel endroit. »** C'est seulement à l'échelle macroscopique, quand nous avons affaire à des corps lourds (par rapport aux corpuscules élémentaires) que les notions classiques de la mécanique, telles que position, vitesse, trajectoire, mouvement rigoureusement prévisible au cours du temps, redeviendront très approximativement valables. Les lois mécaniques cessent ainsi d'être applicables aux phénomènes élémentaires et doivent céder le pas à des lois statistiques. C'est seulement quand

¹ La physique classique, fondée sur la mécanique newtonienne, décrivait un univers composé d'entités élémentaires assimilées à des simples points matériels, ou corpuscules.

nous observons, avec une précision nécessairement limitée, des phénomènes à grande échelle que nous pouvons avoir l'illusion qu'il existe des lois mécaniques rigoureuses impliquant un déterminisme absolu »¹.

Pour le même exemple, Bachelard² l'interprète de cette façon :

... « Le corpuscule et l'onde ne sont pas des choses liées par des mécanismes. Leur association est d'ordre mathématique ; on doit les comprendre comme des moments de la mathématisation de l'expérience »...

Et il résume la nature probabiliste de mesure en sciences modernes :

...« l'onde est un tableau de jeux, le corpuscule est une chance »...

1.6.2 Perturbations en mesure

Quoi que nous fassions, une observation, au fur et à mesure d'une expérience apporte toujours des informations limitées, même si nous désirons en savoir d'avantage. Cette situation n'est due ni à l'expérimentateur, ni à notre moyen d'expérimentation ni à la nature des objets. Cela est dû à la nature propre de notre observation. Ainsi, le sujet et l'objet sont interdépendants. Ce qui se passe en cours d'exploration des objets et de leurs qualités dépend de notre manière de l'observer. Le premier, au cours des années 1920, **Niels Bohr** a démontré qu'il était impossible d'éliminer les perturbations dues à l'observation.

« (...) Pour déterminer la position et la vitesse d'une entité élémentaire il suffit théoriquement de l'observer. Or que se passe-t-il si j'essaie seulement de localiser un électron ? Pour l'observer, il me faut nécessairement l'éclairer, autrement dit le « bombarder » de photons (quanta de lumière), ce qui ne peut manquer de dévier sa trajectoire et d'altérer sa vitesse. Ainsi lorsqu'on cherche à mesurer des quantités de plus en plus infimes, il arrive un moment où les perturbations qu'entraînent les opérations de mesure deviennent comparables aux quantités à mesurer³ ! »

Pour avoir des informations sur les objets il faut passer par des interactions. C'est le résultat de ces interactions qui porte l'objet au sujet. Mais, l'interaction se réalise sous la régie des particules en mouvement comme l'a montré l'exemple de Bohr, ainsi que sous l'effet de deux variables (sujet, objet). Par contre, dans l'expérience classique, nous contrôlons toujours au moins une de ces variables : en précisant une variable stable, celle-ci se réalise sous une vitesse limitée. Une fois que nous dépassons cette limite, des variables deviennent incontrôlables.

Dans le monde microscopique, toutes les particules et les ondes se propagent à une vitesse beaucoup plus grande que celle que nous rencontrons tous les jours. Ces particules et ondes sont significatives, à condition qu'elles aient une vitesse bien supérieure. En revanche, dans le monde macroscopique, tous les objets sont significatifs, mobiles ou immobiles. Prenons un exemple : un photon, c'est une particule élémentaire des ondes électromagnétiques (lumière visible et invisible),

¹Cité par Le Strat, S., (1990). *Epistémologie des Sciences Physiques*, Nathan : *Louis de Broglie, Physique et Microphysique*, Paris, Albin Michel, 1947, pp. 217-218.

² [Bachelard (1934), p.101]

³ Cité par Le Strat, S., (1990). *Epistémologie des Sciences Physiques*, Nathan.p.37

sans masse dont la vitesse est celle de lumière (3×10^8 m/s). Peut-on penser que cette particule soit immobile ? La même question est-elle possible pour un proton ou un neutron ? Les réponses sont très ardues. Quelle que soit la réponse que nous proposons, les particules auxquelles nous nous intéressons seront non - significatives.

Ce qu'il y a lieu de faire, c'est de comprendre ce qui est train de se faire. Pour arriver à ce but, nous devons retracer les parcours qui ont été faits, et aussi chercher de nouveaux parcours pour la continuité des sciences. Aussi je m'oriente vers le discours de Heisenberg¹, pour compléter notre discours.

« Quand nous passons à l'observation (...), il est très important de se rendre compte que notre objet a forcément été en contact avec les autres parties du monde, à savoir les conditions expérimentales, l'appareil de mesure, etc., avant l'observation et, au minimum, pendant l'observation. Cela signifie que l'équation du mouvement pour la fonction de probabilité contient maintenant l'influence de l'interaction avec le dispositif de mesure. (...) Et puisque le dispositif est en relation avec le reste du monde, il contient en fait les incertitudes sur la structure microscopique du monde entier. On peut dire que ces incertitudes sont objectives dans la mesure où elles ne sont qu'une conséquence de la description à l'aide de la physique classique et ne dépendent aucunement de l'observateur ; et on peut dire qu'elles sont subjectives dans la mesure où elles se réfèrent à notre connaissance incomplète de ce monde. »

A partir de ces idées, nous devons être attentifs à quel point nous sommes objectifs et à quel point nous sommes subjectifs dans le processus de l'observation et de l'exploration de la nature.

(...) Cela souligne à nouveau un élément subjectif de la description des phénomènes atomiques, puisque le dispositif de mesure a été construit par l'observateur ; et il faut nous rappeler que **ce que nous observons, ce n'est pas la Nature en soi, mais la Nature exposée à notre méthode d'investigation**. En physique, notre travail consiste à poser des questions concernant la Nature dans le langage que nous possédons et à essayer de tirer d'une expérience une réponse grâce aux moyens dont nous disposons. C'est ainsi que la théorie quantique nous ramène, comme l'a dit **Bohr**², à la vieille sagesse qui veut que, quand on cherche à introduire l'harmonie dans la vie, il ne faille jamais oublier que, **dans la tragédie de l'existence, nous sommes à la fois acteurs et spectateurs**. Il est compréhensible que dans nos relations scientifiques avec la Nature notre propre action prenne une grande importance chaque fois qu'il s'agit de ces domaines de la nature dans les quelles nous ne pouvons pénétrer que grâce à l'emploi des instruments les plus perfectionnés. »

C'est notre esprit qui fabrique les appareils que nous utilisons pour explorer la nature. Ainsi, c'est notre esprit qui en fait nous mène à la connaissance. Par conséquent, pour accéder à cette connaissance, il faut reconnaître aussi toutes les capacités d'intelligibilités humaines.

La phrase de **Bohr** est très éclairante. Etre acteur et spectateur, en même temps nécessite énormément d'attention. Si nous oublions un des rôles, la mise en scène de notre théâtre ne sera pas achevée.

¹ Cité Le Strat, S. (1990). Werner Heisenberg, **Physique et philosophie, La science moderne en révolution**, Paris, Albin Miche, 1961, pp.44-45.

² **Physique atomique et connaissance humaine**. Paris, Gauthier-Villars, 1972, p.93.

1.6.3 L'observation scientifique est la reconstruction du réel.

Aujourd'hui, l'observation toute seule n'a pas de sens pour les scientifiques, il faut la prendre en compte toujours avec l'expérience, ainsi qu'un couple « expérience -observation ». Jusqu'à présent, celui-ci n'est pas encore scientifique. Pour que ce couple « expérience -observation » devienne scientifique, le déroulement des expériences nécessite une théorie adéquate. Si on revient au début de XXe siècle, on peut se rendre compte de la naissance de ce type d'idées avec la naissance de la physique quantique comme l'écrit **Pierre Duhem**¹ :

« (...)Toute l'expérience de physique comporte deux parties. Elle consiste, en premier lieu, dans l'observation de certains faits ; pour faire cette observation, il suffit d'être attentif et d'avoir les sens suffisamment déliés ; il n'est pas nécessaire de savoir la physique ; le directeur de laboratoire y peut être moins habile que le garçon. Elle consiste, en second lieu, dans l'interprétation des faits observés ; pour pouvoir faire cette interprétation, il ne suffit pas d'avoir l'attention en éveil et l'œil exercé ; il faut connaître les théories admises, il faut savoir les appliquer, suivre les mouvements d'une tâche lumineuse sur une règle transparente, voir si elle marche à droite ou à gauche, si elle s'arrête à tel ou tel point ; il n'est pas besoin pour cela d'être grand clerc ; mais s'il ignore l'électrodynamique, il ne pourra achever l'expérience, il ne pourra mesurer la résistance de la bobine (...) »

Une expérience de physique est l'observation précise d'un groupe de phénomènes accompagnés de l'interprétation de ces phénomènes ; cette interprétation substitue aux données concrètes réellement recueillies par l'observation des représentations abstraites et symboliques qui leur correspondent en vertu des théories admises par l'observateur.

Il ne faut pas toujours s'orienter vers l'avenir pour trouver des solutions à nos problématiques, ce que nous cherchons a peut-être déjà été pensé mille fois avant nous. Pour comprendre l'essence de la physique moderne, ou les sciences modernes, nous avons besoin de comprendre toutes les difficultés de l'époque où les idées et les théories étaient en train de se mûrir et de se construire. Gaston Bachelard, dans *Le nouvel esprit scientifique (1934)*, a beaucoup interrogé les concepts des sciences modernes, favorisant la compréhension des concepts, il nous a transmis énormément de clés pour ouvrir les portes inaccessibles et inconnues.

Avec Bachelard, nous souhaitons compléter l'idée de Duhem, pour pouvoir donner une réponse adéquate à « comment l'observation devient reconstruction du réel ? » :

« ...Déjà l'observation a besoin d'un corps de précautions qui conduisent à réfléchir avant de regarder, qui réforment du moins la première vision, de sorte que **ce n'est jamais la première observation qui est la bonne**. L'observation scientifique est toujours une observation polémique ; elle confirme ou infirme une thèse antérieure, un schéma préalable, un plan d'observation ; elle montre en démontrant ; elle hiérarchise les apparences ; elle transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir reconstruit ses schémas. Naturellement, dès qu'on passe de l'observation à l'expérimentation, le caractère polémique de la connaissance devient plus net encore. Alors il faut que le phénomène soit trié, filtré, épuré, coulé dans le moule des instruments, produit sur le plan des instruments. Or les instruments ne sont que des théories matérialisées. Il en sorte des phénomènes qui portent de toutes parts la marque théorique². »

¹ Duhem, P., (1906). **La théorie physique, son objet - sa structure**, Vrin, Paris, 1981, pp.218-222.

² [Bachelard (1934),p. 16]

L'observation scientifique exige la participation de l'intelligence avec tous ses éléments. L'observation n'est donc jamais une constante pure de toute idée préconçue, mais le résultat d'un projet, d'une volonté de reconstruction du réel.

1.7 Comment définissez-vous la science ?

Aujourd'hui, nous sommes en train de construire une science en parcourant une démarche scientifique. Cette démarche consiste à établir un passage obligé. Qu'est-ce que nous faisons dans ce passage ? Nous observons, nous questionnons le monde, ensuite nous essayons de relier entre elles plusieurs observations et expérimentations différentes afin de trouver des régularités, des lois et définir des concepts.

La construction des concepts, l'élaboration des lois reviennent à modéliser le monde qui nous entoure. Toute démarche scientifique fait appel au raisonnement. Ce raisonnement s'appuie sur des faits expérimentaux, des lois, des propriétés d'objets...

Vouloir effectuer une mesure peut faire appel à une démarche scientifique : pourquoi mesurer, que mesurer, comment mesurer, quel appareil choisir, quels genres de mesure, quelle précision est souhaitable, comment traiter ensuite les résultats des mesures... ?

Ces éléments peuvent s'inscrire dans une démarche expérimentale, mais peuvent aussi s'inscrire dans une démarche scientifique non expérimentale mais découlent de recherches quantitatives.

Si nous interrogeons un peu plus : quelles sont les différences entre méthode et démarche expérimentale ? Différences : manipuler, faire des hypothèses, suivre une démarche ou une méthode expérimentale, on s'y perd un peu dans ce vocabulaire scientifique. Essayons d'y voir plus clair en précisant la signification des termes fréquemment utilisés pour désigner les différentes activités expérimentales.

La méthode¹ (du grec « *meta* » vers et « *hodos* » chemin) renvoie à un itinéraire par des étapes prévisibles dans un parcours intellectuel. La démarche renvoie à un cheminement, à une tentative pour réussir une entreprise, sans a priori d'étapes prédéterminées. La démarche est davantage du côté du tâtonnement, non un tâtonnement aveugle, mais un tâtonnement réfléchi qui s'appuie sur des connaissances (lois, propriétés d'objets...).

Ainsi, on parle de méthode expérimentale quand l'itinéraire à emprunter est largement prédéterminé. Une démarche expérimentale, à l'inverse, rendrait compte d'une conduite de pensée

¹ www.inrp.fr/ la main à la pâte, documentation pédagogique, 2002.

plus vagabonde, moins contrainte par des indications d'actions extérieures et très contraintes par des exigences de cohérence et de rigueur.

Une fois que nous avons bien précisé les termes que nous utilisons durant notre recherche, ceux-ci peuvent éclairer notre parcours intellectuel. Chercher un parcours intellectuel avec **une démarche scientifique** et **une démarche expérimentale**, consiste à regarder une photo prise à partir d'un satellite, d'un microbe. Cette photo, à quoi peut-elle nous servir ? Première réflexion, à rien ! Deuxième réflexion, comment peut-on parcourir une voie intellectuelle pour arriver à répondre à cette question ? A présent, la science démarre à partir de ce point ! Cet exemple ne représente pas l'impossibilité de l'atteindre, mais la difficulté de l'accès au possible.

Nous continuons d'enrichir notre parcours intellectuel avec les idées précieuses de **E. Morin et H. Reeves**¹, que représente la science pour eux ?

« M. Mounier : Que représente pour vous, aujourd'hui, la science ? Comment définissez-vous la recherche ?

E. Morin : La connaissance scientifique est distincte des autres formes de connaissance en vertu de son obsession de vérification ; si on ne peut pas vérifier par expérience, on vérifie par la multiplication des **observations**. La science est l'aventure de la raison humaine qui essaye de **dialoguer** avec les données et les faits. C'est un dialogue entre la raison humaine et l'univers. L'univers, en fait, est toujours plus fabuleux et incompréhensible que ne le croyait la raison. La science n'est pas la raison seule parce que la raison seule fait des systèmes très logiques dans lesquels on s'enferme. La science marche sur quatre pattes. Les deux pattes de devant sont **l'imagination** et **la vérification**, les deux pattes de derrière sont **le rationnel** et **l'empirique**. Du coup, quatre unipatistes différents peuvent faire un excellent scientifique...

H. Reeves : Un petit enfant qui observe le monde découvre assez tôt une cohérence. Ce n'est pas le chaos. Quand on cache son jouet, il le cherche. Et quand il le trouve, il comprend qu'entre son esprit et la réalité extérieure, il y a un certain lien. **J'imagine** que **la démarche scientifique** est née à partir d'évènements semblables chez nos lointains ancêtres. Nous sommes fondamentalement encore dans la même démarche. Nos instruments se sont formidablement affinés, tant sur le plan de **l'instrumentation** que sur celui de **la conceptualisation**. C'est le couplage intime entre expérience et formulation logique qui est le cœur même de la science. Je sais que les électrons « existent » parce que la lumière s'allume au plafond quand je pousse le bouton. Même si je sais que je ne verrai jamais les électrons ».

Il y a toujours **une démarche scientifique** et **une démarche expérimentale** en vue d'arriver à l'essence de la science. La science est une découverte du monde qui nous entoure. Après avoir parlé de la science, quels sont les rôles des scientifiques dans ces démarches ? Tous les scientifiques sont-ils conscients de leurs propres sciences (physique, chimie, biologie etc.), avec lesquelles ils travaillent tous les jours ? C'est-à-dire les points communs et les points distincts. Que fait un physicien et une chimiste ou bien un biologiste aujourd'hui ? Dans quels buts travaillent-ils ? On pourrait trouver les réponses de certaines questions dans les lignes suivantes.

“In the professions of physicist, chemist and biooigist there are more common elements than different ones. They investigate the same nature, and even the specific object of their investigation may be identical. The

universe is inbounded, but the human brain is finite. Scientists share their duties, different scientists attacking the problem in different ways. Their orders of values may be diverse, their styles of work are not identical, they do not disturb each other, but they are complementary actors on the frontier where **known** and **unknown** meet².

Actuellement, à travers les progrès de la science, nous nous sommes bien rendus compte que l'univers est complexe et infini. Nous ne cernons pas bien cet univers par rapport au complexe et à l'infini. Toutefois, malgré cette complexité, la seule façon de comprendre l'univers dans lequel nous nous trouvons, c'est d'utiliser notre capacité intellectuelle. Pour ce faire, nous devons privilégier la simplicité. Tous les moyens de la science actuelle sont construits sur la simplicité des phénomènes, en quelque sorte, nous étions obligés de la simplifier pour qu'elle soit compréhensible et déchiffrable pour nous. En définitive, nous contrôlons les déséquilibres entre la nature complexe et sa représentation simplifiée par notre intelligence. De quelle manière ? Comme ce que nous sommes en train de faire à travers la science !

Pour comprendre un peu plus l'univers et ce qui se passe à l'intérieur, nous avons besoin de nouvelles ouvertures. Cela sera possible par l'élargissement des limites de la simplicité et par la recherche de l'origine de la complexité. Évidemment, nous devons aussi développer les limites de nos raisonnements à l'aide de nos connaissances et de nos acquis scientifiques.

1.8 Science, non-science et la culture scientifique

Du fait que nous nous intéressons aux sciences de l'éducation, nous devons prendre en compte la manière dont la science se construit. Dans cette partie, j'aimerais souligner quelques points importants de la science, plus particulièrement, préciser la préoccupation de la science actuelle. En partant de cette idée, comment peut-on distinguer ce qu'est la science de ce qui n'est pas la science ?

La science n'est pas quelque chose d'opposé à la nature humaine, elle est tout à fait compatible avec notre activité intellectuelle. D'ailleurs sa nature propre n'est-elle pas d'être une construction de l'intelligence humaine ? Dans le cas contraire, quand il s'agit de l'activité non-scientifique, cela évoque plutôt des activités qui ne sont pas totalement associées à la nature de l'intelligence humaine ; il s'agirait plutôt de l'habitude des activités quotidiennes non-réflexives et non-organisées, faites par habitude.

Au lieu de donner une définition simple à la science, je voudrais parler de son activité et de sa fonctionnalité. L'objet de toute la science, avec les mots d'**Einstein**:

¹ Morin, E., Le Moigne, J. L. (1999). **L'intelligence de la complexité**, L'Harmattan.

² Marx G., (1983). **What is physics?**, Phys. Educ. Vol 18, Printed in Noryhem Ireland.

« *is to coordinate our experience and to bring them into a logical system* »¹.

Et un autre grand physicien, **Niels Bohr**, partage à peu près la même idée qu'Einstein, il dit:

« *the task of the science is both to extend the range of our experience and to reduce its order* »².

Dans ces deux citations, les scientifiques parlent de l'expérience et du système logique. Ceci veut dire que la science est constituée de deux types d'activités : l'activité perceptive à partir de la perception sensorielle (observation, expérimentation) et l'activité cognitive (imagination scientifique, abstraction, généralisation, tous types de réflexion...). La coordination de ces deux types d'activités nécessite un certain nombre de méthodes (avec ces méthodes, le scientifique fait ses expériences et trouve des solutions à des problèmes donnés) et des outils mentaux (avec ces outils mentaux, le scientifique réalise ses activités cognitives). A la fin, grâce à l'ensemble des règles scientifiques tant au niveau mental qu'au niveau perceptif, les concepts commencent à apparaître, c'est - à -dire le noyau dur de la science.

Les ensembles de règles et de concepts servent aux scientifiques pour analyser le monde qui les entoure. En effectuant toutes ces activités, nous devons définir les concepts, en expliquant leur nature et leur fonctionnalité et expliciter l'ensemble des règles pour qu'une autre personne (scientifique) comprenne et expérimente les mêmes choses. Un physicien et philosophe américain, **P. W. Bridgman**³ décrit son idée sur cette fonctionnalité:

..« *the true meaning of the term is to be found by observing what a man does with it, not he says about it* »...

Un mathématicien et philosophe, Henri Poincaré¹, parle aussi de la fonctionnalité des concepts physiques dans les lignes suivantes :

« When we say force is the cause of motion we talk metaphysics, and this definition, if we were content with it, would be absolut sterile. For a definition to be of any use, it must teach us to measure force; moreover, that suffices; it is not at all necessary that it teach what force is in itself nor whether it is the cause or the effet of motion.»

Cependant, si nous regardons autour de nous, nous pouvons constater que les concepts de tous les jours semblent clairs, alors que les termes scientifiques portent toujours un caractère mystérieux et complexe pour les individus de la société. Mais, si nous faisons une recherche un peu plus détaillée, nous pouvons comprendre que les termes de tous les jours sont généralement très flexibles et non-définis. La plupart du temps, ils sont individuels et émotionnels et loin d'un consensus, de même qu'ils ne reflètent pas un caractère scientifique.

Comment tous les individus de la société peuvent-ils raisonner de la même façon sur un certain nombre de concepts et de termes comme les scientifiques ? Cette question a commencé à se poser

¹ Cité par Holton, F., (1985). **Introduction to concepts and theories in physical science**, Second edition, Princeton university press, Princeton, New Jersey, p.174.

² Idem Holton p.174

³ Holton (1985) p.178

au cours des dernières années. Comment développer une culture scientifique au cœur de notre société afin que la plupart des individus de notre société, fasse, expérimente et comprenne les mêmes choses quand il s'agit d'une activité scientifique?

La frontière entre « scientifique » et « non –scientifique » commence par l'utilisation d'une culture scientifique de base et continue. La première chose à faire, c'est d'avoir la conviction que la science facilite notre vie, à condition que nous en profitons correctement. D'autre part, la science est une passerelle pour les êtres humains entre ce qui est connu et ce qui est inconnu.

1.9 L'origine de la pensée moderne

La pensée moderne et la physique moderne, l'une se complète à l'autre, l'une a besoin de l'autre. C'est pourquoi, il sera plus logique de traiter ces deux termes ensemble. Car, en l'absence d'une pensée moderne, il ne sera pas possible de faire une science moderne, plus particulièrement de la physique moderne. Une pensée moderne précède une pensée scientifique et ensuite une science ouverte pour l'avenir, de même qu'une science est en train de progresser et de créer des nouveautés et de s'orienter vers de nouveaux types de pensée par rapport aux paradigmes de la science actuelle.

Quand avons-nous fait connaissance avec la pensée moderne ? Nous pouvons donner deux réponses différentes, mais plutôt complémentaires. La première réponse est celle de **Koyré**, dans son livre « *Etudes d'histoire de la pensée scientifique* », il y décrit :

« La physique moderne, c'est-à-dire celle qui est née avec et dans les œuvres de **Galileo Galilei** et c'est achevé dans celles d'Albert Einstein, considère la loi d'inertie comme sa loi la plus fondamentale. Elle a bien raison, car, ainsi que le dit le vieil adage, *ignorato motu ignoratur nature*, et la science moderne tend à tout expliquer par « le nombre, la figure et le mouvement ». En fait, c'est Descartes, non pas Galiléequi, pour la première fois, en a entièrement compris la portée et le sens. Et pourtant Newton, n'a pas tout à fait tort en attribuant à Galilée le mérite de sa découverte. En effet, bien que Galilée n'ait jamais explicitement formulé le principe d'inertie, sa mécanique, implicitement, est basée là-dessus... »²

Dans le même livre, **Alexandre Koyré** écrit que « *la science moderne est née dans un contact étroit avec l'astronomie* ». Ceci est évidemment un exemple important : à cette époque, la recherche astronomique de Copernic était une bonne piste pour construire, expérimenter et éprouver une nouvelle méthode. Koyré explique l'essence de cette méthode dans la phrase suivante :

« *La science moderne doit très largement son succès à l'usage de ces méthodes inductives et expérimentales, qui sont ce qu'on appelle souvent la méthode expérimentale* ».

¹ Holton (1985) p.179

² Koyré,A., (1939),. *Etudes galiléennes*, Paris, Herman.

Oui, Copernic est le premier à avoir utilisé cette méthode expérimentale dans ses recherches. Koyré développe cette idée en citant l'idée de **M. Crombie**¹ :

« La manœuvre stratégique par laquelle Grosseteste et ses successeurs des XIII^e et XIV^e siècles ont créé la science expérimentale moderne consistait à unir l'habitude expérimentale des arts pratiques au rationalisme de la philosophie du XII^e siècle ».

« **Grosseteste** semble avoir été le premier **écrivain du Moyen Age** à reconnaître et à traiter les deux problèmes méthodologiques fondamentaux de l'induction et de la « vérification » et « falsification » expérimentales qui se posèrent lorsque la conception grecque de la démonstration géométrique fut appliquée au monde de l'expérience. Il semble avoir été le premier à établir une théorie systématique et cohérente de l'investigation expérimentale et de l'explication rationnelle, théorie qui fit de la méthode géométrie grecque la science expérimentale moderne. Avec ses successeurs, il fut, autant qu'on le sache, le premier à utiliser et à illustrer par des exemples une telle théorie dans les détails de la recherche originale de problèmes concrets. Ils croyaient eux-mêmes créer une nouvelle méthodologie. Une grande partie du travail expérimental des XIII^e et XIV^e siècles fut, en fait, effectuée à seule fin d'illustrer cette théorie de la science expérimentale, et toutes leurs œuvres reflètent cet aspect méthodologique. » p. 10-11

Comme toutes les connaissances, l'évolution de la science moderne a été réalisée, au cours des années, par des intelligences humaines à la lumière des idées différentes, des expériences différentes et plus particulièrement des perceptions différentes.

La deuxième réponse sera celle de **Chalmers**², dans son livre « Qu'est-ce que la science ? » . Il commence aussi avec Copernic, mais, il terminera avec Newton :

« Dans l'Europe médiévale, on admettait généralement que la terre se trouvait au centre d'un univers fini et que le soleil, les planètes et les étoiles gravitaient autour d'elle. La physique et la cosmologie qui constituent le cadre de cette astronomie étaient fondamentalement les mêmes que celles développées par Aristote, au IV^e siècle avant J.-C. Au second siècle après J.-C., Ptolémée avait inventé un système astronomique détaillé qui précisait les orbites de la lune, du soleil et de toutes les planètes.

Dans les premières décennies du XVI^e siècle, Copernic conçut **une astronomie nouvelle**, dans laquelle la terre était en mouvement, et qui entraînait en conflit avec les systèmes aristotélicien et ptolémaïque. Selon Copernic, la terre n'est pas stationnaire au centre de l'univers, mais gravite autour du Soleil comme les autres planètes. Depuis lors, l'idée de Copernic a pris corps, **la vision du monde aristotélicien a été remplacée par la conception newtonienne**. L'analyse détaillée de la façon dont s'est opéré ce changement théorique essentiel, qui se déroula pendant plus d'un siècle et demi, ne va pas dans le sens des méthodologies prônées par les **inductivistes** et par les **falsificationnistes**, et montre la nécessité d'un point de vue différent sur la science, construit de façon plus complexe ».

A l'origine de la science moderne, **Chalmers** (1987) et **Kuhn**³ (1972) se sont référés plutôt à la physique de Newton, surtout à deux livres reconnus de Newton, « *Mathematical principles of natural philosophy (Principia)* (1687) » et « *Optiks* (1704) ». Parce que la physique de Newton est

¹ [Cf. Koyré (1939)] Crombie, A., C., (1952), **Robert Grosseteste and origins of experimental science**, 1100-1700, XII-369 pp., Clarendon Press.

² Chalmers, A., F., (1987). **Qu'est-ce que la science?**, Editions, La découverte, Paris. p. 96-97

³ Kuhn, T., S., (1972). **La structure des révolutions scientifiques**, Flammarion, Paris.

un changement de paradigme pour la science, **Harman**¹ (1982) explique ci-dessous l'essence de ce changement de paradigme :

“Newton’s mathematical theory of nature in the Principia was grounded on the revolution in mathematics of the sixteenth and seventeenth centuries. The analytic geometry that Newton, imbibed from Descartes had led to **a shift from the visual to the abstract in mathematics**; visual representation was replaced by equations expressing relations between geometrical quantities”(…)

À partir de Newton, les concepts complexes de la physique avaient commencé à se représenter dans le langage mathématique. Cependant, ce n'est pas Newton qui a construit toute la base de la science moderne, mais, il l'a désignée avec un nouveau langage, celle des mathématiques.

Mon point de départ est de m'interroger plutôt sur l'origine de la pensée moderne au lieu de celle la science moderne ou de la physique moderne. Car, une pensée moderne par rapport à son époque sera toujours indispensable pour l'ouverture de la science et pour des nouvelles philosophies.

¹ Harman, P., M., (1982). **Energy, Force and Matter, The conceptual development of nineteenth-century physics**, Cambridge University Press.

CHAPITRE II

OBSERVATION ET OBSERVABILITE EN SCIENCES PHYSIQUES

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à l'observation et à l'observabilité en sciences physiques, ce qui nous permettra de mieux comprendre l'actualité des paradigmes de l'observation, de l'expérience ainsi que le fonctionnement des outils de pensées et de perception : comment les scientifiques raisonnent-ils, comment perçoivent-ils le monde dans lequel ils vivent tous les jours ? Ces processus sont un pont entre les individus et les qualités des objets, car plus ces qualités sont loin des sujets, plus notre compréhension du monde sera loin de notre cadre de réflexion.

Ensuite, une autre dimension capitale est la question suivante : comment peut-on repousser les limites de nos connaissances et les limites de nos perceptions ? En fait, les deux sont intimement liées pour un esprit scientifique. Sans percevoir, nous ne nous rendons pas compte de l'existence des phénomènes et des objets qui font partie de ces phénomènes. Nous savons que nos sens ne sont pas suffisants pour nous approcher de toutes les qualités des objets, de ce fait, nous utilisons des outils pour prolonger nos limites. Ces outils nous permettent de mieux observer et d'expérimenter les objets minuscules, ou bien inaccessibles par nos sens, mais ce que nous observons n'est pas exactement la même chose que ce que nous percevons avec nos propres sens, nous percevons des effets secondaires. Dans ces conditions, nous sommes obligés de faire une transposition avec des théories adéquates, sinon, au lieu de faire une activité scientifique au sein des établissements scolaires, nous pouvons faire tout autre chose. C'est pourquoi, ce chapitre est important pour deux raisons : d'une part, le franchissement de nos sens pour nous permettre d'avoir plus d'informations sur le monde, d'autre part, ce processus nécessite un autre type de raisonnement, plus particulièrement un raisonnement loin du sens commun ou loin des paradigmes des sciences classiques (la physique classique). Les propositions seront faites plutôt à la lumière des nouveaux paradigmes des sciences actuelles. Par exemple le paradigme de la physique quantique a fait changer totalement notre système de pensées, surtout sur le monde microscopique, de même que sur une nouvelle façon de voir le monde.

Enfin, lorsque nous faisons une activité scientifique, nous sommes obligés de trouver des points communs à propos des activités scientifiques auxquelles nous nous intéressons. D'une part, l'approche didactique dans l'enseignement ne nous permet pas de raisonner avec les outils du sens commun, parce qu'ils nous éloignent de la réalité des choses, d'autre part, nous avons besoin d'un consensus sur ce que nous sommes en train de percevoir, surtout en ce qui concerne la méthodologie des sciences. Cependant, nous ne pouvons pas totalement empêcher la construction intellectuelle chez les individus, mais nous pouvons les aider à conceptualiser avec des points communs, avec un langage commun et des méta-connaissances communes, afin d'être certains que nous parlerons des mêmes choses, mais peut-être avec des interprétations différentes.

2.2 L'espace prend la forme de mon regard

... Encore un automne, la pluie nous salue presque tous les jours, les feuilles des arbres ne peuvent pas résister à l'attraction terrestre, le vert de la nature disparaît tout doucement, la moitié des feuilles des arbres sont jaunes, les autres sont de toutes les autres couleurs d'un spectre visible. La nature est presque prête afin de bien se reposer et de saluer le nouveau printemps dans quelques mois... Nous pouvons décrire la nature à partir de notre fenêtre de mille façons différentes. Chacun regarde, observe et décrit d'une façon différente le milieu qui l'entoure. Hubert Reeves, astrophysicien, a écrit sa propre façon de voir la nature avec l'oeil d'un scientifique, au commencement de son livre « *L'espace prend la forme de mon regard* » :

« Le beau est-il dans la nature ?

La beauté naît de la rencontre entre le monde et l'être humain qui la perçoit.

J'ai vu une herbe folle

Quand j'ai su son nom. Je l'ai trouvée plus belle. Elle est devenue belle d'être vue et plus belle d'être vue nommée. Depuis que Monet a peint les nénuphars d'île-de-France, ils sont devenus plus beaux.

Plus grands (Gaston Bachelard.)

La beauté naît du regard de l'homme. Mais le regard de l'homme naît de la nature¹ ».

Qui observe bien et correctement la nature? Quelle observation est plus scientifique par rapport aux autres ? Est-ce que nous avons envie de penser en scientifique et d'être scientifique pour connaître les phénomènes qui se déroulent autour de nous ?

Observer le monde dans lequel nous vivons tous les jours n'est pas du tout une expérience facile. Observer, pour faire quoi ? Pour faire une recherche ? Pour connaître le monde ? Pour se faire plaisir ? Ou bien simplement pour voir ? A quoi sert de «voir» les objets de loin ou de près, sans les toucher, sans les entendre, sans sentir les odeurs qu'ils diffusent, sans savoir de quoi ils sont faits? La méthode de l'observation est-elle suffisante à elle seule pour connaître et comprendre le monde d'aujourd'hui ? Evidemment « non » ! Notre hypothèse de départ de ce travail est de chercher une réponse pour l'enseignement d'aujourd'hui.

2.3 La science moderne progresse - t- elle sans « voir » ?

Pour que l'on puisse faire une recherche sur la physique moderne et la chimie moderne, il faut tout d'abord aborder le sujet de «la matière » et de l'énergie » dans l'enseignement moderne. La matière et l'énergie constituent notre univers, tantôt on parle de l'énergie, tantôt on parle de la matière afin de bien expliquer le monde dans lequel on vit. Les deux se transforment réciproquement, par contre l'ensemble de l'univers demeure toujours stable. On peut donc se demander ce qu'est l'énergie pour nous et si on peut la toucher. Notre réponse à cette question sera toujours « non » mais si l'on ne peut pas la toucher, on peut la « sentir ». Par exemple si l'énergie s'accroît, parallèlement la chaleur

¹ Reeves Hubert, (1999).L'espace prend la forme de mon regard, éditions du seuil. p 42

de l'atmosphère qui nous entoure s'élève. En utilisant un thermomètre on peut mesurer le changement de l'énergie indirectement, et même si on n'utilise pas de thermomètre, on peut ressentir l'augmentation de la chaleur de la même manière que l'on peut toujours comprendre l'existence de quelque chose, et la prouver sans ne jamais la voir.

Il y a là un point important. Pendant longtemps notre philosophie de la science s'est construite sur « l'observation », c'est - à - dire, on croit ce que l'on voit de nos propres yeux. Depuis plus d'un siècle, à partir de la découverte de l'électron¹, la science moderne avance sans « voir » son objet d'étude. Par exemple on n'a jamais vu les quarks alors que la physique quantique se construit sur les particules « quarks ». On peut peut-être dire que « voir » est remplacé par « imaginer », « concevoir » et « percevoir » dans la science moderne, que c'est le cerveau qui voit les objets, pas les yeux.

Mon objectif pour cette recherche est de dégager l'importance des verbes « imaginer », « concevoir » et « percevoir » dans l'enseignement pour les concepts de la science moderne : matière, énergie, atome, molécule, particule etc.... La science avance à toute vitesse, parce que les chercheurs ne tentent pas de « voir » leur objet d'étude. Ils font des expérimentations, ils mesurent, analysent, argumentent de ce qu'ils ont trouvé dans leurs expérimentations. Ensuite ils les théorisent, puis si les autres chercheurs arrivent aux mêmes résultats avec des expériences semblables, cette théorie devient globale. Si elle s'applique partout, elle sera une loi universelle comme « la loi de la gravitation de Newton » On sait très bien que l'enseignement moderne n'avance pas à la même vitesse que la science moderne. Il y a toujours une distance entre les deux, celle-ci agrandit au fur et à mesure. De nos jours, on peut peut-être dire que l'enseignement est très en retard par rapport à l'essor progressif de la science contemporaine.

Dans l'enseignement, on doit tenter d'inclure les dispositifs d'observation. Evidemment « observer » le monde dans lequel on vit ne sera pas « voir », ce sera plutôt « imaginer », « concevoir » et « percevoir » les objets qui nous entourent. Ce point de vue guidera ma problématique de recherche et demeure la principale hypothèse de ma recherche.

2.4 Observabilité et observation en Sciences Physiques

L'observation est une façon d'obtenir des informations sur le monde physique. Le concept d'observation est un concept central en science, mais il y a plusieurs façons de le comprendre². Qu'est-ce que l'observation pour un scientifique et pour toute autre personne dans notre société ?

¹ C'est le physicien britannique Joseph John THOMSON qui, le 30 avril 1897, annonça la découverte de l'électron. Mais les chercheurs pressentaient depuis longtemps l'existence de minuscules particules contenant la charge électrique. Le rôle de Thomson, à la veille de la révolution quantique, a été de mesurer le rapport entre ces corpuscules et la charge qu'ils portent. Cette découverte permis d'établir que l'électron est une "particule élémentaire" de la matière, ouvrant l'ère de la physique atomique. **Comment la découverte de l'électron a bouleversé la perception du monde, 28 mars 1997**, page 24, Le Monde.

² Sievers, K. H.(1999). **Toward a direct realist account of observation**, Science & education 8, Issue 4, pp. 387-393, Netherlands.

Qui peut faire une bonne observation et comment ? Quelle est l'importance de nos sens pour l'observation ? Toutes les observations sont-elles objectives ? Si non comment pouvons nous les rendre objectives ? Est-ce que le terme « observer » renvoie bien à l'acte de l'observation ? Pourquoi les termes « observation » et « perception » comportent-ils toujours des ambiguïtés ? Et comment peut-on bien distinguer les termes de « sensation » et de « perception » ?

Bien évidemment, il y a encore d'autres questions à poser mais nous allons nous limiter. L'importance de ce questionnement est de saisir sur quels points nous sommes en difficulté et d'approfondir nos connaissances sur ces questions ?

2.5 Place de l'observation en science.

Les sciences ne sont pas que des savoirs. Elles sont un questionnement continu sur le monde : un bon scientifique est quelqu'un qui est capable de bien questionner le monde qui l'entoure. Voici un scientifique qui commence à questionner l'observation et sa place dans la science :

« En général l'essence de la science est constituée de **l'observation** et de **l'exploration** du monde qui nous entoure, en vue d'identifier un ordre ou une structure dans ce que nous découvrons. Et la physique est cette partie de la science qui traite essentiellement d'un monde inanimé, et qui, de plus, vise à identifier les principes les plus fondamentaux et unificateurs^{1,2}. »

La science est une activité qui permet d'avoir des connaissances du monde physique. L'observation faisant partie de la science, elle contribue donc à la connaissance. **La connaissance nécessite donc absolument l'observation.**

Depuis toujours, on commence à faire de la science avec des questionnements, ceux-ci sont suivis des hypothèses. On émet des hypothèses et on commence à les vérifier. « Une hypothèse doit être soumise au test de la réalité : la réalité corrobore-t-elle l'hypothèse émise ? pour ce faire, on va réaliser :

- ✗ des expériences,
- ✗ **des observations (avec ou sans mesures)**
- ✗ des enquêtes
- ✗ des modélisations
- ✗ des simulations,...

Observer, c'est d'abord savoir pourquoi on observe. L'observation a toujours une finalité : elle est un moyen pour découvrir des choses et pas un but en soi ».¹

Avec l'expérience et l'observation, nous pouvons donc nous rapprocher de la nature et de ses composants. La paire « expérience-observation » n'est qu'une route qui nous emmène vers la

¹ French, A. P. (1997,1998). **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**, Edited by: Andrée Tiberghien, E. Leonard Jossem, Jorge Barojas, An International Commission on Physics Education.

² Chalmers, A. (1991). **La fabrication de la science**, Editions la découverte, 1991, Paris.

nature, au cœur de tous les savoirs. Cependant, cette route n'a pas pu être bien clairement définie par des scientifiques ; à mon avis ceci est dû à l'ambiguïté du verbe « observer ». « observer » ne couvre pas le processus de l'observation. Aujourd'hui, depuis plus d'un siècle, les scientifiques n'expliquent pas le verbe « voir » pour l'avancement de la science. Pour ces scientifiques le verbe « observer » ne signifie pas « voir » .

Ian Hacking² (*Professeur au Collège de France*) distingue, entre l'observation et l'expérience, les deux rapports du scientifique avec le monde. L'observation est seulement une petite partie de ce que fournit l'expérience, et elle n'est pas nécessairement la plus indicative de ce qui est dans le monde.

L'observation est une interaction³ entre des objets (visibles et invisibles) , un sujet (ce sujet peut être l'observateur) et les moyens qui sont utilisés par le sujet pour accéder à une propriété particulière de l'objet. C'est-à-dire qu'il y a toujours **un objet, une propriété d'un objet, le stimulus** qui agit sur l'objet et **les sens** (voir, toucher, goûter, entendre, sentir) qui captent des informations à partir d'un objet. Si la transmission des informations en provenance d'un objet devient accessible à un sujet, cet objet devient observable.

Si des informations sont transmises à nos sens, par l'intermédiaire de notre intelligence, nous pouvons les rendre visibles et compréhensibles. De nos jours nous n'avons pas besoin de voir les objets, mais plutôt de les comprendre et de les expliquer. Lorsque l'on parle de l'observation, il faut toujours prendre en compte le couple « interaction – information »⁴. S'il y a une interaction entre l'objet et le sujet (ce sujet peut être l'être humain ou bien un appareil), nous pouvons parler d'information. S'il n'y a aucune interaction, il n'y aura aucune information à partir de l'objet. Et s'il n'y a pas d'information, l'observation n'aura plus de sens.

2.6 Observabilité des propriétés des objets

Pour que « l'observabilité » soit bien compréhensible, il est nécessaire de prendre en compte en même temps l'observabilité d'un objet et d'une propriété, plutôt que seulement celle d'un objet ou d'une propriété isolée. L'objet et la propriété doivent donc être pris ensemble. Un objet ou une propriété peuvent être accessibles au sujet ou à nos sens.

Pour qu'une chose soit observable, le couple "objet" et "propriété" doit fonctionner ensemble. Ceci signifie que si une propriété est accessible au sujet à l'aide des appareils et de ses sens, cet objet sera observable. Nous pouvons expliquer cela mathématiquement comme l'équivalent suivant : si

¹ **Guichard, J.** (2001). C.R.D.P., Amiens, Document I.E.N. Amiens 5, <http://www.ac-amiens.fr/amiens5>

² Cité par **Sievers (1999)**

³ cf. **Sievers (1999) et Kosso Peter, Observability and Observation in Physical Science**, Kluwer Academic Publisher, 1989, Netherland.

⁴ Cf. **Sievers (1999) et Merleau-Ponty, M.**, Le primat de la perception et ses conséquences philosophiques, éditions Cynara, 1989, Grenoble (résumé de cours à la Sorbonne 1949-1952).

« **ce....(objet)...est...(propriété)...** » est observable par le sujet, par exemple ce **livre est lourd**, cette **table est noire**, cette **lumière est le rayon X**.... un objet est observable si une de ses propriétés est accessible.

Comment le couple "interaction -information" nous permet-il l'observabilité des choses ? Il y a trois types de réponses à cette question.

L'absence d'interaction entre l'objet et le sujet, même avec un appareil, conduit à l'« **inobservable** » en principe. Par exemple, « **un seul quark** » .

Le deuxième cas se caractérise à la fois par l'absence d'interaction entre le sujet et l'objet et par la présence d'interaction entre l'objet et le sujet grâce à des appareils. Le deuxième cas s'appelle « *imperceptible dans le phénomène* ». Un électron est un exemple. En effet, un électron peut être observé à l'aide d'un appareil mais pas par nos propres sens. Par exemple ; « **un électron dans une chambre à bulles** ».

Le troisième cas suppose que les propriétés et les choses sont perceptibles par nos sens. Ce dernier cas se nomme « *perceptible* ». Dans cette catégorie, tous nos sens, ceux de « voir », « entendre », « toucher », « goûter »... sont sollicités. On peut voir des groupes de photons qui sont reflétés par la lune, ceci veut dire qu'à l'aide des groupes de photon, on peut **VOIR** la lune.

2.7 Observabilité de l'énergie.

Pour avancer un peu plus, cette fois je prends le terme d'« énergie » qui est toujours mis en cause dans notre connaissance. Est-ce qu'on peut observer l'énergie et comment ?

Ma réponse à cette question sera « oui », directement ou indirectement : si on considère que l'énergie est faite d'ondes électromagnétiques (visibles et invisibles), on peut la percevoir. Si on admet l'équation « énergie = matière », ou bien la fameuse formule d'Einstein, $E=mc^2$, cette fois, pour l'énergie il existe quelque chose du type « matière » et si la matière est accessible à nos sens, alors l'énergie sera observable.

Toutefois, certaines peuvent dire que l'énergie relève de *l'inobservable en principe* pour répondre à ce type d'affirmation, je prendrai l'exemple de la **chaleur**. La chaleur est un type d'énergie qu'on peut percevoir à l'aide des thermomètres ou bien d'un de nos sens, en touchant, en goûtant....par exemple.

Une autre ambiguïté concernant le verbe « observer » est due à la confusion avec le verbe « détecter » en sciences :

Les observateurs O et O' observent (détectent) les mêmes objets, alors que les observateurs O et O' ne peuvent pas observer (reconnaître) les mêmes faits relatifs à l'objet.

Pour Gibson et Ryle¹, un être humain et une abeille peuvent observer (détecter) la même fleur de différentes façons mais ils ne peuvent observer (reconnaître) le même fait concernant la fleur. C'est-à-dire qu'observer une fleur n'a pas le même sens pour l'être humain et pour une abeille, parce que dans les deux cas, les propriétés de l'objet, la fleur, sont accessibles au sujet mais de façons différentes.

2.8 Perception et sensation

Tout d'abord, je voudrais commencer par traiter le couple « perception-sensation » en citant une partie d'un article de **Piaget** (un des articles le plus cité depuis 40 ans à partir de cette revue). Ceci veut dire que les propriétés des objets sont accessibles au sujet par l'intermédiaire de nos sens, ceci poursuit plusieurs activités, tant au niveau mental que perceptif, pour qu'un objet ou un fait soit significatif pour l'individu ou la construction intellectuelle de l'individu, en quelque sorte un enchaînement à partir d'un objet au sujet, une construction permanente du sensoriel au catégoriel.

«...Knowledge is not a copy of reality. To know an object, to know an event, is not simply to look at it and make a mental copy or image of it. To know is to modify, to transform the object, and to understand the process of this transformation, and as a consequence to understand the way the objet is constructed. An operation is thus the essence of knowledge; it is an interiorized action which modifies the objet of knowledge...² Jean Piaget(1964) »

Les philosophes et les psychologues distinguent **la sensation** qui, dans l'hypothèse scientifique, résulte de l'action du monde extérieur sur les organes des sens, et les habitudes qui accompagnent et amplifient la sensation. Cette interaction donne ce qu'il est convenu d'appeler **la perception** et fait intervenir des processus cérébraux d'associations plus ou moins complexes.³ L'ambiguïté entre perception et sensation fait l'objet de beaucoup de travaux scientifiques et philosophiques. Certains utilisent le mot « sensation » au sens de perception, alors que d'autres font le contraire. Pour d'autres encore, les deux mots ont le même sens.

Il y a beaucoup de travaux de scientifiques sur ce sujet. Par exemple, la distinction faite par **M. Tiberghien** (dans « initiation à la psychophysique » PUF 1984) : « une sensation correspond à une seule voie nerveuse. Une perception dépend du stimulus, du contexte et de l'apprentissage, facteurs qui changent son interprétation en fonction d'autres informations dont dispose le sujet. » La différence par **Brunner et Goodman**, est que la perception dépend des connaissances de chacun alors que la sensation relève plus du tronc commun de tous. Dans le même cadre, **Merleau-**

¹ Cité par Sievers (1999)

² **Piaget, J.** (2003). Cognitive development in children, **Journal of Research in Science Education**, vol.40, supplement, pp. S8-S18.(originally published in volume 2, Number 3, pp. 176-186 (1964).

³ **Vuilleumier Jules** (1971). La logique et le monde sensible, Flammarion, Paris, p.144.

Ponty disait que *nous faisons de la perception avec du perçu*¹ et **Britt-Mari Barth**² poursuit sur la même voie en disant :

« Notre perception est limitée par notre expérience individuelle....Au départ de la perception, les sens sont stimulés par les sensations auxquelles l'individu est exposé. Ces sensations amènent l'individu à construire une image mentale pour représenter la chose perçue....L'image perceptive n'est d'abord qu'une sorte de souvenir de la sensation... Même si nos cinq sens sont actifs dans tout acte de perception, c'est notre cerveau qui sélectionne ce que nous pouvons percevoir à travers eu x.»

Ensuite dans un autre livre de **Merleau-Ponty** (Le primat de la conception et ses conséquences philosophiques), le dialogue entre **Merleau-Ponty** et **M. Parodi** s'établit sous forme de discussion dans l'intention de trouver un consensus sur ces termes :

« ...M. Merleau-Ponty : Percevoir, c'est rendre présent quelque chose à l'aide du corps, la chose ayant toujours sa place dans un horizon de monde, et le déchiffrement consistant à remplacer chaque détail dans les horizons perceptifs qui lui conviennent. Mais de telles formules sont autant d'énigmes, à moins qu'on ne les rapproche des développements concrets qu'elles résument.

M. Parodi : je serais tenté de dire que le corps est essentiel pour la sensation beaucoup plus que la perception.

M. Merleau-Ponty : Peut-on les distinguer ?... »³

Ces discussions avaient commencé avec le problème de **Molyneux** au 17^{ième} siècle :

Supposez un aveugle de naissance, qui soit présentement homme fait, auquel on ait appris à distinguer par le seul attouchement un cube d'un globe, du même métal et à peu près de la même grosseur, en sorte que lorsqu'il touche l'un et l'autre il puisse dire quel est le cube et quel est le globe ; supposez que le cube et le globe étant posés sur une table, cet aveugle vienne à jouir de la vue. On demande si en les voyant sans les toucher, il pourra les discerner, et dire quel est le globe et quel est le cube (II, ix,8)⁴.

Depuis cette date, il y a beaucoup de réponses à cette question, tant positives que négatives. Dans un article à propos du problème de Molyneux, Pancherie¹ (1997) dit que ;

« ...J'examine ensuite certains développements récents concernant le problème de Molyneux et tout particulièrement certains travaux de Paul Bach-y-Rita sur la substitution visuo-tactile. Ceci me permet de mettre en évidence une différence importante entre les deux problématiques, à savoir une modification radicale de la conception des rapports entre perception et sensation. **L'expérience de Bach-y-Rita illustre la possibilité d'une indépendance des sensations et des perceptions visuelles.** Nos perceptions visuelles n'ont pas à se fonder sur des sensations visuelles. Ce divorce des sensations et des perceptions rend caduque ainsi l'une des principales stratégies argumentatives du XVIII^{ème} siècle: qu'il n'y ait rien de commun entre sensations visuelles et sensations tactiles n'implique pas que les idées spatiales attachées aux unes ne puissent l'être aux autres. En d'autres termes, le caractère modal des sensations n'implique nullement, par lui-même, le caractère modal des perceptions. **Le débat contemporain** se distingue encore **du débat dix-huitièmiste** par une insistance beaucoup plus nette sur **le caractère actif de la perception, par opposition au caractère passif de la sensation...** »

Poursuivons la lecture du texte de **Merleau-Ponty** en expliquant l'importance de la sensation :

¹Merleau-Ponty, M. (1945). Phénoménologie de la perception, éditions Gallimard, Paris, p. 104..

²Britt-Mari, B. (1987). L'apprentissage de l'abstraction, Retz / VUEF.

³Merleau-Ponty, M. (1949-1952).

⁴Pancherie, E. (1997). Du problème de Molyneux au Problème de Bach-y-Rita, in Joëlle Proust, Ed. Perception et Intermodalité, Approches actuelles du Problème de Molyneux, chapitre 9, pages 255-293, Paris.

« ...C'est que Pascal procède comme le sceptique qui se demande si le monde existe, et remarque que la table n'est qu'une somme de sensations, et conclut enfin : on ne voit jamais rien, on ne voit que des sensations... »²

Pour qu'on puisse comprendre bien les objets, il faut bien en sentir toutes les qualités, c'est-à-dire toutes les propriétés sensibles. Et je termine, donc en citant l'idée de **Merleau-Ponty** sur la sensation et le caractère perceptible de l'objet :

« ...Je renoncerais donc à définir la sensation par l'impression pure. Mais voir, c'est avoir des couleurs ou des lumières, entendre, c'est avoir des sons, sentir, c'est avoir des qualités, et, pour savoir ce que c'est que sentir, ne suffit-il pas d'avoir vu du rouge ou entendu un la ? Le rouge et le vert ne sont pas des sensations, ce sont des sensibles, et la qualité n'est pas un élément de la conscience, c'est une propriété³... »

2.9 Sens de l'observation en sciences

Dans le cadre de mon exposé, je voudrais aborder un peu loin bas les trois expressions, qui sont importantes pour l'observation et l'observabilité en sciences. Qu'est ce qu'elles signifient pour nous et pour ceux qui sont en interaction, directement et indirectement, avec la nature et la science ?

Avant de les aborder, je voudrais expliquer un peu plus en détail le sens du verbe « voir ». **Voir** est un de nos sens pour pouvoir percevoir ce monde, c'est celui qui est le plus en discussion depuis plus d'un siècle. Pour les scientifiques, voir est seulement un des sens mais ce n'est pas une condition nécessaire pour faire une observation. Dans la société, les individus pensent que sans voir, l'observation n'a pas sens.

A l'aide des chercheurs en science cognitive, **P. Jacop et M. Jeannerod**, nous pouvons approfondir un peu plus notre interrogation et voir ce qui se passe à ce sujet en citant quelques-unes de leurs lignes :

« ...En sens du mot « voir », il n'est pas nécessaire de voir un objet pour agir sur lui. Certains agnosiques, bien que ne percevant pas la forme d'un objet, sont capables de s'en servir. Certains ataxiques, incapables de saisir un objet, sont cependant capables d'en indiquer la dimension en écartant le pouce et l'index. Enfin chez tout un chacun, il se vérifie que l'on agit couramment sur un objet avant d'avoir pris conscience de l'avoir vu. Il existe donc deux modes du « voir » ou du « percevoir », dont l'un est plus conceptuel que l'autre⁴... »

Dans un autre article, **P. Jacop**, s'interroge sur le sens du verbe « **voir** » :

« Qu'est ce que **voir** et **que voit-on** ? Voit-on des objets ou leurs propriétés ? Voit-on des événements ou des faits ? Voit-on ce qu'on croit ? Ce que voit une personne dépend-il de ce qu'elle sait ou de ses ressources conceptuelles ? Ces questions plus théoriques qu'expérimentales n'ont cessé de préoccuper les philosophes et les psychologues de la perception au cours de ce siècle⁵ »

¹ Pacherie, E (1997).

² Merleau-Ponty, M. (1949-1952) p. 71.

³ Merleau-Ponty, M. (1945) p.10

⁴ Jacop, P. (1998). Voir n'est pas toujours voir, La recherche, 309 mai, pp. 62

⁵ Jacop, P., et Jeannerod, M.(1999). Quand voir, c'est faire. Revue Internationale de Philosophie 53 (209) :293-319.

Après ces questionnements, les auteurs parlent des idées des philosophes et des chercheurs actuels en expliquant :

« ...En philosophie, les partisans de l'empirisme logique divisaient le vocabulaire d'une théorie scientifique en un vocabulaire **purement observationnel** et un **vocabulaire théorique** . Pour des philosophes des sciences qui, comme Hanson (1958), Kuhn (1962) et Feyerabend (1962), rejetaient la dichotomie empiriste et souscrivaient à la thèse de l'imprégnation théorique de l'observation", ce qu'une personne voit dépend de ses ressources conceptuelles : **voir, c'est exercer des capacités conceptuelles**. Les psychologues qui, comme Bruner (1957) et Gregory (1970), furent à l'origine de la révolution cognitive et rejetèrent le béhaviorisme, ont surtout étudié les processus perceptuels de haut niveau (par exemple, les illusions visuelles). **Pour eux, voir, c'est accomplir une inférence comparable à une tâche cognitive de résolution de problème¹ ... »**

Ces apports qui ont été produits par **P. Jacop et M. Jeannerod** peuvent nous aider à distinguer la sensation de la perception et à mieux comprendre le sens de l'observation en science, en précisant que voir n'est pas observer ; le verbe « voir » est important pour mieux comprendre le monde. Seul, il est uniquement un de nos sens et aussi une de nos perceptions.

Du fait que « voir » fait partie de l'observation, il est pris soigneusement en compte dans toutes les discussions parce que voir quelque chose sans utiliser nos perçus n'apporte pas de sens. Dans le même article les auteurs s'en expliquent :

« ...**une personne ne peut pas consciemment voir un objet sans voir simultanément plusieurs de ses attributs**. Un sujet conscient ayant des capacités visuelles normales, capable de discriminer, par exemple, les formes et les couleurs, ne peut pas percevoir consciemment ou être visuellement conscient d'un cube rouge s'il n'est pas visuellement conscient que l'objet qu'il perçoit est conjointement un cube et qu'il est rouge. Si le cube qu'il perçoit est rouge, un sujet visuellement conscient de la forme du cube ne peut pas manquer d'être visuellement conscient de la couleur du cube. Il ne peut pas voir consciemment la forme cubique de l'objet sans percevoir consciemment sa couleur rouge. Nous dirons que, dans la conscience visuelle d'un objet, s'opère la coalescence ou, comme le disent les chercheurs en neurosciences, "**le liage**" de **plusieurs attributs visuellement accessibles de l'objet²...** »

Dans les recherches actuelles en didactique des sciences, didacticiens et formateurs parlent beaucoup de l'importance des concepts. Est-ce qu'ils connaissent aussi l'importance des perceptions en science ? Des cognitivistes et des psychologues, se sont intéressés au sujet. Quand on lit leurs articles, ce qui nous frappe en premier c'est qu'il y a d'abord les perceptions et ensuite les conceptions. Par exemple ;

« ...**comme l'indiquent les sciences cognitives, il y a plus d'information dans un percept que dans un concept** : former une croyance ou une représentation conceptuelle sur la base d'une représentation sensorielle, c'est catégoriser l'entrée sensorielle. Et la catégorisation implique l'élimination sélective d'une partie de l'information véhiculée par la représentation sensorielle et donc une diminution corrélative de la phénoménologie de l'expérience¹ »

Maintenant, il nous reste une question à poser : comment peut-on aborder ce sujet en tant que chercheur en didactique?

¹ **Jacop, P.** (1998)

² **Jacop, P.**.(1998)

Je voudrais continuer ce propos en utilisant trois exemples ; ce sont plutôt trois questionnements qui sont toujours en discussion dans le monde de la science et dans notre société.

2.9.1 Premier exemple : « Voir des atomes »

« ...Peut on voir ou toucher des atomes ? La technologie a récemment donné une réponse positive à cette question. Mais que signifie voir un objet atomique ? La réponse est simple : on voit un atome comme un objet macroscopique en détectant la lumière qu'il diffuse. Lorsqu'on regarde un objet macroscopique, nos yeux récoltent en fait les photons d'une source de lumière réfléchiée sur ses différentes faces. L'information transportée par ces photons, traitée par notre cerveau, reconstitue une image de l'objet. Pour voir un atome, nous éclairons de même l'objet par la lumière d'un laser. Excité par le faisceau laser, l'atome diffuse alors des photons dans différentes directions. Ces photons, focalisés à l'aide d'une optique appropriée, sont détectés par des photo-détecteurs sensibles (parfois même directement à l'œil nu). L'atome apparaît ainsi comme une petite tache lumineuse. Le diamètre de cette tache, déterminé par la longueur d'onde de la lumière, est d'à peu près un micron. Ce diamètre est environ dix mille fois plus grand que celui de l'atome. L'observation optique ne nous donne donc pas d'information sur la structure de l'objet atomique, mais seulement sur sa position moyenne. Cela est cependant souvent suffisant pour distinguer des atomes les uns des autres² ... »

2.9.2 Deuxième exemple : « Est-il possible d' « observer sans voir » ? Et la réponse de , J. M. Lévy-Leblond :

« On "observe sans voir", depuis toujours, et pas seulement en science. **La vue n'est que l'un des sens qui nous permettent de connaître le monde** - le principal sans doute, mais les autres comptent aussi. Les techniques (métallurgiques par exemple) en appellent beaucoup au son. La chimie a fait grand cas de l'odeur et de la saveur des corps. La mécanique première repose aussi sur les sensations de poids et de forces etc. Dans la science moderne, beaucoup d'observations sont enregistrées directement par des appareillages électroniques compliqués et traitées électroniquement bien avant toute visualisation. Plus profondément, "voir" n'est jamais une perception neutre, mais toujours une interprétation indirecte, fondée sur une connaissance théorique, explicite ou implicite. C'est pourquoi l'existence des atomes a été tenue pour certaine bien avant qu'on ne les observe individuellement. A l'inverse, c'est cette certitude de leur existence qui a permis de fabriquer les appareils avec lesquels on les "voit" maintenant. »³

¹ Jacop, P. & Jeannerod, M. (1999)

² Changeux J. P. (2003). **La vérité dans les sciences**, Odile Jacob, Janvier 2003, Paris.

³ Jean -Marc Lévy - Leblond, Question-réponse, avril, 2003.

2.9.3 Et dernier exemple : « Ils regardent mais ne voient pas »

« ...En science, il n'existe pas « d'image pour l'image ». Celle-ci est toujours intégrée dans un processus, une théorie, un raisonnement. Monique Sicard, chef de projet au CNRS-Images Média, parle à ce propos du « quatuor indissociable formé par l'outil (ou le processus technique), le référent (l'objet ou le phénomène à observer), l'image et la pensée scientifique ». Les procédés d'imagerie scientifique ne se réduisent pas à quelques appareils destinés à améliorer la vision mais procèdent d'une toute autre démarche. « Une image seule ne peut être efficace, ne veut rien dire, si elle n'est pas accompagnée d'un champ théorique adéquat. D'une certaine manière, elle n'est pas vue », souligne Monique Sicard. Un exemple parmi tant d'autres : au XVIIe siècle, deux savants naturalistes, l'Anglais Robert Hooke et le Hollandais Antoine van Leeuwenhoek, furent les premiers à observer des « cellules végétales » grâce au microscope qu'ils avaient fabriqué. Mais la théorie cellulaire qui révèle que les êtres vivants, animaux ou végétaux sont formés de cellules organisées selon le même principe de base ne sera formulée qu'un siècle plus tard. En quelque sorte, ils ne pouvaient pas comprendre leurs observations. Ils avaient regardé, mais sans voir. »¹

A partir de ces trois exemples et de tant d'autres, on peut constater qu'il y a de grands écarts entre les discours des scientifiques et des enseignants. De nos jours, malgré l'avancement de la communication dans notre société, l'un continue à dire l'impossibilité de voir l'atome dans la classe et dans le même temps, l'autre peut voir facilement l'atome et plus précisément son emplacement.

En ce qui nous concerne, ces trois questionnements ont contribué à bien dégager le cœur de notre problématique autour de l'observation et de son fonctionnement.

Enfin, je terminerai ce propos en parlant de visibilité d'un objet et d'une propriété.

2.10 Visibilité d'un objet et d'une propriété.

L'observation peut, à la rigueur, se concevoir sans hypothèse de départ, par exemple sans le cadre d'une recherche exploratrice. En revanche, un élément indispensable à toute observation, est le concept. **Le concept n'est pas seulement une aide pour percevoir, mais une façon de concevoir**. Il organise la réalité en retenant les caractères particuliers, significatifs de phénomènes. Il exerce un premier tri au milieu du flot d'impressions qui assaille le chercheur.¹

Plus haut, j'ai parlé de l'observabilité d'une qualité d'un objet à partir du sujet. A présent, je vais vous parler un peu de la limite de **la visibilité concrète**. J'ai choisi ce terme « visibilité concrète » pour signifier ce que nous pouvons être capables de voir à l'œil nu. Cette limite se situe entre 10^{-6} et 10^{-7} mètres. Elle dépend aussi de la matière que nous examinons, l'état de la matière, surtout à l'état solide. Jusqu'à cette limite nous pouvons encore parler des choses concrètes même si nous

¹ **L'image scientifique**, (1995). Textes et Documents pour la Classe, n° :699, p. 6-8, CNDP.

utilisons un appareil comme le microscope électronique. Un microscope électronique est un appareil encore optique. De nos jours, les scientifiques parleront plutôt d'appareil macroscopique par rapport aux découvertes dans le monde microscopique.

Mais le sens du monde se déplace de plus en plus vers le niveau de l'échelle de l'atome et même au-delà puisque chaque jour nous découvrons un élément qui se situe au-dessous de l'atome, voire au niveau quantique.

Nous avons besoin de quelques changements dans notre façon de raisonner afin de bien comprendre le monde qui nous entoure. Tout d'abord la terminologie : le sens du monde microscopique et macroscopique. A la place de ces termes, je préfère utiliser **le monde visible** puis **le monde invisible**, **le monde sensible** (le monde concret) et **le monde insensible** (le monde abstrait). Si je fais cette catégorisation là, certaines choses deviennent plus compréhensibles. Pourquoi ? Parce que la science actuelle avance avec l'observation et l'expérience. Auparavant la science n'avancait que par l'observation dans le sens de « voir » alors que de nos jours, plus exactement depuis plus d'un siècle, elle avance à la fois avec l'observation au sens de « percevoir » et l'expérience. A part cela, il y avait toujours **la conceptualisation** et **l'abstraction** pour interpréter le monde dans lequel nous vivons. J'utilise ce terme en sachant que **toutes les activités des sciences sont une interprétation du monde** ; le monde change selon celui qui l'interprète : les interprétations des savants, des publics, des étudiants sont toutes différentes pour plusieurs raisons : en raison de leurs connaissances, de leurs raisonnements, de leurs interactions, de leurs cultures etc. Ce qui est plus logique, c'est l'interprétation ouverte et explicative, c'est-à-dire des interprétations qui trouvent des solutions **logiques** (celles qui sont intelligibles) et **procédurales**, celles qui nous mènent aux solutions réalistes des problématiques actuelles.

Enfin, je récapitule mon propos en expliquant les termes que j'ai utilisé ci dessus :

Le monde visible : le monde que nous pouvons voir à l'œil, en incluant le microscope électronique, à savoir toute l'observation optique. Ce n'est pas l'œil nu, c'est l'œil « appareillé ».

Le monde invisible : le monde que nous ne pouvons pas voir à l'œil nu. Tout est perceptible, mais évidemment, la limite du monde invisible est la perception des êtres humains et la perception des appareils, qui ont été faits par des êtres humains.

Le monde sensible : le monde que nous pouvons comprendre avec nos perceptions.

Le monde insensible : le monde dont nous nous rendons compte de l'existence grâce aux théories, mais qui est imperceptible.

De plus en plus le monde invisible devient visible et le monde insensible devient lui aussi sensible **mais** il y a toujours **une distance plus ou moins précise**. C'est cette distance qui est le cœur de **la problématique**. Si nous n'arrivons pas à voir, nous n'arrivons pas à comprendre ; si nous n'arrivons pas à percevoir, nous n'arrivons pas non plus à concevoir l'existence. Et si nous

¹ **Grawitz, M.**, (1986). Méthodes des sciences sociales, Dalloz, Paris.

n'arrivons pas à saisir l'existence, cette fois les choses deviennent abstraites. De temps en temps, avec l'abstraction nous trouvons des solutions à nos problèmes mais ce n'est pas toujours facile.

Je résume ce début de chapitre en expliquant encore une fois l'importance de *l'observation* et de *l'expérience* en science et en éducation. En fait les deux sont inséparables théoriquement mais pas en pratique. *Percevoir* les objets qui nous entourent à chaque instant est une activité indispensable pour la science et pour son avancement. Percevoir, comme je l'ai noté, mais auparavant **entraîner toutes les capacités intellectuelles** qui ont été construites avec nos propres expériences, nos observations, notre enseignement et notre environnement. On peut facilement constater que le couple "*perception-observation*" fonctionne simultanément en faisant des aller-retours de l'un à l'autre. C'est avec l'observation que l'on perçoit les objets mais aussi c'est avec les perçus qui ont été structurés par notre intelligence que l'on peut faire une observation. L'un dépend toujours de l'autre.

Evidemment, chaque fois que l'on prend comme sujet "l'observation", ce sujet peut être traité de plusieurs façons. Une des optiques de ce travail est de savoir questionner un concept ou un sujet et de le rendre utile et compréhensible pour les individus qui font partie de notre société.

Pour terminer, *voir* et *observer*, étant utilisés dans toutes les activités quotidiennes et scientifiques, sont en train de faire évoluer l'avancement des sciences au sens épistémologique. Pour notre conclusion : **observer** n'est pas **voir**, et enfin, voir n'est pas toujours percevoir, ce n'est que l'action de l'un des nos sens qui peut aider à percevoir.

2.11 La représentation du monde microscopique aujourd'hui

Le mot micro qui vient *du grec*¹, depuis l'antiquité, représente **le petit**. Son sens est aujourd'hui multiple et porte les traces de l'histoire des sciences. Dans nos sciences, il y a beaucoup de mots qui comportent un préfixe micro, comme microscope, micro-monde, micrométrie, microbe, micrographie, microphone, micro-ordinateur. Chaque fois que nous ajoutons un autre mot à côté du mot *micro*, il représente quelque chose de différent et en même temps une histoire. Comme nous n'avons pas conçu toutes les sciences en une journée, chaque mot a un sens, sa propre histoire polysémique.

Prenons par exemple le microscope, l'une des grandes révolutions des sciences : personne ne sait vraiment qui l'a inventé et aucune théorie n'est compatible avec son invention. Cette dernière est une grande révolution pour la science et permet au terme « micro » de retrouver le sens qui lui avait été conféré à l'antiquité.

Après le préfixe « micro », considérons le préfixe « *macro* », du grec **grand**. Ce mot n'est pas tout à fait le contraire de celui de micro, mais a plutôt un sens complémentaire. Les représentations de

nos ancêtres étaient assez simples et claires pour expliquer le monde où ils vivaient. Il y a deux mondes qui ont existés, la micro, *petit* et le macro, *grand*. Par contre aujourd'hui, même nous en tant que scientifiques et chercheurs, nous ne savons pas exactement à quel monde nous appartenons, au monde macroscopique, microscopique, mésoscopique ou bien au-delà. Ce n'est pas trop surprenant, parce que nous utilisons en même temps les divers termes afin d'expliquer les différents aspects des objets.

Dans l'histoire des sciences et de la pensée, la grande question posée était de « *savoir plus qu'on ne voit et voir réellement et virtuellement au-delà du visible quotidien, c'est la difficulté* »² Les philosophes pensaient qu'il y a quelque chose de beaucoup plus petit par rapport à ce qui existe. D'abord, les atomistes de l'antiquité ont cherché à découvrir la nature de l'invisible dissimulé derrière l'apparence de choses. Plus tard, leurs successeurs ont continué à chercher des réponses à cette curieuse question : qu'y a-t-il qui ne soit pas perceptible et qui ne soit pas accessible, et pourquoi ne sommes-nous pas conscients de ce monde, même s'il est rationnellement assez proche de nous.

...Le télescope, le microscope ne furent pas des produits de la théorie optique, mais seulement leurs enfants adoptifs ; ils ne furent pas suscités par les besoins de l'astronomie ou de l'histoire naturelle, mais l'on découvrit *a posteriori* qu'ils pouvaient y répondre...

...**Hooke** fut le premier homme à observer une cellule végétale, **Leeuwenhoek** un animal unicellulaire, pourtant l'un et l'autre ne sont nullement considérés par les historiens de la biologie comme des fondateurs, ni même des « précurseurs » de la théorie cellulaire. Les télescopes et les microscopes reculèrent les bornes de la visibilité au XVII^e siècle, mais, pour autant, ils n'aiderent pas forcément à mieux en penser les contenus.

...La signification des télescopes et microscopes comme instrument d'observation de la nature, autrement dit, elles se placent d'emblée dans le monde visible créé par les instruments : une nature visible dont on sait d'avance qu'elle recèle des objets non-vus, inconnus ; Une vision dont on sait la faiblesse ou l'insuffisance et qu'on entend « perfectionner » rationnellement...³

La transformation du visible est associée à l'usage des instruments d'optique : il convenait d'aborder la question dans sa dualité et de considérer conjointement le rôle des télescopes et celui des microscopes, l'extension des dimensions du monde dans le lointain comme dans le proche. Nous sommes conscients que cette présence simultanée n'est pas sans poser des problèmes, tant d'organisation que de contenu. Les deux instruments au XVII^e siècle sont encore sans doute intimement liés : ils partagent vraisemblablement une origine commune, également obscure, possédant une quasi identité optique qui fait que l'un est l'inversion ou la variance de l'autre, enfin ce sont très souvent les mêmes hommes qui au XVII^e siècle les deux sortes de lunettes (ce n'est pas que plus tard, à l'époque de Leeuwenhoek, que des figures de purs microscopistes apparaissent.) Cela étant, il existe une certaine dissymétrie entre les deux instruments, dans leur

¹ Dictionnaire étymologique et historique. Librairie Larousse, 1971.

² Hamou, P. (1999). La mutation du visible : : essai sur la portée épistémologique des instruments d'optique au XVII^e siècle. . Volume I , Du Sidereus Nuncius de Galilée à la Dioptrique cartésienne. P. 13-14

³ Hamou, P. (2001).La mutation du visible : : essai sur la portée épistémologique des instruments d'optique au XVII^e siècle. Volume 2 , Microscopes et télescopes en Angleterre de Bacon à Hooke. P.16-18

histoire, comme dans la fonction épistémologique ou philosophique qui fut la leur dans les premiers temps.

La science moderne de la nature décrit des objets qui n'appartiennent pas plus nécessairement à un registre de visibilité : ce sont des êtres théoriques ou hypothétiques, des rapports, des constants, des objets idéaux. **Le changement de « vision du monde » implique un changement de paradigme**¹. L'instrument chez Galilée ne transforme pas la vision mais seulement le visible, parce que la vision doit rester un bien commun, un (bon) sens universellement partagé. De même, la révélation télescopique ne change pas fondamentalement l'idée traditionnelle de la science.

2.12 Microscope et épistémologie

La révolution qui consiste, à la fin du XVI^e siècle, à regarder « à la loupe » non plus directement un objet, mais son image agrandie est à l'origine de la microscopie. L'étymologie (du grec *mikros*, petit, et *skopein*, examiner) renvoie à l'examen d'objets ou de détails d'objets à peine perceptibles ou invisibles à l'œil nu. La microscopie s'est ensuite progressivement imposée comme une technique d'observation indispensable pour accéder aux propriétés de la matière, inanimée ou vivante. En introduisant de nouveaux modes d'observation et grâce à une perception de plus en plus fine, jusqu'à l'échelle atomique, **la microscopie a ainsi bouleversé notre culture scientifique.**¹

2.12.1 Image ou imagerie

Une question se pose depuis quelques siècles. Quand nous dépassons la limite de notre vision, l'acte de « voir » devient imprécis, alors comment se représente-il ?, il n'y a pas de réponse facile. En effet, les techniques imaginaires que nous utilisons de nos jours, se nourrissent de plusieurs sources. Ce n'est pas seulement dû à l'effet optique, mais aussi à tous types d'ondes et des particules sous-atomique. Nous savons que l'appareil microscope est basé sur l'optique. L'image qui provient du microscope optique nous est accessible à travers l'effet optique, ainsi que la diffraction des ondes électromagnétiques.

En revanche, les fonctionnements des autres microscopes (microscope acoustique, microscope électronique, microscope à effet tunnel, etc.), sont différents par rapport au microscope optique. Dans tous les cas, nous obtenons des images à partir des objets (des spécimens) que nous examinons. Mais, toutes les images que nous obtenons, ont-elles les mêmes caractéristique ?

A vrai dire, tout dépend toujours des particules qui interagissent. Si ces particules sont des photons (les ondes électromagnétiques), les images sont dues à l'effet optique (interaction « photon-matière »), si celles-ci sont des électrons, cette fois, les images sont dues à l'effet électronique,

¹ Kuhn T. (1974) p.140

(interaction, « électron - matière »), nous pouvons continuer à donner ces types d'exemples. Il y a toujours une interaction entre les particules en cause ou des radiations et la matière (le spécimen). Celle-ci est incontournable pour voir l'image ou l'imagerie. C'est bien la question : ce qui se voit, est-ce **l'image** ou **l'imagerie** ?

La réponse du sens commun serait peut-être que, quoi que nous voyions avec un appareil adéquat, c'est une image comme les autres, comme celles que nous pouvons voir avec nos yeux nus. Par contre, celle des scientifiques, me semble -t-il, consiste à parler d'imagerie. Lesquelles sont scientifiques ? A l'époque de Newton, Galilée, les images sans aucun doute sont plus scientifiques qu'aujourd'hui, en revanche, de nos jours, les imageries sont plus scientifiques qu'hier, car celles-ci nous servent plus qu'hier.

2.12.2 Est-ce qu'on voit avec le microscope ?²

Le plus ancien microscope et le plus familier est le microscope optique. C'est seulement en 1873, deux cents ans après son invention que le fonctionnement optique exact dû à la diffraction de la lumière, a été conçu par **Ernest Abbe**. Nous savons depuis Abbe que l'image d'un objet ayant été produite par le microscope optique, est un fait de synthèse de Fourier : l'image est due à la transmission et à la diffractions des rayons de lumière. Mais le microscope optique est seulement le premier élément de fonction de cette longue série de Fourier (ainsi, c'est seulement l'effet de diffraction qui est pris en compte). **Hacking** souligne que le calcul d'« Abbe » sur le fonctionnement du microscope optique montre qu'en vue de percevoir la structure d'un spécimen, il n'est pas nécessaire d'explorer la structure normale de la vision. En vision normale, la propriété des ondes qui ont interféré avec la matière (le spécimen) et les informations qui proviennent d'un objet sont différentes de celles du microscope optique.

« Par sa nature, le rayonnement détermine l'interaction avec l'objet. On distingue en particulier les objets d'amplitude et les objets de phase selon la caractéristique de l'interaction rayonnement-matière mise en jeu. L'interprétation de l'image fait donc appel à une connaissance précise des interactions rayonnement-matière.

La classification des microscopes traditionnels repose sur la nature du rayonnement. On distingue la *microscopie optique (ou photonique)*, qui utilise les radiations électromagnétiques du spectre visible ou encore les radiations infrarouges ou ultraviolettes proches du visible et même des rayons X, de la *microscopie électronique*, qui, elle, utilise les propriétés ondulatoires de faisceaux d'électrons accélérés auxquels peuvent être associées une courte longueur d'onde ; elle atteint ainsi des résolutions bien meilleures que la microscopie optique³. »

Dans le cas du *microscope acoustique*, ce n'est pas l'onde lumineuse qui est en cause, mais l'onde sonore qui est en interaction avec le spécimen. Le principe de base est assez simple : le signal électrique est converti en des signaux acoustiques (ondes ultrasons), ces signaux acoustiques après

¹ Microscopie, (2002). Encyclopædia Universalis France S.A.

² Pacherie, E., (1995). **Do we see with microscopes?** The monist, vol, 78, 2: 171-188.

³ Microscopie, (2002). Encyclopædia Universalis France S.A.

avoir fait des interactions avec le spécimen, sont reconvertis en des signaux électriques. Ensuite, ces signaux électriques sont convertis en images, par exemple, sur la télévision. L'avantage des ondes sonores, est de pouvoir passer sur les objets qui ont une structure complètement opaque, en plus, ils sont importants en biologie, car, cette émission sonore courte ne crée pas de dommage immédiat pour des cellules d'êtres vivants et donne aux biologistes une grande piste de travail.

Ces exemples constituent une base concrète pour la discussion et pour savoir si l'on voit avec les microscopes. Il y a un certain nombre de différence entre la vision normale avec l'œil nu et les images produites à partir des différents types de microscopes. Ces différences peuvent être dues à :

- **la propriété de la lumière** qui joue un rôle dans la production de l'image,
- **la nature de l'interaction** entre la lumière et le spécimen,
- **le type d'information** que l'image donne du spécimen.

Si nous revenons à notre question « est-ce qu'on voit avec le microscope ? », **S. G. Gage** dans le livre « *The Microscope* » disait qu'on ne voit pas avec un microscope, parce que les images du microscope dépendent de la loi de diffraction. Par conséquent, par rapport à ce point de vue, les images peuvent être vues seulement si celles-ci sont produites en accord avec les lois de réflexion et de diffraction. C'est le cas de la vision normale.

Une définition récente et intéressante d'une image a été donnée par **E. M. Slayter**, dans le livre « *Optical Methods in Biology* ». Slayter définit l'image comme une carte d'interaction entre le spécimen et la radiation ayant produit cette image. Elle considère que c'est acceptable de dire que l'on voit avec un microscope à condition que les interactions physiques entre la lumière et le spécimen soient identiques avec les interactions que nous faisons grâce à la vision normale.

Contrairement à cette définition, une autre définition ayant été proposée par **Hacking** nous permet de dire que nous voyons aussi avec le microscope acoustique. La proposition de Hacking dit que nous voyons avec un microscope si l'image du microscope est directe à partir d'une interaction entre une source d'onde et un spécimen, et que cette image apporte des informations sur la structure et la configuration spatiale, bidimensionnel ou tridimensionnel du spécimen. Pour le microscope acoustique, dans ce processus, le type de radiation utilisé n'est pas visible (comme les rayons U.V. ou X) à moins que le microscope ne possède certains moyen pour convertir les images au visible. C'est ainsi que la vision microscopique requiert l'usage de certaines techniques.

Les trois types de l'acte de « voir », ayant été proposé par **S. G. Gage, E. M. Slayter et Hacking**, résument les caractéristiques majeures de la vision avec le microscope, ainsi que certains types d'interactions entre l'objet (stimulus distal), l'image (stimulus proximal), et la propriété physique de la radiation qui sont médiates entre eux.

Examiner l'exemple du microscope met en place que l'acte de « voir » avec un appareil apporte des problèmes épistémologiques sur la vision. Est-ce que la vision normale est une référence pour d'autres types de l'acte de « voir » ? Ou bien n'est-elle qu'une des façons de percevoir le monde ? Afin de franchir cette difficulté, nous devons donner quelques définitions de la perception et de la vision. Du fait que ce que nous voyons avec le microscope ne comporte pas les mêmes caractéristiques que ce que nous voyons avec la vision normale, nous devons le formuler différemment. Les images du microscope nous permettent de percevoir les objets invisibles et imperceptibles en fonction du langage de la vision, mais ces images ne sont pas les mêmes que nous voyons à l'œil nu. Ce dont nous avons parlé jusqu'à présent, c'est la caractéristique de l'imagerie. En tant que moyen médiat et indirect de la vision, l'imagerie agrandit le champ du visible ou de la perception.

Une chose est sûre c'est que nous ne pouvons pas accéder à tous les objets minuscules et grands avec notre propre vision. Plus l'objet est loin, plus l'accessibilité aux objets est résistante. Nous ne pouvons pas non plus accéder aux objets avec les mêmes types de moyen, pour les petits et pour les grands. Par conséquent, percevoir ou voir quelque chose, nous oblige des passages différents : soit le changement des appareils, soit le changement des sources de radiations, soit le changement de notre perceptif sur l'interprétation de ce que nous analysons à partir d'une image ou d'une imagerie.

2.13 Visible et visualisé

Il faut bien distinguer le visible et le visualisé à l'aide d'un appareil complexe qui fonctionne avec certaines théories scientifiques. En aucun cas, le visible et le visualisé ne peuvent être considérés comme quelque chose d'identique, les deux représentent une certaine partie de la réalité des objets, mais il faut plutôt les considérer comme deux sources complémentaires qui proviennent des propriétés des objets.

En élargissant un peu la perspective de notre sujet, on peut rencontrer une autre dimension du visible et du visualisé. Plus on descend vers le monde microscopique, plus les propriétés des objets commencent à changer. On peut dire qu'il y a certains points sur les échelles où l'objet auquel nous nous intéressons perdra certaines propriétés et en gagnera d'autres, ce sont des points de passage d'un niveau à l'autre.

Ce n'est qu'à condition de la présence des propriétés de réflexion, réfraction et absorption qu'il est possible de parler de couleurs. Ces dernières ne sont pas celles dont nous avons parlées en macroscopique - perception habituelle- dans la mesure où elles ne sont pas visibles à l'œil nu. Cependant, ces couleurs, de même que la couleur visualisée, sont perceptibles à l'aide de certains appareils optiques.

DIFFERENTES IMAGES VISUALISEES DU SOLEIL

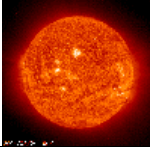
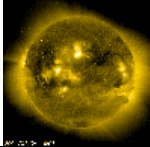
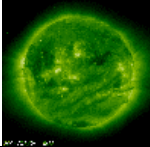
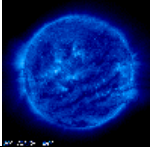
			
<p>Cette image du soleil a été prise par le télescope d'imagerie dans l'extrême ultraviolet (EIT) à bord du satellite SOHO, en orbite autour du soleil depuis 1995. A la longueur d'onde de 304 Angstroms, on voit les couches externes du Soleil à la température de 60000 à 80000 degrés. Les zones les plus chaudes sont presque blanches. Les protubérances dues au champ magnétiques sont visibles.</p>	<p>Cette photo, en fausse couleur, a été prise par le télescope d'imagerie en extrême ultraviolet (EIT) du satellite SOHO (Observatoire héliosphérique et solaire). Elle correspond à l'émission du Soleil à la longueur d'onde de 284 Angstroms, soit à une température de 2 millions de degrés. On voit donc la haute atmosphère du Soleil et en particulier le phénomène des trous coronaux, zones les plus lumineuses de l'image.</p>	<p>Cette image est prise dans l'extrême ultraviolet à la longueur d'onde de 195 Angstroms qui correspond à la matière à la température d'environ 1,5 millions de degrés, température de la haute atmosphère du Soleil. Le vert est une fausse couleur. Le télescope d'imagerie dans l'extrême ultraviolet (EIT) à bord du satellite SOHO, en orbite autour du soleil depuis 1995 permet d'obtenir ces images qui permettent de définir plus facilement les caractéristiques magnétiques du Soleil</p>	<p>Cette image du soleil a été prise par le télescope d'imagerie dans l'extrême ultraviolet (EIT) à bord du satellite SOHO, en orbite autour du soleil depuis 1995. Regarder à cette longueur d'onde de 171 Angstroms(cette couleur) correspond à voir une couche externe du soleil où la température est de 1,3 millions de degrés. On voit donc ici la zone de la couronne solaire. Plus le bleu est clair, plus la température est haute. Les phénomènes observés sont liés au champ magnétique du soleil: éruptions solaires, taches solaires, éjection de matière</p>

Figure : 2.1 :Voir :Exposition :Le CEA, partenaire de l'exposition "**Soleil, mythes et réalité**", à la Cité des sciences et de l'industrie du 30 mars 2004 au 30 janvier 2005, à Paris. Cette exposition destinée à expliquer les mécanismes de fonctionnement du soleil et à montrer la façon dont il est perçu par l'homme, a été conçue par la Cité des sciences et de l'industrie en association avec le CEA. http://www.cea.fr/fr/actualites/page_soleil.asp

A partir d'une limite, la quantité de matière ne permet plus de faire des interactions avec la lumière. Dans ce cas, on ne peut plus parler de la propriété « la couleur de la matière ». Ce qui est essentiel dans ce contexte, c'est de trouver des points de passage, à quel moment, à quelle quantité et à partir de quelle limite, certaines propriétés de la matière ne fonctionnent plus, et certaines apparaissent. La question essentielle que nous allons nous poser à présent doit être plutôt (du macroscopique au microscopique ou vice versa, du discret au continu):

-Comment peut-on distinguer les phénomènes des particules, (parce que les propriétés du tout sont différentes des propriétés des parties).

-Comment, à quel moment, à quelle échelle, peut-on apercevoir des limites de la structure continue et discrète (discontinue) de la matière? Ou des particules? Par exemple, les propriétés d'une molécule et d'un atome ou des particules sous-atomiques, peuvent être examinées sous la catégorie du discret, alors que les groupes des atomes et des molécules peuvent être étudiés sous la catégorie du continu. Ce point est très important, on pourrait dire aussi qu'il s'agit de la limite de la physique classique et de la physique quantique. Laquelle est la plus correcte? Cela dépend toujours de la

qualité des ensembles. A partir d'un moment, l'ensemble se dissocie et perd certaines qualités, au bout d'un moment, un autre ensemble apparaît et commence à avoir des propriétés discontinues, c'est à ce moment que la physique quantique commence à expliquer les comportements de la matière ou des particules. Enfin, pour préciser notre sujet, on peut terminer en disant que la physique classique est valable du macro vers le micro jusqu'à un moment précis, alors que la physique quantique est valable du micro au macro, du discret au continu.

Je récapitule mon propos avec la figure 2.2 relative à la « résolution et limite de la vision »¹

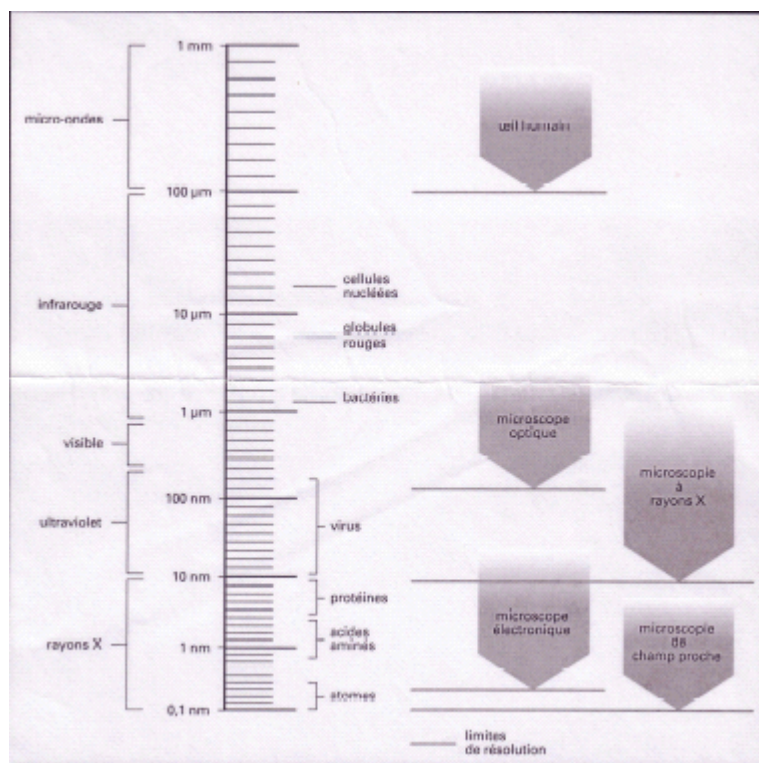


Figure 2.2 : la résolution et la limite de la vision

2.14 Diagnostic d'une nouvelle échelle en vue de mieux connaître notre regard sur le monde

Afin d'élargir notre vision du monde, nous avons besoin de bien définir notre échelle et de mettre en place son importance, surtout la transmission des qualités au sujet à partir d'un objet. Cette démarche va permettre de mettre en évidence la dimension didactique de notre préoccupation. Une fois que nous mettons en place le cadre de notre vision sur les objets qui nous entourent, le fait de percevoir des qualités qui proviennent d'un objet sera intelligible, manipulable. Pour cela, il faut d'abord bien diagnostiquer les échelles que nous utilisons tous les jours implicitement et explicitement. Ensuite, faire des définitions selon nos besoins pour bien connaître notre monde et pour bien connaître la limite de nos perceptions. Selon ma perception du monde, je vais les grouper ci-dessous sous trois groupes ;

¹ © 2002 Encyclopædia Universalis France S.A. Tous droits de propriété intellectuelle et industrielle réservés

- **Le monde visible (visibilité concrète) :** ce qui est visible pour nos propres yeux et avec l'aide des appareils qui donnent des images réelles. Il y a deux types d'interaction, l'objet sujet (les yeux), et l'objet appareil sujet (transfert des données).
- **Le monde perceptible (non-visible, perceptible) :** ce qui est perceptible seulement pour les appareils qui donnent des images imaginées et des données perceptibles en provenant des interactions objet - appareil.
- **Le monde représentatif (non- visible, non- perceptible) :** ce qui n'est perceptible ni avec les yeux ni avec les appareils sophistiqués, le monde qui n'est représentable que par des théories adéquates. Le monde hypothétique.

Les catégories que nous avons mentionnées ci-dessus ont pour but de représenter les deux mondes (micro et macro) dans un monde relié avec des passages. Mais les passages entre les deux niveaux ne sont pas totalement identifiés. Ces endroits peuvent se dilater dans les deux sens en fonction de l'augmentation de nos connaissances et de l'élargissement de notre vision du monde. Mais dans tous les cas, il y a deux ouvertures non-hypothétiques des deux cotés du spectre qui représentent notre échelle, soit la limite du monde micro, soit la limite du monde macro.

Le passage du niveau microscopique au niveau macroscopique permet de montrer des « principes de pontage » (bridge principles)¹ qui lient les éléments caractéristiques d'un niveau à l'autre. Connaître les caractéristiques des niveaux nécessite de connaître nos outils de la perception du monde, de leurs spécificités et de leurs limites. Parallèlement, il faut bien connaître les théories adéquates avec les perceptions que nous pouvons avoir à l'aide des appareils. Si nous rendons compte de ces deux dimensions, il me semble que l'ampleur de l'interprétation des phénomènes et des données aura augmentée.

Dans notre travail, notre but est de considérer conjointement autant le monde microscopique que le monde macroscopique. Pourquoi ? Parce que, lorsque nous analysons notre monde soit micro, soit macro, nous pouvons constater en même temps deux niveaux de choses et deux fonctionnements identiques, ainsi que les entités visibles et invisibles, perceptibles, non-perceptibles, représentatives et non- représentatives etc.

Dumant et Laguier² expliquent que

« Un des premiers objectifs de l'éducation scientifique avec les jeunes enfants (même avec les adultes) va être de leur apprendre à changer de point de vue, à regarder autrement les phénomènes et les objets qui les entourent, pour y apercevoir autre chose. Cette capacité à adopter des points de vue différents, se traduit dans le curriculum par la construction progressive de grilles de lectures disciplinaires des phénomènes ».

¹ Lijnse, P. L., Licht, P. L., Vos, W. de, Waarlo, A. J. (1990). Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary science education. Utrecht, CD-β Press.

² **Laguier, A., Dumon, A.**, (1998). Enseigner les sciences physiques avec de jeunes élèves : quelle épistémologie pour quelle démarche ?, Documentation pédagogique, la main à la pâte, INRP (in ligne). www.inrp.fr/lamap.

En référence à ce que nous avons mis en place ci-dessus. Une grille de lecture pour bien lire notre monde va permettre d'identifier les composantes de cette entité. Plus le monde nous est accessible, mieux nous le comprenons.

Apprendre à voir autrement !

C'est peut-être le même que celui que nous avons évoqué plus haut. L'existence du monde en trois dimensions, c'est une autre façon de voir le monde, tels que le monde perçu, le monde pensé et le monde réel. Toutes nos préoccupations, celles des chercheurs, celles des enseignants, et celles des élèves sont en effet identiques. Il s'agit de circuler dans ce cercle. Mais chacun a sa propre représentation du monde, chacun a son propre regard.

Quelle représentation est correcte ? Celle de l'enfant, celle de l'enseignant ou bien celle du chercheur ? Non ! La mienne ! Oui, tout le monde est proche de ce type de raisonnement. Alors que peut-on faire ?

Les deux propositions suivantes explicitent parfaitement notre parcours. A présent, il y a une question à poser « comment peut-on les faire » ?

« Favoriser le questionnement libre, développer l'aptitude à voir autre chose que ce que l'on a l'habitude de voir ».

« Apprendre à changer son regard, à voir autrement »¹

2.15 Non-observables

Je termine ce chapitre par un autre point de vue sur l'observabilité qui est compatible avec ma perception du monde ...« *Ce qui est observable aujourd'hui par des inférences (déduction), peut être l'observation directe de demain* »..., disaient **Agazzi et Pauri**², cette phrase donne une idée sur la possibilité de la vision des entités invisibles. Ils continuent à expliquer le sens de l'observation dans la réalité physique en énumérant les catégories suivantes :

- a. **Observabilité directe, au sens physiologique du terme** : c'est l'observabilité de ce que l'on peut observer sans l'aide d'aucun autre instrument que nos « instruments naturels d'observation » (yeux...)
- b. **Observabilité directe, au sens non- physiologique** : c'est l'observabilité liée à l'utilisation d'un instrument (microscope, télescope...), qui ne nécessite pas une déduction théorique préalable.

¹ Cité par [Laguir et Dumon (1998)]

² Agazzai, E., Pauri, M., (eds.), (2000). **The reality of the unobservable**, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, p. 177-190.

- c. **Observabilité par déduction** : c'est l'observabilité liée à une théorie qui nous permet de déduire l'observabilité des causes de l'observabilité de leurs effets ; c'est ce qui se passe pour les particules élémentaires que l'on « observe » par déduction de l'observation de leurs traces dans une chambre à bulles.
- d. **Non-observabilité technologique** : à un moment donné, des objets peuvent être non-observables parce que, le niveau technologique nécessaire à la construction des appareils adéquats n'est pas atteint ou parce qu'on ne souhaite pas les construire ; dans ce cas-là, on peut parler d'une « observabilité par déduction hypothétique ».
- e. **Non-observabilité intrinsèque, ou non-observabilité théorique** : certaines objets construits par les théories sont de nature à ne pas pouvoir être vérifiés par l'expérience ; c'est par exemple le cas de *l'éther de Lorentz* (1909) ; on ne peut même pas parler ici de non-observabilité hypothétique.

CHAPITRE III

OUTILS COGNITIFS, FORMATION DES CONCEPTS, CONCEPTUALISATION ET SCIENCE COGNITIVE

3.0 Introduction

Dans ce chapitre, notre préoccupation portera sur les concepts des sciences actuelles. D'une part nous voulons mieux faire connaître leur place dans les savoirs scientifiques, leur intégration avec les autres éléments des savoirs scientifiques, c'est-à-dire proposer une analyse du contenu conceptuel des savoirs scientifiques ; d'autre part, nous voulons tenter de comprendre le processus de la conceptualisation avec des concepts et d'autres outils cognitifs, comme les images mentales et les sémiotiques. Nous savons que le fonctionnement de nos processus de conceptualisation et de représentation d'un objet, d'un phénomène ou des qualités des objets varient selon les structures intellectuelles des individus et selon leurs outils de perception. Notre but est de trouver des points communs au cours de la perception, de la conceptualisation et des acquisitions, ceci nous permettrait de mieux choisir les outils éducatifs pour l'apprentissage des savoirs scientifiques et de rapprocher les individus du cœur des activités scientifiques. Evidemment ces approches sont possibles à condition de mieux connaître le fonctionnement cognitif des sujets ; d'une part cela peut nous paraître comme quelque chose d'impossible, d'autre part, le développement des sciences cognitives (notamment la psychologie cognitive) démontre que nous pouvons connaître de plus en plus certaines caractéristiques des sujets en faisant des expériences sur les structures cognitives des individus, mais il ne faut pas oublier que la structure intellectuelle des sujets est multidimensionnelle, complexe et dynamique.

Une autre dimension est l'intégration des étapes du processus de la conceptualisation, à partir de nos perceptions jusqu'aux réseaux cognitifs. Ceci nécessite trois types d'expériences permanentes, complémentaires, transitives de l'une à l'autre, que nous appellerons les expériences sensorielles, perceptives et cognitives.

Produire un sens et construire un sens sont indispensables pour les activités sensorielles, perceptives et cognitives au cours de la construction des savoirs scientifiques. La question du sens est plutôt un questionnement méta-cognitifs, c'est une réponse qui donne des interrelations par rapport aux points d'interaction au cours du processus de la conceptualisation. Une fois que nous sommes conscients de ce que nous sommes en train de faire, nous pouvons mieux organiser nos connaissances et leurs interrelations, autrement dit, nous pouvons mieux construire le réseau de la communication cognitive .

3.1 Terminologie pour la modélisation cognitive :

Afin de saisir ce qui se passe dans la structure cognitive d'un sujet, nous avons besoin de comprendre un peu plus le processus cognitif du sujet et de connaître le langage de celui-ci. Avant de faire une modélisation cognitive, il nous faut avoir une connaissance de la terminologie. Voici quelques définitions ayant été empruntées à l'«*Encyclopædia Universalis*». Celles-ci représentent les tendances d'un langage d'aujourd'hui.

3.1.1 Objet

Objet s'entend en terminologie pour la détermination de toute unité du réel : produit, constituant, flux de particules, etc. Le terme **objet** est de ce fait entendu au sens large et peut désigner une chose, une entité, un phénomène. **La définition de l'objet**, admise au niveau international pour la terminologie, est la suivante : « **Tout ce qui peut être perçu ou conçu** » (I.S.O. 1087, 2001)¹.

3.1.2 Concept et percept

« **Conçu** » renvoie à concevoir, conception, concept. On peut être au stade de la conception sans avoir encore entièrement fixé le concept sur lequel on travaille (par exemple dans la réalisation d'un nouveau produit). « **Perçu** » renvoie à percevoir, perception, percept. L'articulation du *perçu* au *conçu* est importante. Elle permet notamment d'expliquer pourquoi des langues ne nomment pas certains objets du réel, qui sont néanmoins perçus : le *percept* peut être là, mais non la désignation qui renvoie à l'objet perçu. Par exemple, il n'y a pas de mot usuel en français pour désigner la partie du bras qui succède à l'avant-bras, située entre le coude et l'épaule. Cette approche est utile à l'analyse de la manière dont les langues décrivent le réel. Elle permet aussi de décider du degré d'équivalence des termes d'une langue à l'autre. Elle est aussi riche de perspectives, plusieurs théories (G. Lakoff, A. Wierzbicka, notamment) se développant autour de la perception et de la conceptualisation du réel par les langues, d'un point de vue aussi bien épistémologique qu'anthropologique. **Concept et percept vont de pair**. C'est une des raisons pour lesquelles le terme *notion* a été abandonné au profit de *concept* dans les normes récentes de méthodologie de la terminologie (I.S.O., 2000, 2001). De plus, *concept* fait le lien avec la tradition de la logique et avec la pratique des scientifiques et techniciens, créateurs et manieurs de concepts.²

3.2 Outils mentaux (concepts, images et sémiotiques...) pour les activités cognitives

3.2.1 le concept

Si nous commençons avec un questionnement dans un monde complexe, notre parcours sera, me semble-t-il, plus significatif et plus explicite. Au début de ce long parcours, notre première réflexion consiste tout d'abord à nous orienter vers le dictionnaire de la philosophie occidentale :

¹ © 2002 Encyclopædia Universalis France S.A. Tous droits de propriété intellectuelle et industrielle réservés

² idem 1.

qu'est-ce que c'est un concept ? Un concept, au sens philosophique général est une « *unité minimale de la représentation intellectuelle (on dit aussi, dans la langue classique, idée), sur laquelle porte l'opération de jugement*¹ ». Au début de cette étude, je me suis référé à philosophie, me suis posé une autre question : qu'est-ce que la philosophie ? J'ai compris que le sens du concept est caché dans l'étude de la philosophie.

« ...L'heure est venue pour nous de demander ce que c'est la philosophie. Et nous n'avions pas cessé de le faire précédemment, et nous avons déjà la réponse qui n'a pas varié : la philosophie est l'art de former, d'inventer, de fabriquer des concepts. Mais il ne fallait pas seulement que la réponse recueille la question, il fallait aussi qu'elle détermine une heure, une occasion, des circonstances, des paysages et des personnages, des conditions et des inconnues de la question²... »

Avant de traiter ce sujet délicat, il faut tout d'abord bien définir la piste à choisir. Après avoir défini notre cadre, nous pouvons nous référer aux disciplines auxquelles nous nous intéressons. Notre boussole, pour ce type de recherche, montre la voie de la philosophie. Comme **Deleuze, Guattari**, l'ont dit, la création d'un concept est du à la philosophie.

« ...La philosophie n'est pas un simple art de former, d'inventer ou de fabriquer des concepts, car les concepts ne sont pas nécessairement des formes, des trouvailles ou des produits. La philosophie, plus rigoureusement, est la discipline qui consiste à créer des concepts"... »³

Après avoir bien choisi la discipline à laquelle nous nous intéressons, nous pouvons poursuivre en examinant d'une part, la définition d'un concept, d'autre part le sens d'un concept, en prenant compte de toutes les dimensions d'un concept.

Deleuze et Guattari ont débuté en posant la fameuse question « **qu'est-ce qu'un concept** » ? ils expliquent d'abord la complexité, la multiplicité et la genèse d'un concept dans le paragraphe suivant :

« Il n'y a pas de concept simple. Tout concept a des composantes, et se définit par elles. Il a donc un chiffre. C'est une multiplicité, bien que toute multiplicité ne soit pas conceptuelle, il n'y a pas de concept à une seule composante : même le premier concept, celui par lequel une philosophie « commence », a plusieurs composantes, puisqu'il n'est pas évident que la philosophie doive avoir un commencement, et que, si elle en détermine un, elle doit y joindre un point de vue ou une raison. Descartes, Hegel, Feuerbach non seulement ne commencent pas par le même concept, mais n'ont pas le même concept de commencement. Tout concept est au moins double ou triple, etc. il n'y a pas non plus de concept ayant toutes les composantes, puisque ce serait un pur et simple chaos... »⁴

Ensuite, nous reprenons les idées de ces deux philosophes dans les paragraphes suivants⁵ en vue de prendre en considération toutes les dimensions du sujet. Ces idées comportent deux contributions indispensables pour notre recherche. L'une va nous aider à démontrer l'actualité de cette discussion, l'autre, le regard philosophique, permet de construire la dialectique entre la didactique et

¹ **Encyclopédie Philosophie Universelle**, (1990). les notions philosophiques, Philosophie Occidentale, Tome 2, Puf.

² Deleuze G., Guattari F.,(1991). **Qu'est-ce que la philosophie ?**, p.8, les éditions de Minuit.

³ [Deleuze (1991), p.10]

⁴ [Deleuze (1991), p.21]

⁵ [Deleuze(1991) p.23-27]

la philosophie. Puisque la création des concepts est la majeure préoccupation de la philosophie, alors, il vaut mieux commencer à partir de ce point. Qu'est-ce qu'un concept ? Et comment se constitue-t-il ?

(...) Bref nous disons que **tout concept a toujours une histoire**, bien que cette histoire soit zigzag, qu'elle passe au besoin par d'autres problèmes ou sur des plans divers. Dans un concept, il y a le plus souvent des morceaux ou des composantes venues d'autres concepts, qui répondaient à d'autres problèmes et supposaient d'autres plans. C'est forcé, parce que chaque concept opère un nouveau découpage, prend de nouveaux contours, doit être réactivé ou retaillé.

(...) **un concept a un devenir** qui concerne cette fois son rapport avec des concepts situés sur le même plan. Ici les concepts se raccordent les uns avec les autres, se recoupent les uns des autres, coordonnent leurs contours, composent leurs problèmes respectifs, appartiennent à la même philosophie, même s'ils ont des histoires différentes (...)

Le concept est un incorporel, bien qu'il s'incarne ou s'effectue dans les corps. Mais justement il ne se confond pas avec l'état de choses dans lequel il s'effectue. Il n'a pas de coordonnées spatio-temporelles, mais seulement des ordonnées intensives. Il n'a pas d'énergie, mais seulement des intensités, il est anergétique (l'énergie n'est pas l'intensité, mais la manière dont celle-ci se déploie et s'annule dans un état de choses extensif). Le concept dit l'événement, non l'essence ou la chose. C'est un événement pur, une heccéité, une entité : l'événement d'autrui, ou l'événement du visage (quand le visage à son tour est pris comme concept). Ou l'oiseau comme événement. **Le concept se définit par l'inséparabilité d'un nombre fini de composantes hétérogènes parcourues par un point en survol absolu, à vitesse infinie.** Les concepts sont « des surfaces ou des volumes absolus » des formes qui n'ont pas d'autre objet que l'inséparabilité de variations distinctes. Le « survol » est l'état du concept ou son infinité propre, quoique les infinies soient plus ou moins grandes d'après le chiffre des composantes, des seuils et des ponts. Le concept est bien acte de pensée en ce sens, la pensée opérant à vitesse infinie (pourtant plus ou moins grande).

Le concept est à la fois absolu et relatif : relatif à ses propres composantes, aux autres concepts au plan sur lequel il se délimite, aux problèmes qu'il est censé résoudre, mais absolu par la condensation qu'il opère, par le lieu qu'il occupe sur le plan, par les conditions qu'il assigne au problème. Il est absolu comme tout, mais relatif en tant que fragmentaire. Il est infini par son survol ou sa vitesse, mais fini par son mouvement qui trace le contour des composantes.(...) **Le concept se définit par sa consistance, endo-consistance et exo-consistance, mais il n'a pas de référence : il est auto référentiel, il se pose lui-même et pose son objet, en même temps qu'il est créé.** Le constructivisme unit le relatif et l'absolu.

Enfin, **le concept n'est pas discursif**, et la philosophie n'est pas une formation discursive, parce qu'elle n'enchaîne pas de propositions. C'est la confusion du concept et de la proposition qui fait croire à **l'existence de concepts scientifiques, et qui considère la proposition comme une véritable « intention » : alors que le concept philosophique n'apparaît le plus souvent que comme une proposition dénuée de sens.** Cette confusion règne dans la logique, et explique l'idée enfantine qu'elle se fait de la philosophie. On mesure les concepts à une grammaire « philosophique »...

Toutes les spécificités que nous avons citées, montrent que le concept comporte une dimension dynamique, multidirectionnelle et multifonctionnelle. Pour que nous puissions bien raisonner sur les concepts et surtout sur leur définition et sur leur appartenance, nous avons besoin de ce type

d'éclaircissement. Ces citations sont un peu longues, mais leur contenu comporte un large spectre d'informations indispensables pour notre travail. Autrement dit, c'est un passage obligé.

Je termine donc, en résumant les propos de **Deleuze et Guattari** sur la définition d'un concept.

« Partout nous retrouvons le même statut pédagogique du concept : **une multiplicité**, une surface ou un volume absolu, auto-référents, composés d'un certain nombre de variations intensives inséparables suivant un ordre de voisinage, et parcourus par un point en état de survol. Le concept est le contour, la configuration, la constellation d'un événement à venir. Les concepts en ce sens appartiennent de plein droit à la philosophie, parce que c'est elle qui les crée, et ne cesse d'en créer. **Le concept est évidemment connaissance, mais connaissance de soi, et ce qu'il connaît**, c'est le pur événement, qui ne se confond pas avec l'état des choses et des êtres, c'est la tâche de la philosophie quand elle crée des concepts, des entités. Dresser le nouvel événement des choses et des êtres, leur donner toujours un nouvel événement : l'espace, le temps, la matière, la pensée, le possible comme événements... »¹

« (...) **On définit le concept par les procédés créatifs de la science, on le mesure à la science**, puis on se demande s'il ne reste pas une possibilité pour que la philosophie forme à son tour des concepts de seconde zone, qui suppléent à leur propre insuffisance par vague appel au vécu. Ainsi Gilles- Gaston Granger commence par **définir le concept comme une proposition ou une fonction scientifique**, puis concède qu'il peut quand même y avoir des concepts philosophiques qui remplacent la référence à l'objet par le corrélat d'une « totalité du vécu »²

Même dans le discours de Bachelard, nous pouvons trouver les traces de ces types de définitions, mais aussi une formulation inductive qui vient de l'expérience : « *l'expérience fait donc corps avec la définition de l'Etre. Toute définition est une expérience ; toute définition d'un concept est fonctionnelle* »³

3.2.2 Concept et notion

Quelle est la différence entre un concept et une notion ? Puisque nous étudions la science, surtout l'enseignement de la science, nous sommes obligés de discerner les termes pour qu'ils soient intelligibles et distinguables les uns des autres. Il n'est pas toujours évident de les séparer les uns des autres, mais, si on se réfère à la genèse des concepts, il doit y avoir une différenciation significative.

Nous pouvons rencontrer ces types de confusions à tous les niveaux. D'une part, notre société est sous l'influence des médias, les médias créent tous les jours des mots nouveaux, la majorité d'entre eux préfère utiliser les termes « **concept** » et « **notion** » pour être plus scientifique et crédible. Nous pouvons par ailleurs rencontrer les mêmes difficultés dans le milieu scolaire, même dans les manuels scolaires, dans les discours des élèves, d'étudiants et de professeurs, sur un certain nombre de concepts et de notions.

¹ [Deleuze (1991), p.36]

² Cité par Deleuze (1991) : Gilles-Gaston Granger, **Pour la connaissance philosophique**, Ed. Odile Jacob ch. VI.

³ Bachelard G., (1934). **Le Nouvel Esprit Scientifique**, Paris : PUF.

A présent, je voudrais citer quelques idées relatives à un concept et à une notion à travers un certain nombre de points de vue dans différents domaines. Par exemple: **Un formateur** à l'IUFM de Caen, **Pierre Savaton** dit ;

« J'emploie souvent les termes en synonyme dans le langage courant et je les distingue dans mon enseignement en nommant concept une notion bien cernée, bien définie, renvoyant à un objet (matériel ou intellectuel) bien identifié, bien caractérisé. En fait, j'emploie le terme de notion pour désigner un « concept » encore mal cerné, mal établi, renvoyant à des aspects mal caractérisés ou multiples. Une notion recouvre un champ conceptuel plus large et plus flou qu'un concept ».

Un autre exemple : **l'inspecteur pédagogique régional de sciences de la vie et de la terre**, à Reims, **Bernard Gissot** explique ;

« Dans le langage courant les deux termes sont employés souvent dans le même sens. Cependant dans la tradition philosophique, la notion est un savoir constitué qui se transmet à celui qui apprend. Le concept est par contre un savoir qui est en train de se construire. Plus intuitif et plus instable, c'est un produit, un savoir qui vient de naître. En sciences de la vie et de la terre, on enseigne la notion de photosynthèse, mais ce processus biologique reste cependant à l'état de concept tant que l'on ne connaîtra pas tout sur ce processus. Par contre la notion de respiration n'est plus un concept mais une notion ».

Enfin, le dernier exemple: **un maître de conférence en philosophie** à l'université Paris 5 en sciences de l'éducation, **Alain Pierrot** résume son idée ;

« je donne au terme « notion », un sens plus commun, plus général qu'au terme « concept » qui renvoie davantage à des constructions théoriques ».¹

Chercher une distinction significative entre la « notion » et le « concept », ne sera peut-être pas toujours utile à cause de leurs polysémies, il me semble qu'il vaut mieux les prendre en considération ensemble, mais en se posant la question suivante : dans quel contexte l'utilisation du terme « notion » sera-t-il préférable à celui de « concept » ?

3.2.3 Des informations et des concepts

Si nous développons d'avantage ces propos, nous allons rencontrer une bonne explication de « De Vecchi et Carmona-Magnaldi ». Ils l'ont pris à partir d'un questionnement « *tout n'est-il pas connaissance ?* ».

« Toute information portée à l'attention d'un individu (ou d'un élève) ne constitue pas, pour lui, une connaissance. La même information peut correspondre à une connaissance pour une personne mais pas pour une autre... »²

A partir de cette citation, nous allons poser une autre question « qu'est-ce que *l'information* et qu'est-ce que *la connaissance* ? **Bachelard**, disait que « *il n'y a de connaissance que de ce qui est caché* »³. Il nous a transmis que la connaissance n'est pas quelque chose d'immédiat. Il faut la

¹ La main à la pâte, questions- réponses, INRP, 1999.

² De Vecchi, G., Carmona-Magnaldi, N., (1996). **Faire construire des savoirs**, Hachette Education.p.151

³ Bachelard, G., (1938). **La formation de l'esprit scientifique**, Vrin.

détacher de sa nature. C'est l'intelligence qui permet, par un détachement du réel, de penser les choses en leur absence, de se faire une représentation intérieure du monde extérieur.

De Vecchi et Carmona-Magnaldi¹, ont classé les savoirs d'une manière un peu schématique :

« On pourrait dire qu'il existe **deux sortes de savoirs** :

Les connaissances relatives à des faits, des éléments observables, des détails, des opinions, des techniques spécifiques...elles s'apparentent plutôt à des informations : ce sont **les connaissances ponctuelles** ;

Les connaissances relatives à des idées générales, à des structures mentales organisées : elles sont plus abstraites : ce sont **les connaissances conceptuelles**.

Si nous faisons cette classification, c'est pour mieux les caractériser. Dans notre esprit, il ne s'agit pas d'opposer ces deux types de savoirs car, comme nous allons le montrer, ils sont largement complémentaires ».

Connaissances des faits et connaissances abstraites

Informations, faits ponctuels	Connaissances conceptuelles
Somme d'éléments factuels le plus souvent concrets	Structures intellectuelles (abstraites)
Existent en grand nombre	Existent en petit nombre
Récoltés à travers une approche plutôt analytique	Proviennent d'une construction par mises en relation
Peuvent être mémorisés directement	Exigent une élaboration préalable qui demande souvent du temps.
Plutôt statiques	Dynamiques (peuvent évoluer)

(D'après De Vecchi, Carmona-Magnaldi, 1996)

Connaissances ponctuelles, notions et concepts : comment les différencier ? Tous les auteurs ne donnent pas le même sens à ces mots ! Nous avons choisi de les distinguer par les opérations mentales qu'ils mettent en jeu, et surtout en pensant à l'impact que leurs différences peuvent avoir dans la pratique de la classe. Nous allons tout d'abord commencer en proposant des définitions simples ; puis nous les illustrerons par des exemples.

- On découvre **une information**, un objet, un phénomène que l'on décrit dans le détail (à partir d'un cas particulier, lié au réel) : ce sont des **connaissances ponctuelles**.
- On définit **la structure ou les idées générales** qui caractérisent l'objet ou le phénomène étudiés (en mettant en relation les connaissances factuelles et en ne retenant que l'essentiel), il s'agit d'une **notion**.
- Par comparaison avec d'autres objets, d'autres phénomènes similaires, on cherche ce qu'ils ont en commun, **ce qui nous permet de construire une définition générale** abstraite qui ne fait donc plus référence aux exemples étudiés (qui les dépassent), et on la teste face à d'autres cas particuliers pour voir si ceux-ci répondent ou non à la définition élaborée (s'ils entrent ou non dans le concept), c'est un **concept**.

3.2.4 Un exemple : l'énergie

Nous pouvons rencontrer tous les jours le discours de l'énergie, soit comme des informations, soit comme une notion, soit comme un concept.

- **Connaissances ponctuelles** : tous les événements qui se déroulent autour d'un savoir d'énergie. Les effets instantanés de l'énergie à chaque moment dans notre vie quotidienne.
- **Notion** : les ressources d'énergie, les façons de produire de l'énergie, les différentes manifestations d'énergie sur les objets et sur la société, se réalisent dans les conditions communes, elles comportent certaines définitions globales caractéristiques.
- **Concept** : on compare toutes ces énergies, on peut arriver à une définition générale abstraite de ce que peut être l'énergie, en dépassant tous les exemples des sources, des processus de production et des conséquences.

L'énergie est « une capacité de la production du travail ». On ne peut pas la toucher, on ne peut la voir, mais on peut percevoir ses effets. On ne peut que conceptualiser, pour qu'elle acquière un sens pour nos activités intellectuelles.

Pouvons-nous accomplir les mêmes choses pour les autres moyens et les informations que nous utilisons d'habitude ? Par exemple, la télé, le cédérom, une nouvelle production ou quelque chose que nous manipulons tous les jours, sont-ils des concepts ? Avant de donner une réponse à cette question, je voudrais citer quelques lignes de « **Kojève** » pour pouvoir donner une réponse plausible.

(...) **Le concept** est la totalité de ce qui est convenable. Et également le concept est le Sens-compréhensif de tout ce qui est compréhensible(...)

« Toutefois, aujourd'hui encore il ne nous est pas facile de dire en quoi **une notion** quelle qu'elle soit, diffère d'une chose quelconque. Le plus souvent nous entendons dire qu'une notion quelle qu'elle soit diffère radicalement, voire « essentiellement » ou irréductiblement », de n'importe quelle chose parce qu'elle est nécessairement générale (ou universelle) et abstraite, tandis que **la chose** est partout et toujours particulière (ou individuelle) et concrète (au sens vague de « réelle »)².

Il y a deux réponses à donner à cette question : d'une part, si une chose est particulière et concrète, nous ne l'appellerons pas un concept, d'autre part, nous devons bien distinguer **le sens en sciences** et **les concepts empiriques du sens commun**. La plus grande ambiguïté est due à ces derniers, on ne peut pas traiter les deux types des concepts avec les mêmes critères. Les concepts empiriques du sens commun pourront être examinés sous la catégorie des concepts linguistiques.

¹ [De Vecchi, Carmona-Magnaldi (1996), p. 153, 154]

² Kojève, A., (1990). **Le concept, le temps et le discours**, nrf éditions Gallimard, Paris. p.103

3.2.5 Concept linguistique et concept scientifique

« Les concepts scientifiques sont conçus comme un outil intellectuel, qui se veut objectif et qui établit entre les phénomènes une relation suffisamment générale et invariante, pour autoriser la prévision de résultats ou d'effets »¹. Cependant, les concepts linguistiques sont plutôt conçus comme un outil de langage, de médiation et de communication. C'est cet outil qui établit des interactions, des communications et des médiations intra personnelles et inter-personnelles. Les unes se réalisent intrinsèquement et les autres se déroulent extrinsèquement. Notre but, au plan didactique, est de trouver le maximum de points communs qui relient les deux outils. Ceux-ci permettent de mieux se comprendre, tant au cœur de la société et des médias que dans les établissements scolaires.

L'histoire de la pensée scientifique montre que « la construction des concepts n'est pas caractérisée par un progrès continu, mais par des ruptures, par une succession de rectifications d'idées, par une sorte de « révolution permanente. »² **Guy Rumelhard**³ définit épistémologiquement un concept scientifique de la façon suivante :

1. « Un concept scientifique comporte une dénomination et une définition. Autrement dit, un nom chargé d'un sens le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques, qui sont généralement équivoques, polysémiques.
2. Un concept scientifique est capable de remplir une fonction opératoire : fonction de discrimination ou fonction de jugement, dans l'interprétation de certaines observations ou expériences. C'est un outil permettant d'appréhender efficacement la réalité, un instrument de théorie pour l'interprétation de phénomènes.
3. Ce n'est pas un simple instrument d'explication, plus ou moins métaphorique, car ce qui garantit l'efficacité théorique, ou la valeur cognitive d'un concept, c'est sa fonction d'opérateur. C'est par conséquent, la possibilité qu'il offre de développement et de progrès du savoir. Reste à préciser dans chaque cas :
 - comment il opère (par division, par mise en cohérence ou mise en relation, par désignation d'un invariant dans des transformations, etc.) ;
 - son degré de formalisation, et donc la part d'innovation et de survivance (distinction entre concepts qualitatifs et quantitatifs) ;
 - les interconnexions avec les techniques.
4. Tout concept possède une extension et une compréhension, un domaine et des limites de validité, étroitement dépendantes d'une définition nettement fixée. Précisément, parce qu'il renferme une norme opératoire ou de jugement, un concept ne peut varier dans son extension sans rectification de sa compréhension.
5. un concept fonctionne toujours en relation avec d'autres concepts théoriques et techniques. Il est un nœud dans un réseau de relations, cohérent et organisé et non un élément disposé à côté d'autres par simple juxtaposition. Ainsi la formulation d'un nouveau concept peut révéler des contradictions, permet de

¹ Astolfi, J. P., (1997). **Mots-clés de la didactique des sciences**, De Boeck & Larcier s.a., Paris, Bruxelles.

² [Idem Astolfi (1997)]

³ Rumelhard, G., (1986). **La génétique et ses représentations dans l'enseignement**, Berne: Peter Lang.

formuler différemment des questions dans d'autres domaines. Elle implique un « bougé » dans les relations entre concepts, une modification des définitions. Il y a ainsi une histoire des concepts »

3.2.6 Rapports entre la définition d'un concept et le sens d'un concept.

Deleuze et Guattari disaient ; « *On définit le concept par les procédés créatifs de la science, on le mesure à la science* » ; il me semble que cette formule pourra clarifier notre problématique qui cherche à distinguer entre la définition et le sens du concept. Si on s'installe bien au cœur de la problématique, on peut considérer que le champ des sciences est un laboratoire qui teste la solidité et la manœuvrabilité des concepts auprès des problématiques actuelles des sociétés et des individus. Avant tout, ces derniers ont besoin de cette science. Surtout, dans le cadre des sciences d'aujourd'hui, à mon avis, c'est l'utilité et la fonction qui donnent un sens aux concepts. Evidemment, s'il n'est plus utile, s'ils ne sont plus utiles, ils vont perdre leur fonctionnement et ils vont disparaître dans un temps limité.

Les concepts sont un certain nombre des particules de communication des activités intellectuelles d'un individu, mais, évidemment, pas plus. Dans ce cadre d'interprétation, on peut compter aussi les images mentales, les sémiotiques...elles sont toutes des particules intermédiaires qui permettent la communication entre les réseaux complexes de la pensée. Elles sont obligées de se renouveler pour la continuité des systèmes dynamiques. Il y a deux types de construction en même temps sur un individu, une construction intellectuelle et une construction biologique. Ces deux types de construction sont sous l'influence de l'interaction sociale.

Si on fait une analogie avec les concepts, on peut les faire ressembler aux molécules, qui sont constituées de différentes constitutions atomiques. Ces molécules ont aussi des rôles différents pour la constitution de nouvelles grandes molécules (le sens des conceptions), parce que ces grandes constitutions comportent différents sens par rapport aux origines, de même qu'elles sont totalement nouvelles. Les molécules sont aussi faites par des petits éléments, qui sont déjà un ensemble de sens. C'est-à-dire que même les concepts sont déjà une construction, une entité, plutôt un des moyens importants dans la construction des connaissances. L'apprentissage « *allostérique*¹ » de Giordan est un bon exemple à ce propos.

« incorporation et mise en relation d'un certain nombre de connaissances qui, associées, aboutissent à un remodelage, une restructuration générale. Le concept ainsi construit n'est pas la somme des différentes connaissances mais une production nouvelle, plus globale, plus cohérente ».

¹ De Vecchi, G., Giordan, A., (1994). L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ?. Z'Editions.

« Cet apprentissage conduit à changer les modèles explicatifs des apprenants, c'est-à-dire leur façon de raisonner, leur manière de comprendre et, à la limite, leur « manière de voir le monde »

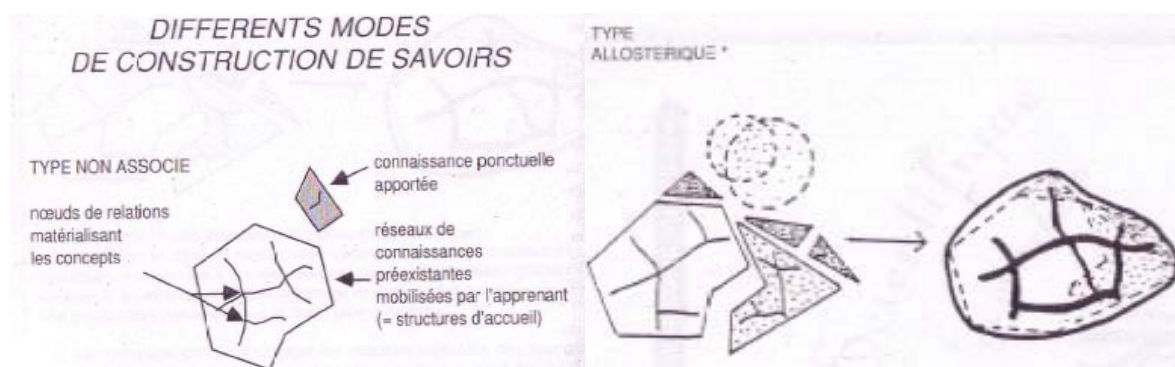


Figure 3.1 Apprentissage allostérique de André Giordan

Les concepts n'ont pas toujours un sens pour l'individu, s'ils ne passent pas par une expérience. Celle-ci doit comporter une problématique. Ensuite, trouver des propositions à notre problématique nécessite un passage obligé, c'est-à-dire l'expérience. Après l'expérience, il y a une production, cette production est un ensemble de sens entre l'objet (l'individu) et le sujet (le milieu). Ces productions représentent seulement un type de particules intermédiaires de la pensée, ainsi que les représentations conceptuelles. (Registres conceptuels).

Il ne faut pas oublier que les activités intellectuelles de l'individu sont un système complexe. Il ne faut pas espérer trouver une solution immédiate à chaque interrogation ; ce que nous pouvons faire, c'est espérer regarder par différents angles de vue et traiter autant que possible, consciemment, tous les éléments de la pensée.

A mon avis, chacun autour de nous a des concepts, mais n'est pas conscient de leurs sens. C'est pourquoi, la chaîne n'est pas complétée. Un concept comporte une utilité pour les activités intellectuelles, à condition que nous ayons conscience de son sens. La définition étant que, le sens et l'utilité doivent être traités ensemble pour mieux connaître l'ensemble de cette entité.

Il me semble que l'explicitation de **Anne- Françoise Schmid** nous, soutient dans ce parcours ; dans « *le dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* », elle écrit :

« ...actuellement le terme de concept est utilisé très couramment pour désigner le produit d'une conception(design) au sens que lui donne l'ingénierie, comme articulation de modèles de nature et de type différents en vue d'une production finalisée, intégrée et concrétisée : apparaît alors une vision nouvelle de l'aspect généalogique du concept, comme n'appartenant plus tant au « système naturel » qu'à celui de l'artificiel. Le concept est alors ce qu'aura conçu l'ingénieur, plus encore que le scientifique. En ce sens, le concept est ce qui ouvre la philosophie non pas seulement au domaine de la science, mais aussi à celui de technique et de la technologie ».¹

¹ Lecourt, D. (1999). *concept*, **Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences**, Quadrige/PUF.

Finalement, *la sphère du concept, c'est la sphère du sens*¹. Pour ma part, c'est un nuage de sens, une potentielle qui a capacité de productions, lui-même étant une production. Nous ne savons toujours pas quand, dans quelle circonstance et où ce nuage procurera une pluie. Si nous sommes conscients de cette pluie, nous pourrions mieux conduire notre système de construction et celui des autres, surtout dans le domaine scolaire.

3.2.7 Concepts physiques

Les concepts physiques font partie des concepts scientifiques, mais, ils ont des spécificités du fait de leur origine épistémologique. *“The objects of all sciences in Einstein's words, is to coordinate our experiences and to bring into a logical system and another major twentieth-century physicist, Nils Bohr, agrees when he says “the task of science is both to extend the range of our experience and to reduce it to order”*². À l'origine ces types d'interprétation, donnent lieu à deux phases cachées ; l'une est la façon dont nous prenons contact avec les objets de la nature ou les qualités de ces objets ; l'autre, des interprétations logiques des informations dues à nos expériences.

Toutes les connaissances humaines prennent appui sur deux points : l'observation et l'expérience. Toutes les informations recueillies par l'observation et l'expérience, se terminent par le processus de la pensée. Les concepts scientifiques sont un des éléments les plus importants dans ce processus. Il y a toujours deux questions qui se posent. L'une est la nature de ces concepts et l'autre, leur définition pour que ces concepts aient une valeur scientifique. Ces définitions sont plutôt opérationnelles. Peut-être, les mêmes besoins nous ont-ils poussé à mesurer la longueur des objets, mais toutes les personnes utilisent-elles les mêmes normes pour mesurer les objets ? De même ce sont ces normes et ces définitions opérationnelles qui donnent un sens aux concepts scientifiques. Le physicien et philosophe **P. W. Bridgman**³ dit que :

« the true meaning of a term is to be found by observing what a man does with it, not what he says about it ».

de même, le physicien et philosophe **Henri Poincaré** explique l'attitude opérationnelle des concepts physiques :

« When we say force is the cause of motion we talk metaphysics, and this definition, if we were content with it, would be absolutely sterile. For a definition to be of any use, it must teach us to measure force; moreover, that suffices; it is not at all necessary that it teach what force is in itself nor whether it is the cause or the effect of motion”⁴.

Le sens d'un concept, étant son champ de recherche, sa limite, sa capacité opérationnelle tant dans le domaine expérimental qu'intellectuel. Je termine mes propos avec l'argument du physicien **Ernest Mach**⁵ :

¹ [Encyclopédie Philosophie Universelle (1990), les notions philosophiques, p. 393]

² Holton, G., Brush, S. G. (1985). **Introduction to concepts and theories in physical science**, Seconde Edition, Princeton university press, Princeton, New Jersey.

³ In his “logic of modern physics, New York: Macmillan (1927). Cf. [Holton, Brush (1985)]

⁴ [Holton, Brush (1985)]

⁵ [Holton, Brush (1985)]

« the atom is a physically meaningless concept, because there was at that time no way to observe or measure its discrete, individual properties. Nevertheless, atomic theories being developed at the time were to be of great value to science even though they not yet be based on strictly operational definitions.»

3.3 Images, du sensoriel au catégoriel

John Locke, dans son *Essai Philosophique concernant l'entendement humain (The Essay Concerning Human Understanding, 1690)*, décrit la double source de nos connaissances en introduisant une distinction fondamentale :

- la sensation (**source externe**), qui permet de communiquer à l'entendement la plupart des idées, et
- la réflexion (**source interne**) d'où l'entendement vient à recevoir les idées grâce à la perception des opérations de notre âme sur les idées qu'elle a reçues des sens.

Au cours de 17^e siècle, chez les premiers psychologues britanniques, comme chez les empiristes du siècle, **l'idée (idea)**¹ est un équivalent de l'image. Jean Locke, dans son Dictionnaire philosophique cite **Voltaire**, qui la définit de la façon suivante :

« Qu'est-ce qu'une idée ? »

C'est une image qui se peint dans mon cerveau.

Toutes vos pensées sont des images ? Assurément, car les idées abstraites ne sont que les filles de tous les objets que j'ai aperçus(...) je n'ai d'idée que parce que j'ai des images dans la tête ²»

Pouvons - nous penser sans images ? Aristote³ (De l'âme, § 431 a) disait que non : « *Jamais l'âme ne pense sans images* ». Si je me pose cette question, je pourrais répondre tout de suite par « non ». La cause en est simple, je ne peux pas le faire. Il me semble que l'image est le reflet de notre pensée. Les deux sont intimement liées entre elles. Nous pourrions dire que les actes (« voir », « percevoir » et « concevoir »), *du sensoriel au catégoriel*⁴, sont entourés par les images dans notre pensée.

3.3.1 Image – « une forme de représentation »

Après les concepts, l'image mentale fait partie aussi de notre préoccupation durant cette recherche. Les concepts sont plutôt le champ de recherche des philosophes, en revanche, pour les images, c'est un peu différent, cette fois, le rôle actif appartient aux psychologues. Ce rôle du didacticien est plutôt celui d'un médiateur entre ces préoccupations.

¹ «...All the objects of the understanding are described as *ideas*, and ideas are spoken of as being in the mind (Intro. 2; Bk. 2:1:5; Bk. 2:8:8). Locke's first problem, therefore, is to trace the origin and history of ideas, and the ways in which the understanding operates upon them, in order that he may be able to see what knowledge is and how far it reaches. This wide use of the term "idea" is inherited from Descartes. The contemporary term which corresponds with it most nearly is "presentation". But presentation is, strictly, only one variety of Locke's idea, which includes also representation and image, perception, and concept or notion". The internet Encyclopedia of philosophy, **John Locke (1632-1704)**: <http://www.utm.edu/research/iep/l/locke.htm>.

² Cité par Lameyre, X., (1993). **L'imagerie mentale**, que sais-je ?, Puf. p.11

L'imagerie scientifique, voir l'invisible.(1985). Textes et documents pour la classe, (T.D.C.) n° : 699, CNDP.

³ Idem [Lameyre (1993)]

⁴ Groupe µ :Francis Edeline, Jean-Marie Klinkenberg .(1998).*Université de Liège, VOIR, l'image mentale I*, n°-16.

Une **image réelle**, en quelque sorte **une « image visuelle¹ »**, reflète une réalité instantanée dans notre monde réel ; dans la même logique, **une image mentale** représente une abstraction instantanée dans notre pensée. Mais je ne pense pas que l'instantanéité pour le réel et le mental soit la même. L'image mentale comme l'image réelle, si elles se débarrassent de l'instantanéité ont une continuité et deviennent cette fois l'imagerie, **l'imagerie mentale et l'imagerie réelle**.

L'image réelle nous est accessible à l'aide de la lumière visible et invisible (par exemple, une image captée par une caméra infrarouge), par contre l'image mentale est une production de la pensée. L'image réelle comporte des objets concrets, en revanche, l'image mentale est une construction mentale à partir de nos perceptions. Notre recherche se focalisera plutôt sur l'image mentale.

Un troisième terme intervient au cours de ce travail, **l'image scientifique** est une des clés de nos activités intellectuelles. L'image scientifique est une passerelle entre l'image réelle et l'image mentale. Cette passerelle représente la démarche scientifique ainsi que ce qui se passe durant cette démarche. *« Tout l'enjeu de l'image scientifique sera donc de ramener l'invisible, de le capter, de le rendre compréhensible, de le traduire et de le rendre visible² »*. Par la suite, nous allons chercher des rapports entre l'image réelle, l'image mentale et l'image scientifique. **A. De la Granderie³** décrit l'importance de ces rapports en disant : *« l'image mentale est l'intermédiaire souple entre le percept et le concept »*.

3.3.2 Image mentale et cognition

« L'image est une modalité de représentation mentale sous une forme qui possède un degré élevé de similitude structurelle avec la perception » Bien entendu, du percept à l'image, il y a transformation de l'information, il y a codage qui a pour propriété singulière de préserver l'extension spatiale des objets perçus. L'image est une forme de représentation qui résulte d'une abstraction(...) ⁴ avec cette phrase, **Denis M. (1989)** a commencé à rédiger son livre. **Guitier (1998)** considère que *la notion d'« image mentale » conduit souvent à privilégier la perception comme élément moteur de pensée*. Dans notre parcours, ce qui est plus important, c'est d'accepter l'image comme une modalité de représentation mentale en suivant le parcours de nos perceptions.

Si la représentation est mise en cause, il y a toujours un codage sous forme d'abstraction. Pourquoi les faits que nous sommes en train de prendre en compte aboutissent-ils à une abstraction ? Il y a peut-être plusieurs réponses à cette question. Ce qui est plus important, c'est qu'il y a quelque chose de caché derrière le voile de l'abstraction.. Tenter de comprendre ce qui se passe derrière le voile de l'abstraction sera un bon objectif pour notre recherche.

¹ Pour moi, **l'image visuelle**, ce n'est pas seulement ce que nous voyons et aussi ce que nous percevons avec les appareils sans interprétations. Sinon, celle-ci devient l'image scientifique.

² **L'imagerie scientifique, voir l'invisible**. (1985). Textes et documents pour la classe, (T.D.C.) n° : 699, CNDP.

³ De La Granderie, A.. (1982) Pédagogie des moyens d'apprendre, p.31 cité par Gallien M. P. (1983), **Libérer l'imagination pour une gestion mentale de l'initiative**, Bayard Editions.

⁴ Denis, M., (1989). **Image et cognition**, Puf, Paris.

Dans le même livre, **Denis (1989)** nous a donné une inspiration pour notre parcours. Il explique que « *Classiquement, la notion de concept contient l'idée d'une certaine abstraction, tandis que les images sont souvent considérées comme des « instanciations » cognitives marquées de particularité.* » Je dirais que l'image mentale attribue une concrétisation instantanée aux concepts au cours du fonctionnement de notre pensée. Ces concrétisations instantanées produisent des rapports entre les perceptions cognitives et les perceptions sensibles et créent un équilibre entre la perception et la représentation.

3.4 Images mentales, perceptions et sémiotiques

L'image mentale comporte des fluctuations sémantiques, à partir de diverses étymologies, les multiples désignations que l'on connaît aujourd'hui : *image, icône, idole, fantasme, etc.* La polysémie du terme et la diversité des réalités qu'il désigne, interdisent de fonder sérieusement cette entreprise sur la seule analyse de l'image mentale et de ses rapports à la perception¹.

Ce qui est fascinant c'est cette diversité de l'interprétation de nos perceptions. Chacun a des perceptions différentes à partir de son environnement et chacun interprète ces perceptions différemment. Et enfin, à partir d'un même objet, il y a mille façons différentes de lui donner signification et sens. Chaque individu a une construction mentale différente et a une production différente. Bien évidemment, il y a des points communs, comme le sens commun, mais, ce n'est pas toujours le bon sens.

Peraya et Meunier (1998) résument les grands thèmes communs de Piaget, de Vigotsky et de Denis. Ils soulignent que « *les représentations mentales se développent sur la base de représentations sémiotiques intériorisées au même titre que les images mentales sont des percepts intériorisés.* »²

A partir de ce point-là, notre étude sera de chercher d'où viennent ces perceptions sémiotiques. Dans le travail de « **Groupe μ ³** », nous trouvons une réponse appropriée à notre question. On y trouve deux clés (signe et sens), pour mieux comprendre ce qui se passe au cours des activités mentales, c'est-à-dire la sémiotique à partir de nos perceptions.

« Toutes les perceptions qui précèdent concernent la perception. Mais elles valent aussi pour les instruments qui servent à exprimer ce savoir perceptif, à savoir les sémiotiques, car **le signe** est l'instrument qui sert à catégoriser le monde. On devra donc s'attendre à retrouver la structure de base- **qualités, entités, interactions**- dans toutes les sémiotiques, comme le langage verbal bien sûr, mais aussi celui des images visuelles, des symboles chimiques, etc. Tant dans les sémiotiques que dans la connaissance perceptive, **le sens** est le résultat d'un acte de distinction : on ségrège certaines unités dans un continuum au nom d'une certaine valeur. Certes,

¹.Peraya, D., Meunier, J. M., **Sémiotique et cognition (1998)**. VOIR, L'image mentale, N° :16- Mai.

² Idem [Peraya, D., Meunier, J. M. (1998)]

³ [Groupe μ (1998)]

les sémiotiques ne peuvent être ramenées aux connaissances perceptives pour qu'il y ait sémiotique, il faut quelque chose de plus que l'acte de distinction : il faut que l'on ait mis en relation un plan du contenu et un plan de l'expression afin de constituer un signe. Mais, ce que nous avons établi jusqu'à présent suggère déjà que l'on pourra comparer unité (sémiotique) et entité (perceptive), valeur (sémiotique) et qualité (perceptive) ; et qu'en général, on pourra rapprocher perception et sémiotique .

Tout se passe en effet comme si la pensée humaine ne pouvait fonctionner qu'en élaborant conjointement un répertoire d'entités et un ensemble de règles régissant leurs interactions. Ainsi, (...) le physicien recherche les particules élémentaires (méson, pions, baryon... :entités et décrit leurs interactions fortes ou faibles (attraction des masses, forces électriques et magnétiques... :interactions(...) »

Enfin, l'image mentale permet certes de mieux traiter ce qui se passe au cours des activités mentales. Comme on l'a dit plus haut, les images sont des étuis autour des percepts. C'est ces étuis qui font une reconnaissance mentale du sensoriel au catégoriel- des perceptions sensibles aux registres.

3.5 Modèles : comme outils cognitifs dans l'enseignement des sciences

Une des questions directrices durant ma recherche est de comprendre comment les individus construisent leurs connaissances à partir du monde dans lequel nous nous trouvons et comment ils se les représentent mentalement ? Pour la construction de la connaissance, nous avons besoin d'un certain nombre d'outils sensoriels, perceptifs ou symboliques. Tous ces outils nous permettent, d'une part de transmettre le flux des données à partir du monde extérieur vers l'individu et d'autre part, de les organiser ou de les conceptualiser. Dans cette circonstance, les modèles jouent un rôle principal en tant qu'outils cognitifs déjà construits à partir d'une démarche scientifique. **Greca et Moreira** ont réorganisé tous les modèles dans la figure ci-dessous utilisée par les enseignants dans l'enseignement des sciences à partir d'un phénomène jusqu'à son acquisition par l'individu en parcourant toutes les étapes des démarches scientifiques en l'occurrence des modèles physiques, mathématiques et mentaux.

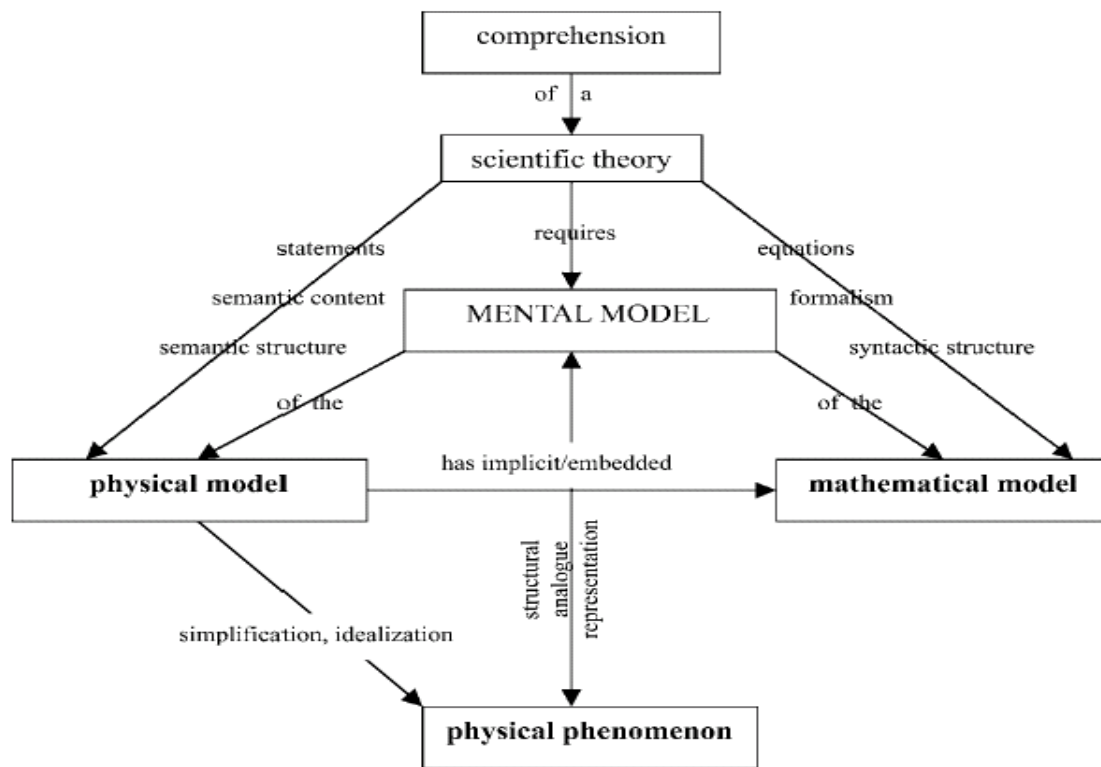


Figure 3.2 : Modèles mentaux, physiques, et mathématiques dans l'enseignement et l'apprentissage de la physique

“It must be also remarked that, as in the case of discourse comprehension, **two classes of representations are involved in the understanding of a phenomenon or a process in physics: the physical and mathematical models, which are external representations, socially constructed and shared; and the mental models, which are internal, idiosyncratic representations, whose relationship among themselves and with the world (phenomena and situations intended to be understood) are determined by representational rules and processes associated to these models (Markman, 1999).** Of course, although physical and mathematical models are socially constructed and learned in social interactions their mental counterparts—the mental models of the physical and mathematical models—are specific for each individual, both in the mental organization of their content and in the inferential strategies that they determine. A dialectic process exists between these two classes of representations (Sorzio, 1995, p. 20): the inferences that might be done, from the constructed mental models, about world situations and phenomena are affected by social representations which, in turn, are comprehended, updated, and apprehended through mental models.”¹

Les modèles physiques et mathématiques ont deux fonctionnalités : d'une part ils participent à la construction des modèles mentaux, d'autre part au processus de la conceptualisation. Nous pouvons les considérer comme des outils cognitifs extrinsèques déjà constitués. Il semble que la coexistence des outils mentaux intrinsèques et extrinsèques favorise l'articulation des expériences, tant au niveau perceptif qu'au niveau mental, au cours du processus « perception- sens ».

¹Greca, I. M., Moreira, M.A. (2001). "Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics." *Science Education* 86(1): 106-121.)

3.6 Le processus de « perception - sens » et la modélisation cognitive

3.6.1 Introduction

Durant ma recherche, mon but est de chercher le mode de raisonnement des étudiants et de connaître leur façon de percevoir le monde qui les entoure. Poursuivre ce type de recherche demande de connaître aussi leur fonctionnement cognitif. Tout dépend, je pense, du fonctionnement cognitif des individus, des facteurs intérieurs et des facteurs extérieurs qui interviennent lors de ce processus. Ainsi, durant ce processus, il y a beaucoup de variables à prendre en compte. Dans les paragraphes suivants, je vais traiter ces variables.

Ce que j'aimerais faire dans les paragraphes suivants, afin de mettre en place le processus de la perception et de la modélisation cognitive, c'est expliquer les hypothèses que j'ai mises en place, et construire toutes ces hypothèses dans une logique explicite.

La modélisation cognitive consiste en deux étapes consécutives. L'une est l'expérience perceptive, l'autre est l'expérience cognitive. Ces deux étapes fonctionnent ensemble en faisant des allers-retours entre elles. En aucun cas, il ne faut prendre en compte les deux de manière distincte. Parce que les deux processus sont intimement liés l'un à l'autre. Cette chaîne représente l'individu. L'individu est un ensemble. Après avoir cadré notre parcours, à présent, je voudrais expliciter les deux expériences consécutives.

3.6.2 Expérience perceptive

Expérience sensorielle et perceptive : elle se réalise sous le contrôle de nos sens. Dans ce processus, des données, des signaux et des types d'ondes différentes en provenance des stimuli de notre environnement se propagent sans interprétation. Ce processus se terminera à la fin de la formation de nos perceptions.

3.6.3 Expérience cognitive

Expérience cognitive : elle se réalise sous le contrôle de nos activités cognitives. Cette étape est un processus de construction du sens à partir de nos perceptions. Le rapport « sens-perception » se réalise avec des conflits cognitifs. Les outils de ces conflits cognitifs dépendent de l'emplacement des individus dans le cœur de la société. Ainsi, le rapport « sens- perception » est conduit par des individus multidimensionnels. Cela veut dire que la perceptibilité des concepts et des propriétés des objets est intimement liée au processus d'abstraction.

3.7 L'individu multidimensionnel

L'individu multidimensionnel est le centre de deux types d'expériences. C'est lui qui dirige ces deux types d'expériences, l'expérience perceptive et l'expérience cognitive.

L'individu multidimensionnel va être examiné avec les hypothèses ci-dessous, chaque élément prendra un sens avec des relations qui sont faites dans la figure 3.3 en vue d'expliquer le rapport « sens-perception ».

3.7.1 La première hypothèse

Je commence avec une idée partagée largement par les chercheurs en sciences cognitives, que **l'individu est une entité « psychologique – sociologique – culturelle »**.

“...cognitive psychology can provide this needed framework if our view of the mind is revised to take into consideration the biological, environmental, and sociocultural constraints within which mental activity takes place. The methodology of experimental psychology and cognitive task analysis can then be used to produce a systematic understanding of the variables that influence learning and the knowledge acquisition process”¹

Nous utiliserons celle-ci avec une formule en peu plus courte, en disant « **psycho-socio-culturelle** ». Cette hypothèse conduira au bon parcours pour comprendre la structure cognitive et perceptive de l'individu. Sur cette entité « **psycho-socio-culturelle** », nous allons construire le processus « sens-perception », où l'adjectif « *psycho* » représente la structure intérieure de l'individu, « *socio* » explique la structure extérieure de l'individu, et enfin, « *culturelle* » indique les interactions intra culturelles et inter-culturelles. Celles-ci peuvent être des vécus, des acquisitions, des acceptations et des rites, etc. qui sont significatifs pour la construction de la société.

Comme nous nous intéressons toujours aux savoirs dans le cadre de la didactique, nous allons nous intéresser aux différents savoirs qui proviennent des stimuli extérieurs et intérieurs. Nous pouvons rassembler les sources de ces savoirs de la façon suivante ;

- a. apports génétiques : les savoirs qui sont significatifs en fonction du développement intellectuel des individus.
- b. apports épistémologiques : les savoirs qui sont acquis à travers les différents courants de pensée
- c. apports sociologiques et médiatiques : les savoirs qui sont produit par des interactions « individu -société ». Les apports sociologiques sont spontanés, en revanche, les autres sont intentionnels.

¹ Vosniadou, S. (1996). “Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction.” *Learning and Instruction*, Volume 6, Issue 2, Pages 95-185, pp.95-10.

3.7.2 La deuxième hypothèse

Nous acceptons l'existence d'**une sphère de l'intelligence**. Dans cette sphère, toutes les choses comportent un sens implicite et explicite pour l'individu. Tous les échanges¹ assimilateurs et accommodateurs se réalisent dans cette sphère. Elle est une frontière entre l'organisme et le milieu. Celle-ci est perméable et désigne aussi la limite entre la perception sensible² et la perception cognitive³.

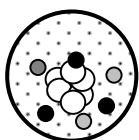
Cette sphère peut se resserrer et se dilater par rapport à l'emplacement de l'individu, au centre de la société et par rapport aux activités qui ont été réalisées par l'individu lui-même (philosophie intra-personnelle), ainsi que pour la société à laquelle il appartient (philosophie inter-personnelle).

3.7.3 La troisième hypothèse

Nous accepterons l'existence d'**une sphère cognitive** pour la réalisation du processus du rapport « sens-perception ». Cette sphère est un centre de conflits. Au cours de ce processus du « conflit sociocognitif »⁴, toutes les activités intellectuelles (imagination, abstraction, généralisation, raisonnement, etc.) d'un individu interviennent.

Ces sphères sont de différents types et celles-ci sont en interaction entre elles. Elles sont nombreuses et dynamiques et se reproduisent afin de s'adapter aux nouveaux types du processus « perception sensible ».

3.7.4 Quatrième hypothèse



Sphère cognitive

¹ Piaget, J., (1967). **la psychologie de l'intelligence**, Armand Colin, Paris.

² *Perception sensible* : les perceptions qui ne comportent pas de sens, elles ne sont que des données brutes.

³ *Perception cognitive* : les perceptions significatives dans la structure cognitive.

⁴ Le conflit sociocognitif : Le concept de conflit sociocognitif s'éloigne de la conception individualiste de **Piaget**. **Vygotsky** prétend que les interactions sociales sont primordiales dans un apprentissage. Il a développé le concept de la *ZPD (Zone Proximale de Développement)* Doise et Mugny prolongent les travaux de Piaget et Vygotsky. Ils présentent les interactions entre pairs comme source de développement cognitif à condition qu'elles suscitent des conflits sociocognitifs. Selon ces deux auteurs, l'interaction sociale est constructive dans la mesure où elle introduit une confrontation entre les conceptions divergentes. Un premier déséquilibre interindividuel apparaît au sein du groupe puisque chaque élève est confronté à des points de vue divergents. Il prend ainsi conscience de sa propre pensée par rapport à celle des autres. Ce qui provoque un deuxième déséquilibre de nature intra-individuelle : l'apprenant est amené à reconsidérer, en même temps, ses propres représentations et celles des autres pour reconstruire un nouveau savoir. Le narratif devient, dans cette perspective, un moyen de "penser notre propre pensée" (Bruner, 1995) et renvoie à la compréhension de sa propre pensée ainsi que celle d'autrui. (**Constructivisme ou socio-constructivisme**, par Gabriel Labédie et Guy Amossé) <http://www.schule.suedtirol.it/blikk/angebote/reformpaedagogik/rp70110b.htm> © Pädagogisches Institut der deutschen Sprachgruppe – Bozen DDEC de Nantes - 2001

Cette sphère comporte des concepts, des pseudo -concepts et des images mentales, des sémiotiques, etc. La formation de ces sphères a pour but de réaliser le rapport « *sens-perception* ». Les perceptions sensibles peuvent accéder aux structures cognitives de l'individu en passant dans la « *sphère de l'intelligence* ». Ensuite elles deviennent significatives pour l'individu, de même les perceptions cognitives.

3.7.5 Cinquième hypothèse

Registres cognitifs : nous les considérons comme les endroits de stockage dans notre cerveau. Après la construction de « *sens-perception* », ces productions sont mises en place à des endroits différents de notre cerveau, dans des groupes différents de macro- molécules, ainsi que dans différents types de protéines. Ces registres seront représentés sous les trois catégories.

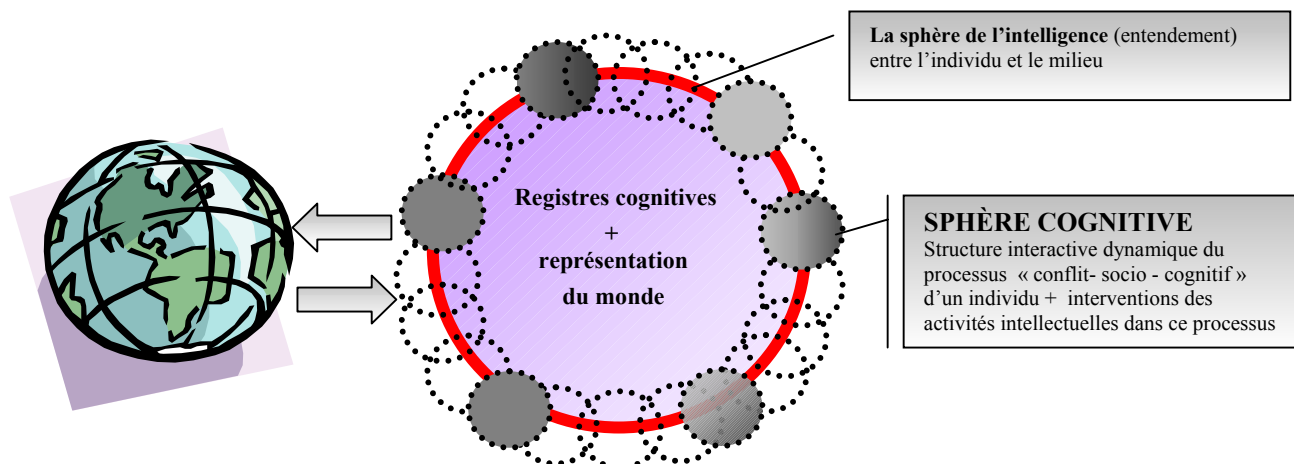
- Registres conceptuels
- Registres imaginaires
- Registres sémiotiques

Au cours du processus de la représentation, les registres sont formés selon le besoin de l'individu par des signaux moteurs de notre cerveau et après, ces registres sont encadrés avec des images mentales par notre pensée. Enfin, notre représentation se réalise. L'orientation des perceptions est du milieu vers l'individu, par contre, celle des représentations est de l'individu vers le milieu. Ainsi les unes sont intériorisées, les autres sont extériorisées.

Dans ce fonctionnement, notre pensée utilise les registres comme la source principale de la pensée. Ces registres sont la connaissance de l'individu. Ensuite, la même pensée utilise des images mentales pour donner à ces registres le dynamisme, parce que les registres sont des entités plutôt statiques si on ne compte pas les mouvements des molécules.

Notre pensée est toujours supérieure à tout ce que nous avons mentionné jusqu'à présent. Elle contrôle et organise tout. Elle est neutre, indépendante de toutes les activités intellectuelles. Enfin, notre pensée dirige toute la communication cognitive, elle procure la « *médiation cognitive* ».

3.7.6 Figure 3.3 : Emplacement de l'individu dans le processus « sens – perception »



3.8 Contenu des savoirs scientifiques

Les savoirs comportent un certain nombre de caractéristiques. A partir de ces points, je prends le côté scientifique, car seuls des savoirs scientifiques comportent des caractéristiques universels : le point le plus important est là, l'universalité des savoirs. Afin que les savoirs soient universels, ils doivent être reproductifs, tant au plan expérimental qu'au plan de la construction. Si le contenu des savoirs n'est pas reproductif, ils n'auront pas de valeur scientifique. A présent, je vais proposer un certain nombre de caractéristiques des savoirs scientifiques. Ils sont :

- reproductifs, à tous les lieux du monde dans des conditions similaires,
- universels, valables partout,
- hypothétiques, ils ne sont jamais vérifiés totalement,
- constructifs, dynamiques et évolutifs, avec leur théorie et ses composantes,
- réalistes au plan cognitif et au plan pragmatique,
- falsifiables par des expériences et par des nouvelles théories (Popper, Chalmers),
- significatifs avec leur paradigme (Kuhn, 1972).

Ensuite, nous passons à l'étape suivante : quel est le contenu de ces savoirs scientifiques ? Pour la formation des connaissances scientifiques, nous nous rendons compte de l'existence d'un certain nombre d'éléments appartenant aux savoirs scientifiques. Les savoirs scientifiques possèdent :

- théories,
- définitions,
- concepts,
- vocabulaires,
- valeurs scientifiques et sociales
- processus (en tant qu'expérience cognitive et perceptive),
- applications en des domaines différents,

-

Afin d'articuler les composantes des savoirs scientifiques, nous devons ; former d'abord les composantes des savoirs (concepts, termes, vocabulaires...), réaliser des expériences au plan perceptif et cognitif, puis construire le sens de chaque activité perceptive et cognitive. Ceci veut dire que dans le processus d' « expérience », il s'agit de faire des inférences entre les éléments des savoirs, et dans le processus de « construction », il s'agit d'attribuer un sens à ces constructions. La formation comporte à la fois un processus d' « expérience » et de « construction ». Le sens de la formation des savoirs est l'ensemble de l'enchaînement entre ces deux activités.

3.8.1 Sources des savoirs scientifiques ou des connaissances

*Acquérir le savoir, c'est le connaître (...)c'est par l'acte de connaître que le savoir s'acquiert(...)*¹
Ce commencement peut être intéressant pour l'individu comme point de repère. Nous avons toujours besoin de nous référer à quelque chose pour préciser notre situation actuelle dans le temps et dans l'espace. Cette fois, nous sommes dans l'espace de la connaissance et du savoir. Il y a diverses approches pour les distinguer. Pour moi, ce sont deux manifestations différentes de la même chose.

Quant à moi, tout ce qui se passe autour de nous, **c'est un écoulement de pensées construit en fonction d'une expérience cognitive et d'une expérience perceptive**. Le savoir et la connaissance sont les deux formes de cette construction. Si cette **configuration** est en train de se faire, je la nomme la connaissance d'un individu. Si la formation et la construction sont terminées, représentées et dissociées d'un individu, cette connaissance devient le savoir. Quel type de savoir ? C'est le savoir individuel, même s'il appartient au savant, on a encore besoin d'étapes pour qu'il soit universel. La connaissance du savant ne peut pas se réduire tout de suite au savoir universel. Il y a des épreuves à passer, comme citées plus haut, les caractéristiques des savoirs scientifiques. Si le savoir passe toutes ces épreuves, celui-ci devient le savoir universel, c'est-à-dire un savoir reconnu par tout le monde.

Si nous faisons des expériences sur ces types de savoirs, nous pouvons les accepter comme références. Pour la connaissance, l'universalité pose un problème. Il me semble que la totalité des connaissances des êtres humains peut porter un caractère universel.

Nous pouvons constater au cours du processus de la perception et de la représentation, les passages de la connaissance au savoir ou du savoir à la connaissance. Dans les deux cas, il y a un transfert des constructions du milieu à l'individu et de l'individu au milieu.

¹ De la Garanderie, A. (2003). **Comprendre les chemins de la connaissance : une pédagogie du sens**, Chronique sociale, Lyon.

Que se passe-t-il au cours de ces transferts? Je dirais que nous faisons notre recherche sur les inférences entre le savoir et la connaissance.

Nous pouvons comprendre que travailler avec le savoir universel est plus intelligible grâce à sa stabilité. A partir de maintenant, ma prise de position est de prendre en compte le savoir universel comme référence pour la formation des savoirs scientifiques en passant par les étapes des connaissances des individus. Pour résumer la manifestation concrète de la pensée construite, est le savoir brut, alors que la manifestation abstraite de la pensée construite est la connaissance.

Je pourrais dire que la source des savoirs est due à la connaissance humaine. Alors que représente cette dernière ?

Je voudrais avancer dans mon parcours à l'aide des idées de Karl Popper¹. Il explicite l'origine des connaissances au cours d'une conférence le 20 janvier 1960, à la British Academy en disant :

« ... la vieille querelle qui a opposé l'école philosophique anglaise et l'école continentale: la controverse entre l'empirisme classique de **Bacon, Locke, Berkeley, Hume et Stuart Mill** et le rationalisme ou intellectualisme classique de **Descartes, Spinoza et Leibniz**. Dans cette controverse, en effet, l'école anglaise soutenait que le fondement ultime de toute connaissance, c'est l'observation, tandis que l'école continentale affirmait que c'est la vision intellectuelle des idées claires et distinctes.

La plupart des questions débattues dans cette controverse demeurent tout à fait actuelles. Non seulement l'empirisme, qui continue d'être la philosophie dominante en Angleterre, a conquis les États-Unis. mais même dans le reste de l'Europe, c'est désormais cette doctrine que l'on tient le plus souvent pour la vraie théorie de la connaissance scientifique. L'intellectualisme cartésien n'a malheureusement été que trop souvent déformé pour devenir l'une ou l'autre des variantes modernes de l'irrationalisme.

...ma position, bien que je sois moi-même un empiriste et un rationaliste d'un style particulier. Je considère que si l'observation et la raison ont chacune un rôle important à remplir, leurs fonctions respectives diffèrent néanmoins de celles que leurs classiques champions leur ont assignée. Je chercherai à montrer, tout particulièrement, que ni l'observation ni la raison ne peuvent être définies comme la source de la connaissance... »

A partir de ce point, Popper se positionne par rapport à deux courants et finalise son point de vue. La base du savoir objectif (*Objective Knowledge*², 1979) de Popper (selon moi, savoir universel) repose sur cette approche.

« Il se trouve que je ne suis pas seulement un empiriste et un rationaliste d'un genre particulier, mais également un libéral (au sens anglais du terme) ; or c'est précisément parce que je suis un libéral que j'estime qu'il y a peu de choses qui soient plus importantes pour un libéral que de soumettre les diverses théories produites par **la pensée libérale à un examen critique approfondi.**

¹ Popper, K., R., (1998). **Des sources de la connaissance et de l'ignorance**, Editions Payot&Rivages. p.15-17, 30-36.

² Popper, K., R., *Objective Knowledge*, Oxford University Press, Revised Edition (reprinted with corrections and a new appendix 2), 1979. First published: Oxford University Press, 1972.

C'est en procédant à un examen de ce type que j'ai découvert le rôle qu'ont joué certaines théories épistémologiques dans le développement de la pensée libérale et, en particulier, les différentes formes qu'a revêtues l'optimisme épistémologique. Et j'ai dû convenir, en tant qu'épistémologue, qu'il me fallait rejeter ces théories comme irrecevables. Cette expérience peut servir à montrer que nos rêves et nos attentes ne déterminent pas nécessairement les résultats que nous produisons et que, pour rechercher la vérité, la meilleure méthode consiste peut-être à commencer par soumettre à la critique nos croyances les plus chères. Ce projet pourra sembler retors à certains, mais non à ceux qui veulent découvrir la vérité et ne s'en effrayent pas¹.

Du fait que nous sommes sur le point d'explicitier la source de la connaissance, nous pouvons continuer à explicitier le reste de ce discours, l'autre composante du continuum de la construction humaine, ainsi que la source de l'ignorance. **Popper** la décrit :

« La connaissance, c'est-à-dire la possession de la vérité, n'a pas besoin d'être expliquée. Mais comment se peut-il que nous tombions dans l'erreur dès lors que la vérité est manifeste ? La raison est à chercher dans notre refus coupable de voir cette vérité, pourtant manifeste, ou dans les préjugés que l'éducation et la tradition ont gravés dans notre esprit, ou encore dans d'autres influences pernicieuses qui ont perverti la pureté et l'innocence originelles de notre esprit. L'ignorance peut être l'ouvrage de puissances qui conspirent à nous maintenir en cet état, à contaminer notre esprit en y faisant pénétrer la fausseté ainsi qu'à nous aveugler pour nous empêcher de voir la vérité manifeste. Ce sont par conséquent ces préjugés et ces puissances hostiles qui constituent les sources de l'ignorance. »

3.8.2 Savoir/didactique

« Les didactiques des disciplines ont pour l'étude des processus de définition, de transmission, et d'acquisition des savoirs² » Cette définition est le point de repère pour ce travail. De temps en temps, je passerai sur ce point pour maintenir la totalité de notre étude. Entre le couple savoir/didactique, est intimement lié dans les parcours des didacticiens, **Develay**³ formule les rapports ci-dessous en se référant à la préoccupation de la didactique.

« ...La didactique s'intéresse aux apprentissages des élèves en considérant que la nature des savoirs assez largement explicative de leurs échecs et de leurs réussites. En quelque sorte, si un élève réussit mieux dans une discipline que dans une autre, ce n'est pas seulement à cause de la méthode employée. C'est en grande partie à cause de la nature des savoirs en jeu. Il nous faut donc comprendre ce qui spécifie un contenu, ce qui caractérise la nature d'un savoir, d'un rapport à ce savoir. »

3.9 Savoirs universitaires / scolaires et la transposition didactique

Après, ce court passage, nous arrivons à un des pôles des études des didacticiens. Quels types de rapports existent-ils entre les savoirs universitaires et scolaires ? Et comment pouvons-nous passer des savoirs universitaires aux savoirs scolaires ? Develay explicite dans les lignes suivantes la nature des savoirs scolaires :

¹ Popper, K., R., (1998).p.31-36

² L'école doctorale: **savoirs scientifiques**: épistémologie, histoire des sciences, didactique des sciences, Université Paris 7.

³ Develay, M., (1995). **Savoirs scolaires et didactiques des disciplines**, une encyclopédie pour aujourd'hui, ESF éditeur, Paris. p.15

« Jean Pierre Astolfi a montré que les savoirs scolaires ne sont pas des savoirs théoriques, ni des savoirs pratiques, mais, pour reprendre l'expression de G. Delbos et de P. Jorion¹, **des savoirs propositionnels**. En effet, les savoirs théoriques ont la particularité d'être plastiques, flexibles, malléables car susceptibles d'être utilisés dans des situations diverses, alors que les savoirs pratiques sont inféodés à des conditions d'usage très normées. Connaître le niveau de la zone de croissance des feuilles de graminée de ma pelouse est un savoir théorique qui me permet de déterminer quelle est la hauteur de coupe d'un gazon la plus favorable pour tondre moins fréquemment. Savoir que ma tondeuse installée à un niveau 2 me permet de tondre moins souvent est un savoir pratique, inféodé à cette tondeuse, à mon herbe, à mon terrain. Malheureusement, à l'école, souvent, le savoir enseigné n'est ni pratique car il ne fait pas référence à un contexte précis, ni théorique car il n'est que rarement ou peu transféré. C'est la raison pour laquelle on en parle comme d'un savoir propositionnel. « *C'est un savoir qui se contente d'énoncer des contenus, sous forme de propositions logiquement connectées* »²

Si nous voulons confronter l'interprétation d'Astolfi avec la représentation théorique de la « *transposition didactique* » proposée par Develay^{3, 4} dans la page suivante, nous pouvons nous rendre compte de l'influence de ces savoirs proportionnels. Quand nous remontons un peu en arrière, la provenance de la théorie appartient à un sociologue⁵, Verret M. (1975), ensuite à un didacticien⁶, Chevallard Y. (1985), qui a transformé cette théorie aux champs de la didactique.

Néanmoins, la construction théorique de « *transposition didactique* » de Develay contient un certain nombre d'incompatibilités avec des travaux actuels ainsi qu'avec ma recherche, c'est la raison pour laquelle, je voudrais faire quelques remarques pour mieux analyser le fonctionnement de ce système :

- la première remarque est évidemment l'influence de l'approche sociologique, plutôt une demande sociale des savoirs par rapport aux besoins des institutions, ce ne sont pas les individus qui sont au centre, au contraire, ce sont les institutions ou les groupes en cause,
- la deuxième remarque, le fonctionnement de ce système est une structure statique, même si l'approche de Martinand⁷ a beaucoup contribué au dynamisme de cette structure, elle est loin de répondre aux demandes des individus, parce que l'individu a un rôle dans la société, mais celui-ci est une des dimensions des individus,
- la troisième remarque est la disparition de la structure épistémologie des savoirs scientifiques,
- la quatrième remarque est le manque du médiateur entre le producteur des savoirs (savoirs savants) et le constructeur des savoirs à enseigner,
- la cinquième remarque est le manque de la dimension cognitive des individus...

¹ Cité par [Develay (1995)] : Delbos, G., Jorion P., (1984), **La transmission des savoirs**, Paris, Maison des sciences de l'homme.

² Astolfi, J.-P., (1992). **L'École pour apprendre**, ESF éditeur.

³ Develay, M., (1992). **De l'apprentissage à l'enseignement**, ESF éditeur, Paris.

⁴ Develay, M.,(1995). **Savoirs scolaires et didactiques des disciplines**, une encyclopédie pour aujourd'hui, ESF éditeur, Paris

⁵ Verret M., (1975). **Le temps des études**, Paris, Librairie Honoré-Champion.

⁶ Chevallard Y., (1985). **La transposition didactique**, Grenoble, Éditions sauvages.

⁷ Le terme, **des pratiques sociales de référence**, a été introduit par J.-L. Martinand, dans **Connaître et transformer la matière**, Berne, Peter Lang, 1986.

Ce qui est essentiel dans cette conjoncture, n'est pas de critiquer, c'est plutôt de faire augmenter le dynamisme et le fonctionnement de ce système.

Nous allons à présent voir le schéma de la transposition didactique, ensuite je vais vous proposer quelques propositions pour qu'elle soit dynamique et fonctionnelle et prenne en compte la structure multidimensionnelle des individus et des savoirs scientifiques.

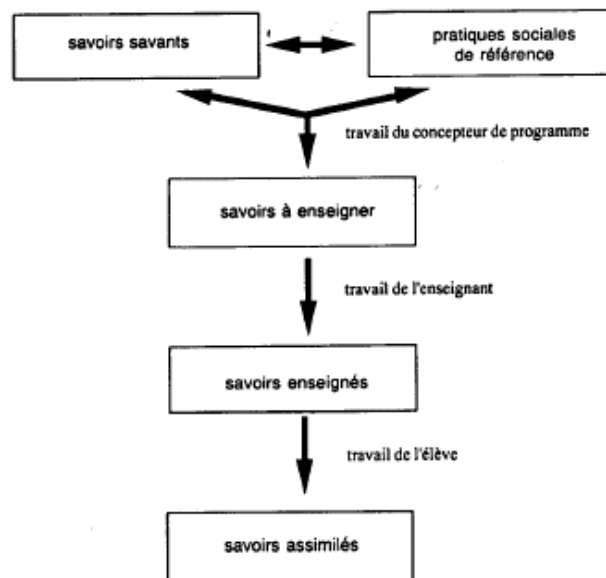


Figure 3.4 : les différents degrés de la transposition didactique¹

Que faut-il faire pour que la transposition didactique soit dynamique et fonctionnelle ?

- Passer d'une transposition didactique à une transposition didactique dynamique et élargie.
- Synchroniser les activités cognitives et perceptives de tous les acteurs de ce système, des chercheurs aux apprenants ; il ne faut pas oublier que tous les acteurs de cette structure ont les mêmes systèmes cognitifs et perceptifs de base, la seule différence est la formation des chercheurs.
- Articuler les savoirs scientifiques et les connaissances naïves pour que la pensée des apprenants soit prête à un passage, d'une logique à l'autre, c'est-à-dire construire des liaisons entre les systèmes des pensées de ces acteurs, déterminer des points similaires et distincts.
- Déterminer le rôle du médiateur pour construire les connaissances des individus à partir des savoirs scientifiques ; dans ce cas, nous n'allons plus parler des savoirs à enseigner et des savoirs enseignés, nous allons parler de la structure institutionnelle des savoirs et de la structure individuelle des connaissances scientifiques et naïves.

¹ Develay (1992).

- Organiser le contenu des formations en faisant attention à toutes les dimensions du contenu des savoirs, ainsi qu'au point de vue **social, épistémologique et cognitif**.

Une fois que nous avons compris la logique de la transposition didactique dynamique et élargie, nous pouvons passer au fonctionnement de ce système, de nos jours, nous l'appelons « formation ». Dans les lignes suivantes je vais proposer une définition pour la formation, pour qu'elle soit compatible avec l'organisation des savoirs scientifiques (ce que j'entends par là, c'est la transposition didactique élargie et dynamique.)

3.10 De « la main à la pâte » à « la tête à la pâte »

Nous pouvons considérer la formation comme le fonctionnement de la dynamique des savoirs et des connaissances entre les acteurs : producteur (savants et pratiques sociales de référence), médiateur, apprenant...

« La formation » est un processus de la signification, du développement et de l'adaptation des activités cognitives et perceptives qui se réalisent sous le contrôle des savoirs scientifiques légitimés.

Nous pouvons constater que le titre et la définition que j'ai donnés pour la formation sont compatibles, deux explications analogues, pragmatique et intellectuelle, le sens d'intelligence est « celui de **Piaget** »¹ quand il dit :

...« **l'intelligence** par la réversibilité progressive des structures mobiles qu'elle construit, c'est donc redire, sous une nouvelle forme, que l'intelligence constitue l'état d'équilibre vers lequel tendent toutes les adaptations successives d'ordre sensori-moteur et cognitif, ainsi que tous les échanges **assimilateurs** et **accommodateurs entre l'organisme et le milieu** ».

Il s'agit de l'organisation de deux types d'expériences, tant au plan cognitif qu'au plan perceptif et sensoriel. Nous pouvons avoir recours à différents points de vues relatifs à ce sujet. Par exemple, un chercheur allemand², Niedderer, 1999 (pour lui, des formes plus interactives de cours et plus d'efforts pour relier théorie et pratique pendant les TP, constituent des principes importants ; il s'agit non seulement « de « faire » avec « les mains » mais aussi avec « la tête »³) et un chercheur français, Jean-marc Lévy-Leblond⁴ parlent de la même chose dans deux discours totalement différents. Même le projet de la main à la pâte se dirige vers cet objectif, c'est du moins ce que j'ai compris à partir des dernières discussions concernant ce sujet. Ce qui est sûr, à partir de tous ces propos, c'est l'importance de la composition des activités cognitives, perceptives et sensorielles.

¹ Piaget, J. (1967). **la psychologie de l'intelligence**, Arman Colin, Nouvelle présentation, 1998.

² Niedderer, H. (1999). Recherche et développement en didactique de la physique à l'université; résultats et tendances. Didaskalia-n°14-1999. p. 95-113

³ le texte original: ...non only « hands on », but also with « minds-on »:

⁴ Jean Marc, Lévy-Leblond, extrait dans le discours de Physicien CEA, à la Radio France Culture L'émission 17.02.2004 & Jean-Marc, Levy-Leblond (2000). Impassiences, Bayard édition. Seul (2003).

En partant d'une logique semblable, ma proposition sera l'articulation des passages : **de l'expérience perceptive à l'expérience cognitive** ou bien vice versa, pour que la formation soit dynamique et fonctionnelle, tant au niveau des individus, qu'au niveau des programmes scientifiques. Cette conclusion est vraiment importante, car il s'avère que les deux aspects perceptifs et intellectuels sont liés entre eux et toujours en interaction, de même qu'il y a un courant d'informations entre deux systèmes ou plus correctement, deux dimensions différentes de la même structure humaine.

3.11 Former aux concepts en sciences physiques

Pour comprendre le contenu de la physique moderne, nous avons conduit deux parcours de recherche, l'un sur la production du savoir, au sens épistémologique, philosophique et phénoménologique, l'autre au sens de la formation, de la construction et de l'expérimentation des savoirs sur des sujets différents. Ce qui est essentiel dans ces deux parcours, c'est le reflet de l'un sur l'autre. De ce fait, la continuité et la transmission des savoirs nécessitent de prendre en compte à la fois les deux pistes de recherche.

Durant cette recherche, un des nos objectifs est d'examiner ces concepts dans la perspective de la physique actuelle, **ainsi que de déterminer quels types de rapport il existe entre l'observabilité des phénomènes, la perceptibilité des objets, de leurs qualités et le processus d'abstraction.**

La première piste que nous avons suivie était plutôt d'ordre théorique, croisant philosophie, didactique et histoire des sciences, la deuxième plutôt pragmatique, avec le versant de l'expérimentation. Au cours du processus d'expérimentation, nous nous sommes intéressés aux raisonnements des étudiants. Pour avoir un large spectre sur ces raisonnements, nous avons dû organiser les situations et les questions pour accéder autant que possible aux types de réflexion des étudiants.

Dans notre hypothèse, type de réflexion, type d'expérimentation perceptive et cognitive sont liés aux différentes étapes de l'abstraction. Chaque information et réflexion que nous pouvons avoir à partir des étudiants, permettent de mieux analyser le contenu du savoir et sa liaison avec d'autres éléments. **Or, les concepts, que nous en rapportions aux définitions produites par la didactique des sciences ou par la philosophie,** sont l'élément essentiel du savoir scientifique, car ils sont totalement une production de l'intelligence humaine et peuvent être significatifs seulement à la fin du processus de l'abstraction cognitive.

Nous avons mentionné plus haut la structure multidimensionnelle des savoirs scientifiques. A partir de là, nous pouvons nous demander comment on peut transmettre ces savoirs aux sujets au sein des écoles : en formant – en passant par des approches épistémologiques ou philosophiques - ou en

construisant ? ou bien encore en expérimentant ? Selon nous, la définition, la transmission et l'acquisition des savoirs doivent se réaliser à la fois en expérimentant, en construisant et en formant. Tous les niveaux de la formation des sujets –élèves comme étudiants et futurs enseignants- gagneraient à inclure en les croisant, les complétant les unes par les autres, des approches philosophiques et épistémologiques qui partiraient de la genèse des concepts à la fois philosophiques et scientifiques, pour introduire et former aux concepts de la physique moderne.

Il s'agit d'abord de former aux composantes des savoirs (concepts, termes, vocabulaires...) – ce qui relève proprement de l'approche philosophique-, ensuite de réaliser des expériences au plan perceptif et cognitif, et enfin de faire construire le sens de ces activités. Ce qui veut dire que via le processus d'« expérience », il s'agit de faire interagir les éléments des savoirs, le processus de « construction » et *in fine* d'attribuer du sens à ces constructions – ce à quoi contribueraient encore les apports de l'épistémologie et de la philosophie des sciences. La formation comporte à la fois un processus d'« expérience » et de « construction ». Le sens de la formation des savoirs se construit dans l'ensemble de l'enchaînement entre ces deux activités.

3.11.1 Savoir scientifique/de l'importance des concepts

Former aux concepts, en sollicitant la philosophie, n'a pas beaucoup de sens en soi-même pour l'acquisition des savoirs scientifiques. Si le concept est l'un des éléments essentiels des savoirs scientifiques, il ne faut jamais réduire la construction des savoirs scientifiques aux concepts. Nous devons prendre en compte la complexité du contenu des savoirs scientifiques.

Si nous examinons le contenu des savoirs, nous pouvons nous rendre compte que les concepts comportent un caractère privilégié, celui-ci provient de nos perceptions, car elles sont intimement liées à la structuration des concepts. Durant toutes les étapes d'abstraction, nos perceptions participent à ce processus. Plus le processus d'abstraction est long, plus le degré d'abstraction des concepts est élevé. Le déroulement du processus de l'abstraction est lié aussi à l'accessibilité des objets et de leurs caractères à nos sens.

Ce processus ne fonctionne pas tout seul, il requiert toujours les interventions de plusieurs variables intrinsèques et extrinsèques. Ce qui est intrinsèque, ce sont plutôt les activités cognitives, ce qui est extrinsèque, ce sont plutôt les activités sensorielles et perceptives. Si ces variables sont organisées sous contrôle de la construction, de l'expérimentation et de la formation, les savoirs scientifiques seront significatifs pour la structuration intellectuelle des sujets. Sinon, il reste encore deux choix, le côté du sens commun et celui de la fausse science. Comme le soulignait **Viennot** (1986) « pour que l'enseignement soit efficace et l'élève intéressé, il faut qu'une prise de conscience se fasse : la physique permet de dire et de faire sur **un mode autre que la pensée naturelle** »¹ Si on commence à raisonner dans la logique de la production, de la construction et de la formation des

savoirs scientifiques, nous serons disposés à mieux organiser nos acquis à partir du monde extérieur.

Eclairage philosophique nécessaire

C'est sur le constat d'un manque de définition claire et même d'une absence de définition des concepts que nous avons jugé heuristique d'éclairer notre approche didactique par des approches philosophiques, à la fois pour tenter de clarifier et de fixer des définitions, et surtout pour redonner toute sa complexité à ce terme.

Ces éclairages philosophiques interviennent à différents niveaux dans notre recherche. D'une part, notre cadre théorique s'est construit en partant de délimitations, définitions proposées par des textes philosophiques. D'autre part, c'est encore en puisant dans le champ philosophique que nous avons pu construire notre cadre d'analyse des données recueillies.

3.11.2 Degrés d'abstraction des concepts et notre proposition de regroupement

Nous proposons les regroupements suivants :

Du point de vue conceptuel :

Nous distinguons les 3 concepts suivants :

Le **concept descriptif**² (observable directement avec l'œil nu dans la nature: la chaise, la table...).

Le **concept théorique** (non-observable directement, mais perceptible à l'aide d'un appareil et dans le cadre d'une théorie appropriée : atome, molécule, proton, gène, lumière...).

Le **concept théorétique** (non-observable et non –perceptible en pratique, observable dans le cadre de l'observabilité et de la présence simultanée de l'observateur et conceptualisable à la lumière d'une théorie et d'une hypothèse ad-hoc : dinosaures, évolution, sélection naturelle, fossiles, big-bang ...).

Ce type de classification permet de mieux examiner l'origine et le degré d'abstraction des concepts. Indiquons par ailleurs que certains concepts peuvent tout à fait relever de deux groupes à la fois.

Par exemple :

Ondes :descriptif (ondes matières) et théorique (ondes électromagnétiques)

Vitesse :descriptif/théorique

Energie : théorique/théorétique

Gravitation : descriptif/théorique

Mouillage : descriptif /théorique

¹ Viennot, L. (1986). *Raisonnement en physique*, De Boeck &Larcier s.a., Paris, Bruxelles.

²Lawson, A.E., et al. (2000). "What kinds of scientific concepts exist? Concepts constructions and intellectual development in college biology", *Journal of research in science teaching*, vol, 37, issue 9, pp. 996-1018.

On peut multiplier ces exemples, mais dès lors, nous pouvons constater facilement que la plupart des concepts de la physique moderne sont des concepts théoriques et comportent une très profonde abstraction. Ceci ne veut pas dire que les autres concepts ne sont pas abstraits, tous les concepts sont en effet abstraits dans le processus cognitif. Cette classification peut permettre de connaître la mesure du degré de l'abstraction ou permettre de mieux examiner le processus de l'abstraction à partir de nos perceptions. **Ainsi plus le processus de l'abstraction est long et imprécis, plus le degré de l'abstraction est élevé.**

Du point de vue expérimental :

Selon notre perception du monde, nous pouvons procéder au regroupement suivant :

- **Le monde visible (visibilité concrète) :** ce qui est visible par nos propres yeux et avec l'aide des appareils qui donnent des images réelles. Il y a deux types d'interactions, objet sujet (les yeux), et objet appareil sujet (transfert des données).
→ **Le monde descriptif/ concept descriptif**

- **Le monde perceptible (non-visible) :** ce qui est perceptible seulement par les appareils qui donnent des images imaginées et des données perceptibles en provenant des interactions l'objet - appareil.
→ **Le monde perceptible/concept théorique**

- **Le monde représentatif (non- visible, non- perceptible) :** ce qui n'est perceptible ni avec les yeux ni avec les appareils sophistiqués, le monde qui n'est représentable que par des théories adéquates. Le monde théorétique.
→ **Le monde représentatif/ concept théorétique**

Les trois mondes que nous avons mentionnés ci-dessus sont accessibles à notre intelligence à partir des objets et de leurs qualités en passant par un long processus d'abstraction. Nous pouvons enchaîner les étapes selon le schéma qui va suivre.

3.11.3 Le processus d'abstraction

Interaction les outils de percepts avec les qualités des objets

Expérience sensorielle et perceptive

1^{er} étape : processus de construction du sens à partir des perceptions organisées

Expérience cognitive

2^{ième} étape : regroupement des sens

Abstraction

3^e Construction de « sens-perception »

Conceptualisation

4^e Registres cognitifs

(conceptuels, imaginaires et
sémiotiques)

Au cours de la réalisation de ce processus, il y a deux types d'expériences consécutives : l'une est l'expérience perceptive, l'autre l'expérience cognitive (cf. la perception-sens) et deux types d'activités méta-cognitives (abstraction et conceptualisation) qui organisent des données provenant des expériences. Enfin, nous pouvons utiliser ce processus comme un outil pour tester le degré de l'abstraction des concepts et leur emplacement dans les registres cognitifs.

3.12 Modes de raisonnement des étudiants en physique moderne

3.12.1 Raisonnement usuel en physique moderne

Lorsque nous parlons de la physique moderne, nous nous intéressons principalement à quelques concepts de la physique. Il faut bien se rendre compte que la physique est une discipline d'ensemble, quel que soit le champ de recherche : le concept d'énergie de la mécanique classique n'est pas différent de celui de la physique quantique.

Mais, quand nous nous intéressons à la physique, nous devons bien nous rendre compte de certains changements conceptuels de la physique et du changement du contenu de celle-ci. Ces changements sont continus et continueront sans cesse. S'il y a un changement de paradigme, nous ne changeons pas tous les concepts de la discipline, mais notre façon de percevoir, notre façon d'expérimenter et les théories ne sont pas compatibles avec notre façon de penser et de concevoir.

La plupart du temps, nous travaillons sur les mêmes concepts en les faisant évoluer et en les reformulant par rapport à nos besoins : tous les jours, le contenu des concepts s'accroît en fonction de l'augmentation des savoirs scientifiques et des expériences scientifiques et quotidiennes. Cette expansion apporte deux interprétations différentes, puis, évidemment deux raisonnements différents : le raisonnement naturel et le raisonnement scientifique.

Ces deux types de raisonnement sont bien existants et présents dans tous les établissements scientifiques, scolaires et populaires. Parfois, nous avons du mal à savoir lesquels sont scientifiques et lesquels sont non-scientifiques. Notre préoccupation sera bien évidemment l'établissement scolaire, mais nous devons prendre en compte toutes les variables intrinsèques et extrinsèques qui interviennent dans notre façon de raisonner.

La première chose à faire, c'est d'énumérer les types de raisonnements des étudiants. Bien entendu, la première catégorisation sera le raisonnement canonique et le raisonnement naturel. Ensuite, en partant de ces deux grandes tendances, nous allons tenter de trouver les autres tendances, plutôt les sous catégories de ces dernières.

Y-a-il une limite entre ces deux types de raisonnements ?

De nos jours, une réponse à cette question devient de plus en plus ardue, car l'influence des médias est tellement grande. Il est difficile de reconnaître quel type de raisonnement est plus correct par rapport à l'autre. Autrement dit, on a du mal à comprendre l'origine et la vraie connaissance scientifique.

Une des finalités de l'enseignement scientifique dans des établissements scolaires et universitaires est de rendre accessible (ou transmettre) correctement les savoirs scientifiques aux individus. Est-ce suffisant ? Non ! Il faut ensuite développer une logique scientifique ! Ce point est très important, peut-être aussi important que les savoirs scientifiques.

Une fois que nous avons acquis les savoirs scientifiques accompagnés d'une logique scientifique, nous pouvons être conscients de ce qui se passe autour de nous. Nous pouvons également interpréter le monde dans lequel nous vivons et les phénomènes auxquels nous sommes confrontés tous les jours.

J'ai lu toutes les réponses données à nos questions par des élèves et des étudiants. En partant de cette esquisse, après une analyse préliminaire et après avoir confronté les réponses à un certain type de raisonnement, je n'ai pas pu déceler quels raisonnements sont scientifiques et lesquels ne le sont pas. ? Il n'y a pas une distinction précise entre les raisonnements scientifiques et naturels, par contre les tendances sont visibles. A présent, j'aimerais souligner quelques types de raisonnements comme hypothèse ; après une analyse pointue de mon questionnaire, je vais essayer de vérifier mes hypothèses.

L'équipe de Mme Viennot et de ses collègues a fait beaucoup de recherches pointues (le raisonnement spontané en dynamique élémentaire (1979), Raisonner en physique (1996), enseigner la Physique (2003), et une dizaine de thèses et beaucoup d'articles et de recherches) sur ce sujet. Durant mon travail, ces recherches m'ont beaucoup aidé, dès le début de mes études en France et

durant le déroulement de ma thèse : je leur ai emprunté un certain type de raisonnements adéquats à ma recherche, cela sera évidemment une hypothèse. Voilà ces tendances hypothétiques :

Tout d'abord, il y a deux grandes catégories qui précisent ce qui est scientifique et ce qui ne l'est pas : Raisonnement canonique et le raisonnement naturel (spontané)

Ensuite, les raisonnements usuels trouvés au cours de notre recherche autour de quelques concepts et quelques phénomènes reliés au domaine des sciences physiques :

Le raisonnement conceptuel (cognitif)

Le raisonnement imaginaire (cognitif)

Le raisonnement expérimental (sensoriel, perceptif)

 Le raisonnement linéaire causal (cognitif et expérimental) (Viennot, Rozier)

 Le raisonnement séquentiel (cognitif, expérimental) (Closset)

Le raisonnement phénoménal (perceptif) se base sur les phénomènes

Le raisonnement conditionnel (si c'est....) ?

Le raisonnement faux (par rapport à l'argumentation)

Le raisonnement relationnel entre les deux ou plusieurs cas plus ou moins liés

Le raisonnement transitif (d'un cas à un autre cas qui sont liés entre eux.)

Ces raisonnements sont totalement liés aux activités cognitives, perceptives et sensorielles. A quel moment, sont-ils scientifiques et naturels ? La réponse à cette question sera un des objectifs de cette recherche.

Un autre parcours dans ma thèse est de rechercher les rapports entre les types de concepts et de phénomènes physiques et les types de raisonnements accompagnant ces derniers. Avancer dans ces parcours nécessite de connaître la nature des concepts ou les types de concepts pour que nous puissions les lier entre eux.

3.13 Relations entre les connaissances naïves et les savoirs scientifiques

Comment distinguons-nous ces deux types de connaissances ? Que comprenons-nous dans chaque expression ? Et comment pouvons-nous les intégrer ? Dans cette partie, je vais me référer aux travaux de Tiberghien et al. (2002) pour pouvoir expliciter ce sujet.

Les connaissances des individus seront examinées dans la partie du fonctionnement cognitif des individus. A partir de ce point-là, nous pouvons constater de quelle manière elles sont liées aux structures cognitives des individus.

Je voudrais débiter par le terme de « naïf » en vue de le mettre à sa bonne place.

« ...le terme "naïf" renvoie aussi bien aux connaissances ou savoirs communs ou quotidiens partagés socialement, qu'aux connaissances spontanées mises en oeuvre par des individus dans des situations particulières. Par la suite nous utilisons naïfs ou quotidiens sans distinction. De même la différence entre les termes de "connaissances" au pluriel, et "savoir" associé à "scientifique" au singulier, n'est pas débattue. Nous considérons que **la connaissance est plutôt celle d'une personne, alors que le terme de savoir se rapporte davantage à une institution sociale**, mais nous ne faisons pas de distinction radicale dans le texte.p.1 (Tiberghien, A.)¹

Suite à cette explication, Tiberghien continue à expliciter la nécessité de l'articulation entre les connaissances naïves et les savoirs scientifiques : quatre raisons essentielles motivent cette synthèse

- L'importance d'étudier les connaissances naïves dans la mesure où les **connaissances initiales**, dont une grande part sont "naïves" **pour une majorité d'apprenants, jouent un rôle déterminant dans leur acquisition des savoirs scientifiques** ;
- l'intérêt de cerner l'impact de l'enseignement scientifique à l'école **non seulement sur les connaissances scientifiques à la sortie du système scolaire mais aussi sur celles mises en oeuvre dans la vie quotidienne** qu'on appelle connaissances quotidiennes, communes ou naïves ;
- l'utilité à élucider la question de la **coexistence inévitable**, à tous les âges et quel que soit le niveau scolaire, **des connaissances naïves ou quotidiennes et scientifiques** ;
- la nécessité de mieux caractériser les conditions qui permettent de développer, chez les apprenants, des savoirs scientifiques en relation avec les savoirs scientifiques et techniques de la société actuelle.

Ces quatre raisons sont très importantes pour la formation des savoirs scientifiques, car ces constats sont les résultats de véritables productions de travaux pluridisciplinaires, tant au niveau psychologique qu'au niveau didactique (la didactique nourrit d'ailleurs plusieurs disciplines, c'est une discipline qui est construite sur un champ pluridisciplinaire), plus particulièrement l'articulation des études psychologiques récentes. Les travaux de Vygostki ont une grande influence (la pensée et le langage), il disait qu' « *il y a une dialectique entre connaissances naïves et scientifiques* ». Ainsi, dans la lignée de Vygostki, « *il ne s'agit pas de détacher les connaissances naïves, mais les deux types vont se développer et peuvent interagir* ».

A ce propos l'interprétation de **Cordier, F.**² est que « *Les connaissances sont vues au sein de champs de pratiques dans la cognition située, il n'y a pas de connaissances naïves ou scientifiques, mais des champs de pratiques différents, on peut alors considérer des pratiques quotidiennes professionnelles, scientifiques.* » En fait, la provenance de pleins de problèmes actuels et épistémologiques est là, nous ne nous rendons pas compte à quel moment nous sommes à tel ou tel champ de pratiques !

¹ Tiberghien, A. et all. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique, synthèse d'un colloque autour d'une action « école et sciences cognitives », UMR GRIC, CNRS-Université Lumière Lyon 2, version courte. p.1

² Cordier F. in Tiberghien, A. et all. (2002) p.5.

3.14 Articulation entre différents types de connaissances

Y-a-t-il une possibilité d'argumenter ces connaissances qui apparaissent à partir différents champs de pratiques ? Nous aborderons au préalable l'articulation des savoirs, celui de leur découpage et donc de leur typologie. Voici les typologies qui sont proposées par J. Rogalski, L. Veillard, R. Bouchard¹ afin de pouvoir trouver une articulation entre différents types de connaissances.

Les descriptions et l'analyse des savoirs et des connaissances supposent des catégories qui permettent de «découper» les connaissances ; elles renvoient aux références choisies par les chercheurs pour déterminer ces catégories. Plusieurs catégories peuvent être envisagées.

« Un découpage d'un **point de vue social** renvoie à des institutions, des groupes ou encore des réseaux sociaux où le savoir vit et se transforme. Les objets de savoirs sont stabilisés (et déstabilisés) par des négociations entre les acteurs liés à ces institutions, sphères ou réseaux. Un savoir peut migrer d'un endroit à l'autre ou se propager dans un réseau mais subit alors souvent des modifications. Un processus de transposition (Chevallard, 1991) a lieu lorsque le savoir passe d'une institution à une autre dont les finalités sont différentes comme la production des savoirs, son utilisation ou son enseignement.

Un découpage d'un **point de vue épistémologique** se justifie par une distinction basée sur les différences entre les disciplines en ce qui concerne les objets qu'elles étudient ainsi que leur concepts et méthodes. C'est à ce type de découpage que se réfère souvent la question de l'articulation entre différents types de connaissances dans l'enseignement.

Un découpage peut aussi distinguer différents types de connaissances en fonction de critères plus proprement **cognitifs**. On pourrait citer ici les distinctions entre connaissances procédurales et déclaratives, connaissances en acte, connaissances et métaconnaissances ou encore d'autres essais de distinction des connaissances en fonction de leur rôle dans l'action. »

3.15 L'articulation entre savoirs disciplinaires et savoirs quotidiens (J. Rogalski, L. Veillard, R. Bouchard)².

Une composante de cette question a été traitée dans le thème précédent sur l'évolution des connaissances. Il s'agit ici de la mise en oeuvre de savoirs scientifiques hors du contexte de l'enseignement, peu étudié directement mais présent dans diverses publications dans le champ de l'éducation scientifique. **Un constat est partagé : les élèves rencontrent des difficultés à transférer des connaissances scientifiques scolaires dans le monde quotidien :**

Les interprétations divergent ;

¹ J. Rogalski, L. Veillard, R. Bouchard in Tibergien, A. et al. (2002) p.20.

² J. Rogalski, L. Veillard, R. Bouchard in Tibergien, A. et al. (2002) p.20-24.

- les savoirs quotidiens et les savoirs scientifiques relèveraient de deux cultures de pensée (Hawkins & Pea, 1987)¹.
- les connaissances scientifiques se concentrent sur **des concepts abstraits décontextualisés**, c'est pourquoi, ils ne sont pas transférables directement dans le monde quotidien.
- des étudiants peuvent avoir plusieurs conceptions dans un domaine donné qui sont mises en oeuvre en fonction des contextes ou domaines de tâches.

Il y a **une convergence** des différentes recherches pour suggérer que le transfert d'un contexte à l'autre est possible, que l'enseignement peut avoir pour tâche réaliste de construire des ponts entre pratiques, en donnant du sens au savoir à acquérir et que **des concepts quotidiens peuvent servir d'ancrage à la conceptualisation scientifique**.

Ce thème met en évidence l'ampleur d'un champ encore peu exploré et pourtant essentiel à la compréhension de l'apprentissage de savoirs scientifiques et techniques, celui de l'articulation entre connaissances naïves, savoirs scientifiques et savoirs techniques. Il montre combien la variété des outils et processus en jeu dans l'articulation des connaissances est nécessaire à la compréhension du monde et plus spécifiquement à l'apprentissage. Le transfert, les connaissances métacognitives, la langue et les systèmes de représentation symbolique sont autant d' "outils" en jeu dans cette articulation. Tous ces points encore peu explorés laissent un véritable champ de recherche à étudier.

Comme nous l'avons constaté ci-dessus, la question de l'articulation des différentes connaissances et des savoirs nécessite préalablement une articulation des activités méta cognitives et du langage. Les activités méta cognitives contrôlent plutôt l'organisation des activités cognitives; comment, avec quoi, pourquoi, pour quel but, etc., quant au langage, il est responsable plutôt de la communication intra-structurelle, extra- structurelle, et de la signification des activités. C'est pourquoi le paradigme de « **faire apprendre**- rôle du médiateur » de l'enseignement scientifique doit coïncider à tout moment avec l'approche de l'articulation de l'enseignement des sciences de « **comment apprendre**-rôle de l'apprenant ».

3.16 De la causalité au relationnel

Toutes les conséquences proviennent-elles à partir d'une simple cause ? Ou bien y en a-t-il toujours plusieurs ? Quand on approche ce type de question, la première impression, c'est qu'une cause fait apparaître une conséquence, s'il y en a plusieurs, évidemment il y aura plusieurs conséquences. Par contre, en réfléchissant statistiquement, ma réponse peut être différente, l'ensemble des causes ou l'articulation des causes peut apparaître différemment, comme le phénomène de la diffraction de la lumière. Chaque raisonnement accompagne une argumentation et une cause pour répondre à une

¹ Hawkins, J., Pea, R. D. (1987). "Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking." Journal of Research in Science Teaching 24(4): 291-307.

question posée. Si la situation à laquelle nous nous confrontons nécessite un raisonnement relationnel, celle-ci conduit logiquement à des causes plurielles.

Notre question part de ce point –là : de quelle manière les causes plurielles se transforment-elles en une cause relationnelle ou de quelle manière doivent-elles se transformer pour qu'elles soient liées à une logique de la construction des connaissances scientifique ? Expliquer le monde dans lequel nous vivons tous les jours nécessite une perception plurielle et significative faisant partie de l'observation, de l'expérimentation et d'un bon fonctionnement cognitif.

Je pense que la diversité des causes sur les phénomènes provient de la diversité des perceptions, chaque perception comporte au moins un couple cause-effets, si nous multiplions les perceptions, évidemment ces couples vont se multiplier également, mais, il faudra veiller à une chose, c'est que l'accumulation ne fonctionne pas linéairement ; le fonctionnement non-linéaire apporte une autre dimension, un fonctionnement relationnel tant au niveau mathématique qu'au niveau intellectuel.

Nous donnons ci-dessous un exemple des résultats sur les conceptions dans le domaine des circuits électriques qui sont acceptés par l'ensemble des chercheurs en didactique des sciences. Il s'agit du noyau des résultats stables, introduit comme caractérisant les travaux sur les conceptions.

« L'ensemble des recherches sur les circuits électriques montre que, pour des questions associées à certains circuits simples (générateur ou pile, ampoules ou résistors en série ou en parallèle), des réponses semblables sont obtenues quel que soit le niveau des élèves, de la 6ème à la maîtrise (Closset, 1983 ; Dupin & Johsua, 1986). Ces réponses semblables se retrouvent aussi dans différents pays comme l'a montré en particulier une enquête menée dans plusieurs pays européens (Shipstone, Rhöneck v., Jung, KÄrrqvist, Dupin, Johsua, & Licht, 1988). L'analyse de ces réponses fait apparaître une conception qui illustre une approche en termes de causalité très répandue chez les élèves de tous âges, non seulement dans le cas des circuits électriques mais dans d'autres situations (chauffage, mouvement, etc.). Cette conception consiste à considérer que le générateur est la cause des événements observés, considérés comme des effets (le chauffage du résistor ou la brillance de l'ampoule). Ce générateur fournit un courant à débit constant (médiateur), qui est consommé au fur et à mesure qu'il traverse les éléments du circuit. Une seule variable est utilisée - le "courant" (qui peut aussi, suivant les âges des élèves, être nommé électricité, électrons) - sa valeur dépend de la répartition des éléments dans le circuit. Pour les jeunes élèves, la valeur du courant peut diminuer au fur et à mesure qu'il traverse les éléments du circuit, l'amont n'influe pas sur l'aval. Un point essentiel à signaler est l'intervention d'une notion unique et en même temps multiforme qui va permettre à l'élève d'interpréter ou de prévoir la situation, **le plus souvent à partir d'un raisonnement causal simple.** »¹

¹ Cordier F. in Tiberghien, A. et al. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique, synthèse d'un colloque autour d'une action « école et sciences cognitives », UMR GRIC, CNRS-Université Lumière Lyon 2, version courte.p.9

3.16.1 Point de vue épistémologique

Les travaux sur le changement conceptuel considèrent que l'écart entre les connaissances initiales des élèves et les connaissances enseignées **peut être qualifié de paradigmatique** dans certains cas. Ce point de vue rejoint celui de Kuhn (1972) sur la théorie des révolutions scientifiques et reprend l'idée d'incommensurabilité entre les théories naïves et les théories scientifiques. Pour illustrer cette idée, l'analyse épistémologique est nécessaire ; un grand épistémologue français, A. Koyré, l'a mis particulièrement en évidence, c'est pourquoi un exemple, qui lui a été emprunté, est repris très succinctement ci-dessous. Cette présentation ne suppose pas qu'il y a identité entre l'histoire des sciences (phylogénèse) et l'apprentissage d'un individu (ontogénèse), mais seulement que les analyses historiques et épistémologiques peuvent permettre, dans certaines cas, de mieux comprendre l'évolution des connaissances des élèves.

Cette illustration montre que les "théories naïves" et théories scientifiques conduisent à **"voir" le monde matériel différemment.**

« Koyré a analysé la conception du monde matériel au temps d'Aristote. A cette période, "si tout était 'en ordre', toute chose reposerait dans son lieu naturel, y demeurerait, et n'en bougerait pas ..." (Koyré, 1990a, p. 377 (1^{er} édition 1966 dans Études Galiléennes, Paris : Hermann)). Ainsi "*on n'a donc pas besoin d'expliquer le repos, du moins le repos naturel d'un corps dans son lieu propre ; c'est sa nature elle-même qui l'explique*" et le mouvement dit violent est contre nature, il est nécessairement un état passager. Ce point de vue sur la nature est radicalement différent de celui en jeu dans la physique classique, enseignée dès le collège, qui, en particulier à partir du principe d'inertie, caractérise le repos (un crayon posé sur une table, ou une pierre sur le sol). En poursuivant l'analyse, Koyré montre que ce principe d'inertie peut être incompatible avec certaines théories sur le monde comme celle d'Aristote. L'énoncé de ce principe semble simple ; il "affirme qu'un corps abandonné à lui-même reste dans son état de repos ou de mouvement aussi longtemps que cet état n'est pas soumis à l'action d'une force extérieure quelconque. ... Pour les anciens Grecs, ainsi qu'au Moyen Age, elles [ces conceptions] auraient semblé - ou ont semblé - être manifestement fausses ; et même être absurdes [...]" (Koyré, 1990b, p.383 (1^{er} édition 1966 dans Études d'histoires de la pensée scientifique, Paris : P.U.F.)). »¹

Ce risque d'incompatibilité entre la vue sur le monde de la vie quotidienne et l'interprétation donnée par la physique a des conséquences pour la compréhension des difficultés d'apprentissage de certains concepts de physique. Il devient nécessaire d'explicitier non seulement quel point de vue sur le monde les théories naïves des élèves mettent en jeu, mais aussi celui de la physique enseignée. Dans le cas où les deux points de vue sont différents, on peut faire l'hypothèse d'une difficulté particulière dans l'apprentissage...

Dyskstra¹ (1992) montre que les élèves passent d'une causalité entre force et vitesse en début d'enseignement à une relation entre force et accélération du type : quand l'accélération d'un objet n'est pas nulle alors une force existe, et inversement. Il faut noter que cette évolution nécessite

¹ [Cordier F. (2002) p.10]

aussi que les élèves passent par une étape où ils apprennent à différencier la vitesse de l'accélération pour toute une variété de mouvements. Dans cette évolution, la force passe de la catégorie de base « matière » (propriété d'un objet) à celle de « processus », ce qui, pour Chi² (1994), est un changement conceptuel fondamental.

Si nous faisons un bilan à la fin de cette interrogation, nous pouvons récapituler que l'évolution des connaissances et des raisonnements est un processus continu, un passage d'une étape à une autre, d'un réseau conceptuel à un autre réseau conceptuel, elle dépend aussi de plusieurs variables, soit des expériences, soit des perceptions, des acquisitions scientifiques scolaires et extrascolaires ainsi que des acquisitions culturelles et quotidiennes. De nos jours, certaines activités extrascolaires (médias, musées, conférences...) portent aussi un caractère universel par rapport aux normes scientifiques, c'est la raison pour laquelle, nous ne pouvons nier la dimension des connaissances quotidiennes scientifiquement partagées.

3.17 Contenu conceptuel, développement et changement du contenu conceptuel

Par un concept, nous entendons l'organisation d'un système complexe, perceptif et mental. C'est le point de départ de l'enjeu de notre travail. Nous avons traité plusieurs fois l'importance de cette organisation tout au long de ce travail, tant au plan conceptuel qu'au plan perceptif. J'aimerais démontrer que de chapitre en chapitre, notre sujet s'éclaircit.

Bien évidemment, ce sujet a plusieurs dimensions, par exemple la dimension affective, la capacité intellectuelle des individus etc. Dans ce travail, ce qui compte, c'est de s'intéresser à la construction de ce système complexe. Si nous analysons bien cet ensemble, nous allons pouvoir bien traiter les représentations des étudiants. Je ne dirais pas les conceptions des étudiants, parce qu'un bon nombre de réponses des étudiants ne s'installe pas totalement dans un système, étant donné qu'ils répondent simplement dans un langage organisé et étudié mais non pas maîtrisé, c'est plutôt le simple reflet de ce qui leur a été inculqué.

Je préfère utiliser le mot «système », il me semble que ce « système complexe » traduit bien la lourdeur du sujet. Ce système comprend évidemment un contenu, je l'appellerai, **le contenu conceptuel**. Il y a beaucoup d'éléments qui structurent ce contenu, et ces éléments sont reliés entre eux par un réseau de la communication mentale, construit ou prêt à la construction. C'est-à-dire, il y a un certain nombre de corrélations dans ce contenu, mais celui-ci se réorganise par rapport aux

¹ Dykstra, D. I. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. R. Duit, Goldberg, F. , Niedderer, H. . Kiel, IPN: 40-58.

² Chi, M. T. H., Slotte, Chi, M. T. H., Slotta, J. D. , de Leeuw, N. (1994). "From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts." Learning and Instruction 4: 27-43.

situations auxquelles elles sont confrontées, **c'est plutôt des adaptations de sujets à de nouvelles situations.**

3.17.1 Comment peut-on distinguer le changement conceptuel du changement de conception ?

A présent nous souhaitons éclaircir la différence entre contenu conceptuel et conceptions. Pour moi, le contenu conceptuel comporte tous les éléments qui jouent un rôle dans la construction d'un concept, par contre les conceptions sont des adaptations instantanées. Je voudrais dire que le contenu conceptuel d'un concept est organisé d'une certaine façon, mais les conceptions sont des productions instantanées de cette organisation. On pourrait dire que le système du contenu conceptuel est une usine, les conceptions sont des productions réalisables et possibles sortant de cette usine par rapport à la demande des consommateurs. Enfin, les conceptions dépendent toujours du contenu construit d'un concept et de la demande, ainsi c'est ce que les individus pourraient produire à partir de leur système construit.

Avant de passer à une autre étape, je voudrais citer une autre approche relative à ce sujet, (White 1994)¹ résume son point de vue :

« Concepts are not the same as conceptions, and so conceptual change differs from conceptional. Concept has at least two meanings, one of the classification and one of the set of knowledge the person associates with the concept's name. Conceptions are different again; they are systems of explanation. Teachers are skilled at promoting conceptual change, of either sort. Conceptual change is more difficult, and requires procedures such as metacognition and new forms of assessment that promote recognition and resolution of conflict between conceptions. »

3.17.2 Changement conceptuel et développement conceptuel ou plutôt changement du contenu conceptuel et développement du contenu conceptuel.

Quand nous parlons de changement conceptuel, pour nous, il s'agira plutôt d'un changement du contenu conceptuel, ceci explique ce que nous venons de constater tout au long de ce travail ; en particulier avec l'exemple du concept de l'énergie, nous pouvons le vérifier à plusieurs reprises et à plusieurs niveaux (depuis les collégiens jusqu'aux étudiants universitaires, et aux stagiaires de l'IUFM). Dans notre travail, il y a plusieurs concepts en cause, mais j'ai préféré approfondir le concept de l'énergie à cause de la richesse de son contenu conceptuel et son utilisation fréquente à tous les niveaux, tant scolaires qu'extrascolaires.

Nous avons cité plusieurs fois le mot changement, nous ne sommes pas certains qu'il y a un changement, mais ce qui est certain, c'est qu'il y a toujours **une continuité de la réorganisation**

¹ White, R. T. (1994). "Conceptual and conceptional change." Learning and Instruction 4: 117-121.

conceptuelle en fonction de l'augmentation des connaissances et du développement, tant au niveau mental que perceptif. De ce fait, c'est peut-être mieux de continuer à parler du développement permanent ou d'une réorganisation permanente. Mais, ces réorganisations sont intrinsèquement dynamiques, mais extrinsèquement statiques. Dans certains cas, elles peuvent être perçues, comme une structure statique. Nous pouvons la constater à partir de représentations d'étudiants.

Si nous examinons d'une manière plus détaillée le contenu conceptuel à partir des raisonnements des étudiants, c'est-à-dire autant que possible en se référant à plusieurs registres cognitifs (conceptuels, imaginaires, sémiotiques...) des sujets, nous pouvons constater que les reflets du dynamisme sont intrinsèques.

3.17.3 Le raisonnement et son argumentation

Le raisonnement et l'argumentation qui en découle, lorsqu'il s'agit d'une réponse à une question donnée, à un moment donné, sont un autre point important de ce travail, ce qui explique le rapport entre le type de raisonnement et l'argumentation suivant ce raisonnement. Au cours de l'analyse des questionnaires, j'ai constaté que les modes de raisonnements des étudiants sont plus au moins semblables, alors que les types d'argumentation de leurs raisonnements sont généralement différents d'un niveau à l'autre. Cette remarque, quand nous pensons à la structure du contenu conceptuel, est peut-être normale, mais c'est quand même un des points originaux de ce travail. Enfin, nous osons dire que les types de raisonnement utilisés reflètent plutôt la logique de l'organisation et de la communication mentale, alors que les argumentations indiquent plutôt le contenu complexe d'un concept et les réorganisations différentes du contenu dans des niveaux différents.

3.17.4 Comparaison des résultats des recherches différentes sur le changement conceptuel

Quand il s'agit d'un changement conceptuel, on trouve de nombreuses références bibliographiques surtout en anglais. Par exemple, deux articles récents, **(Tyson 1997)**, **Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2001)** résument ce qui a été fait jusqu'à présent sur le changement conceptuel, et explicitent en même temps la structure multidimensionnelle de ce sujet. Pour avoir une vue globale sur le langage et sur les degrés des changements conceptuels à partir de différents chercheurs ainsi que différents points de vue, les tableaux suivants expliquent bien l'évolution de cette théorie.

Tableau 3.1 : Une comparaison de différentes formes du changement conceptuel proposé par différents auteurs. Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2001). ¹. p.48

		Contrasting forms of conceptual change								
		Easy changes					Difficult changes			
Kuhn (1970)		Normal science					Revolutionary science			
Lakatos (1970)		Protective belt changes					Hard core changes			
Posner et al. (1982)		Assimilation					Accommodation			
Hewson (1981, 1982, 1985, 1996)		Conceptual capture					Conceptual exchange			
Hewson and Hewson (1984, 1992)										
Carey (1985)		Weak restructuring					Strong restructuring			
Vosniadou (1994)	Enrichment	Weak restructuring					Radical restructuring			
Chi et al. (1994)	Implied accretion	Branch jumping					Tree swapping			
White (1994)		Conceptual change					Conceptual change			
Dykstra et al. (1992)	Differentiation	Class extension			Reconceptualisation					
Dykstra (1992)*										
Thagard (1992)*		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Adding an instance							Tree switching	
Duschl and Gitomer (1992); Laudan (1984); Villani (1992)		Accretive, piecemeal, evolutionary conceptual change								

(Par rapport à notre opinion, le changement conceptuel de ces auteurs peut être compris comme un processus continu plutôt qu'un processus discret.)

Tableau 3. 2: (Tyson 1997), p. 390

Une comparaison du langage usuel à partir de différents chercheurs pour déterminer les degrés du changement conceptuel²

Theorist	Posner et al. (1982) Strike & Posner (1992)	Hewson & Hewson (1992)	Carey (1985)	Vosniadou (1994) Vosniadou & Brewer (1987)	Thagard (1992)	Chi et al. (1994)	White (1994)	Schwedes & Schmidt (1992)	Tiberghien (1994)	Dykstra (1992)
addition	accretion		knowledge accumulation that does not involve restructuring	enrichment (accretion)	belief revision • add instance • add weak rule • add strong rule	no change in ontological membership of concept	addition	addition to pool of rules and ideas around nucleus (hard core of concept)	addition to experimental field of reference (experimental facts, devices and measurements)	differentiation
weak revision	assimilation	conceptual capture	weak restructuring	revision at the level of specific theory	• add partial relation • add kind relation • add new concept	a concept's membership is shifted across parallel categories within a major ontological tree	conceptual change: change to the knowledge a person associates with a concept	pool of rules and ideas around nucleus (hard core of concept) is altered or cognitions in pool are attached to core concept	semantic conceptual change: deep modification of structuring of objects and events: but theory not radically changed	class extension
strong revision	accommodation	conceptual exchange	strong restructuring	revision at the level of framework theory	•branch jumping •tree switching	a concept's membership is shifted from one major ontological tree to another (eg. matter to process)	conceptual change (conceptions are systems of explanation cf. concept)	nucleus (hard core) of concept is completely changed for another	theoretical conceptual change: change at the theory level (explanatory system) especially causality	reconceptualization

¹ Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2001). "Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry". *Instructional Science* 29: 45–85.

² Tyson, L., Venville, G., Harrison, A., Treagust, D. (1997). "A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom." *Science Education* 81(4): 387-404.

À partir de deux articles consécutifs ci-dessus, nous pouvons récapituler que :

- Le changement conceptuel est un processus dynamique et non pas statique ; ou encore une autre formulation plus partagée, c'est un processus évolutionnaire et non pas révolutionnaire ((Posner 1982)¹, après (Kuhn 1972)².
- Le changement conceptuel peut être réalisé à plusieurs niveaux, qui sont nommés différemment par les différents chercheurs (voir les tableaux précédents). Chaque changement conceptuel nécessite un changement d'organisation de la structure cognitive. Ceci est réalisé de deux façons, à savoir l'addition et la révision. Il y a deux types de révision : la révision faible (*weak revision*) et la révision forte (*strong revision*).
- Les derniers travaux montrent que le changement conceptuel a un cadre multi- dimensionnel, épistémologique, ontologique et affectif/social.

We imagine **the multidimensional framework for conceptual change** as being made up of three aspects or lenses through which the conceptual change can be viewed and interpreted. As shown in **Figure 3.5**, these three aspects are represented by the sides of the triangle. The conceptual change takes into consideration the preinstructional conceptions of the student, the science content and the path between them as a student constructs his or her learning. Conceptual change is therefore not static, but is a dynamic process that occurs over a period of time. As shown in **Figure 3.6**, conceptual knowledge 1 represents the students' preinstructional conceptions and conceptual knowledge 2 represents a further development of conceptions that also may be the acceptable scientific conceptions. **The arrow between the two represents the process of conceptual change.** (Tyson 1997) p.398

Within this multidimensional framework, conceptual change can be viewed through three lenses—an ontological lens, an epistemological lens, or a social/affective lens (...) **The ontological lens of the multidimensional framework of conceptual change examines the way a student perceives the nature of the thing being studied; that is, the student is looking “out” at the world. The epistemological lens examines how the student perceives her or his own knowledge about the thing being studied; that is, the student is looking “in” at their own knowledge. The social/affective lens examines the social/affective conditions necessary for conceptual change to occur.** (Tyson 1997)³ pp.398-399

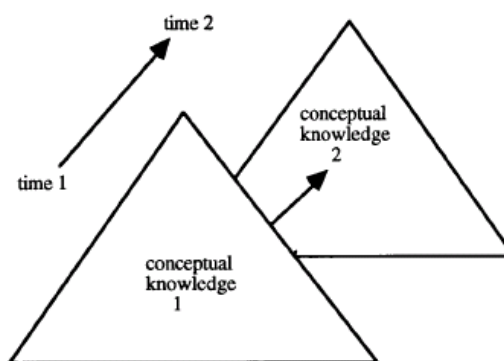
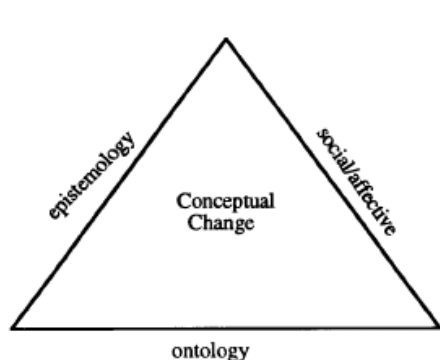


Figure 3.5 : La structure multidimensionnelle du **Figure 3. 6** : un modèle représentant la nature dynamique

¹ Posner, G. J., Strike, K. A. , Hewson, P. W. , Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." *Science Education* **66**(2): 211-227.

² Kuhn, T. S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion.

³ Tyson, L., Venville, G. , Harrison, A. , Treagust, D. (1997).p.398-399

- Ce regard multidimensionnel permet d'une part de construire une méthode complémentaire au niveau de l'enseignement tant pour évaluer les connaissances des individus que pour comprendre leurs conceptions spontanées et scientifiques. D'autre part, au niveau du curriculum, ceci va permettre aussi de mieux organiser les programmes, ainsi qu'un curriculum compatible avec l'individu complexe et les savoirs actuels.
- Jusqu'à présent, la meilleure théorie a été construite par Posner et al, (1982)¹. Cette théorie explique de quelle manière les étudiants/ élèves ont élaboré leur changement conceptuel ; pour Posner et al., ce changement conceptuel est un processus d'une organisation conceptuelle à une autre organisation et incompatible avec le premier. Ces chercheurs ont proposé deux types de changement conceptuel :
 - *assimilation qui explique le processus dans lequel les étudiants/élèves utilisent les concepts existants pour interpréter les phénomènes nouveaux*
 - *accommodation qui explique le moment où les étudiants/élèves doivent remplacer ou réorganiser leurs concepts centraux.*

A partir de ce point là, je passerai à une étape plus expérimentale : j'analyserai mon questionnaire en me référant aux recherches qui ont été faites auparavant et à mon propre contenu et raisonnement ; et je voudrais également synchroniser les résultats éventuels de ce travail avec les préoccupations des chercheurs actuels.

3.17.5 Lecture du contenu conceptuel, réalisation de ce travail.

A partir des réponses (des conceptions, des réflexions ou simples points de vue...) des étudiants, quelles démarches, ont été faites durant l'analyse des données ?

1. Examen l'organisation du contenu conceptuel.
2. Détermination du contenu conceptuel à partir de la théorie de la connaissance (signifié et signifiant) (des articles de Vergnaud, voir ce document dans mes dossiers).
3. Etablissement du rapport entre signifié- signifiant
4. Analyse quantitative et faire le graphique
5. Analyse qualitative et interprétation des décalages.
6. Examen à chaque étape de la réorganisation du contenu conceptuel.

Durant l'analyse que j'ai menée à partir des questionnaires, j'ai tenté de trouver un certain nombre de réponses aux questions suivantes :

¹ Posner, G. J., Strike, K. A. , Hewson, P. W. , Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." Science Education **66**(2): 211-227.

- * *Quel changement et quel développement des types de raisonnements et d'argumentations ?*
- * *Quels rapports existent entre le contenu conceptuel et le type de raisonnement ?*
- * *Et quels sont les effets (conséquences) de l'augmentation des connaissances et de l'augmentation de certaines capacités mentales et perceptibles sur ces changements ?*

3.18 Principaux concepts des sciences physiques

3.18.1 Introduction

Nous pouvons considérer que tout ce que nous sommes en train de faire se passe autour de ces concepts des sciences physiques. Il y a plusieurs manières de les nommer : les concepts des sciences physiques, la physique moderne ou la science moderne. Mais le mot « moderne » a perdu un peu de sa valeur, aujourd'hui, ce sont plutôt les concepts des sciences actuelles. Sont-ils modernes? Ils sont plutôt contemporains, parce que depuis plus d'un siècle, nous n'avons pas vécu beaucoup de grands changements conceptuels sur les concepts des sciences par rapport à l'avancement de la science.

Il ne faut pas oublier qu'il y a eu beaucoup de nouveautés, en particulier le développement de la physique sub-atomique et des autres branches de la physique, de la chimie et d'autres. Nous avons découvert énormément de particules nouvelles et des phénomènes nouveaux. Cependant, il n'y a pas eu de grands changements : **la forme**, fondement de la physique moderne, ainsi que les concepts (« matière », « énergie », « force », « lumière », « particules » etc.) conservent encore leur place. Ces concepts sont des briques des sciences d'aujourd'hui tant en physique que dans d'autres branches (chimie, biologie, médecine...). C'est la raison pour laquelle au fur à mesure, ils s'installent au cœur de la science et deviennent incontournables pour la science et pour l'enseignement de la science, en quelque sorte ils sont devenus le langage de la science actuelle. Les concepts sont la base de la communication scientifique, sans utiliser le concept d'« énergie », de « force » ou bien de « matière », il est presque impossible d'exprimer ce que nous faisons. Chaque concept des sciences a une valeur, un processus de construction. Si nous considérons un réseau de concepts, ceux-ci s'installent toujours au cœur, au milieu des carrefours. Ces concepts possèdent un rôle à la fois de réacteur, qui est le centre de toutes les productions, et aussi d'accumulateur qui absorbe tout ce qui se passe dans ce réseau. Par exemple, aujourd'hui, il y a des milliers de concepts qui sont des sous-catégories du concept de matière, tous les concepts qui ne sont pas significatifs sans se référer au sens du concept de matière, de la même manière ainsi que le concept de matière renvoie lui-même aux autres concepts des sciences pour qu'ils soient significatifs.

A ce propos, un épistémologue et physicien, **Chalmers** écrit que

«... les concepts peuvent seulement être définis en termes d'autres concepts, dont les significations sont données. (...) un dictionnaire est inutile si on ne connaît pas déjà le sens de nombreux mots. Newton ne pouvait pas définir la masse ou la force en termes de concepts pré-newtoniens... »¹

Ce qui veut dire que les concepts sont intra-communicatifs entre eux.. Avec quel concept, devons-nous commencer pour faire apprendre la science aux élèves ?. Si les concepts ne comprennent pas de sens pour les individus, que faut-il faire ? Et, troisième question, sans concept la science est-elle enseignée ? Ou « fait apprendre » ?

Ce que je voudrais tenter de faire au cours de cette recherche, c'est d'accéder aux sens des concepts durant la formation professionnelle, qui est à peu près la dernière étape de la construction du sens. Ce point de notre recherche est le point final. Les étudiants en cours de formation, comment raisonnent-ils sur les phénomènes physiques et les concepts qui font partie de ces derniers ?

3.19 Un exemple : matière et énergie

Pour les concepts « matière » et « énergie », il y a une place privilégiée en raison de leurs ampleur. C'est pourquoi, je vais traiter ces deux concepts, en les prenant ensemble en compte. Ensuite je ne m'occuperai pas de la naissance et du développement des concepts, seulement, de savoir quels phénomènes, quelles théories et quels personnages ont joué des rôles importants au développement conceptuel des concepts.

Au cours du 19^{ième} siècle, il y a quatre développements significatifs pour la création de la physique unifiée. Ces quatre bases joueront un rôle important pour la construction finale de la physique moderne¹ ;

1. « Théorie mathématique d'inter particularité des forces » par **P.S. Laplace** et ses successeurs en 1815-25, cette théorie est applicable en mécanique aussi aux phénomènes thermiques et optiques.
2. « Théorie mathématique de la chaleur » en 1822 par **Joseph Fourier**.
3. « Théorie des ondes » en 1830 par **A. J. Fresnel**.
4. « Formulation de la théorie de la conservation de l'énergie en 1840 par **James Prescott Joule**.

Toutes ces théories, évidemment avec d'autres théories et expériences contemporaine, évoluaient dans un ordre conceptuel, comme de nos jours. Ainsi il y avait un développement conceptuel continu. Chaque théorie complétait une lacune et stimulait une autre théorie, une pensée nouvelle ou une autre expérience. Dans cette période, H. C. Oersted en 1820 et Michael Faraday en 1831 ont réalisé un lien entre les forces électriques et magnétiques. Ensuite, le concept d'énergie, la

¹ Chalmers, A. F., (1976-1982). **Qu'est-ce que la science?**, Editions la découverte, Paris.

formulation de la loi de la conservation de l'énergie en 1840 et la démonstration de l'équivalence de la chaleur et du travail mécanique en 1847 sont établis par Joule, ceux-ci étaient l'unification du processus de la mécanique et de la thermique. Durant la même période, Hermann von Helmholtz² a expliqué à travers la mécanique que « mécanique », « chaleur », « lumière », « électricité et « magnétisme » sont différentes manifestations de l'énergie. Par conséquent, Helmholtz a formulé que la loi de la conservation de l'énergie comme un théorème mathématique et mécanique imposait un rôle unifié du concept de l'énergie sur la vision mécanique de la nature. A partir de 1850, la loi de la conservation de l'énergie a ouvert un nouveau cadre pour la théorie de la physique sur la vision mécanique de la nature.

Les développements que nous avons mentionnés ci-dessus, montrent que le concept de l'énergie a commencé à prendre un sens particulier avec sa conservation. Quant à la matière, ce concept existe depuis toujours, peut-être plus loin que l'antiquité. C'est pourquoi, avoir recours à un passé pour la matière ne sera pas significatif. Ici, ce qui est compte, c'est de prendre en compte les concepts « matière » et « énergie ». Pourquoi les deux ensemble?

Toutes les expériences que nous sommes en train de faire se réalisent sur la matière, quelle que soient sa forme. Ceci veut dire qu'une des composantes de notre univers est la matière. En 1936, à Princeton, Albert Einstein et Léopold Infeld¹ ont écrit ensemble l'ouvrage intitulé « l'Evolution des idées en physique ». Dans l'extrait suivant, ils s'interrogent sur la nature de la matière après deux révolutions qui ont bouleversé la physique. La conséquence majeure de ces bouleversements, eu égard à la conception que nous pouvons avoir de la matière, consiste en le fait que la différence, très nette dans la physique de Newton, entre le point matériel et l'espace vide dans lequel il est situé, n'est désormais plus du tout évidente.

« Le premier de ces bouleversements est l'introduction, par Faraday et par Maxwell, du concept de champ. Des expériences sur l'électromagnétisme amenant ces derniers à découvrir que l'espace n'est pas un milieu inerte mais un champ d'énergie, parcouru de lignes de force visualisables dans la limaille de fer où l'on place un aimant, par exemple. La force de gravitation exercée par le soleil sur la terre devra être aussi pensée en termes de champ.

Le second de ces bouleversements est produit en 1905 par le jeune Einstein. L'un des articles qu'il publie cette année-là, et qui présente l'un des points fondamentaux de sa théorie de la relativité, est intitulé : « L'inertie d'un corps dépend-elle de son contenu énergétique ? » Einstein y démontre que « la masse d'un corps diminue lors de l'émission de lumière ». Si l'énergie émise par un corps correspond à une diminution de sa masse, c'est donc que **la matière et l'énergie sont convertibles**. Il n'y a dès lors plus lieu de conserver une

¹ [Harman, 1982]

² Quelques dates à retenir pour le concept d'énergie : Introduction en physique du mot *energy* date de 1807 par Thomas Young ; en 1850 William Thomson proposa d'employer « *energy* » au lieu de « force » ; le mot « énergie » n'apparaît cependant pas avant 1875 dans la littérature scientifique française et enfin le concept d'énergie fut introduit en toute généralité en 1847 par Hermann von Helmholtz, médecin prussien (1821-1892). Cité par **Balian R.** 2001. Physique fondamentale et énergétique : les multiples visages de l'énergie, Conférence introductive de l'Ecole d'Eté de Physique sur l'énergie, Caen – 27 août 2001. <http://e2phy.in2p3.fr/2001/balian.doc.p>. 4-6.

différence de nature entre matière et énergie. C'est là le sens de l'équation, $E=mc^2$, présentée dans le même article et par laquelle énergie (E) et masse (m) sont rendues équivalentes (moyennant la valeur de la constante c ($3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$), vitesse de la lumière : la différence entre énergie et masse n'est qu'une question de vitesse). »

En définitive, Maxwell a prouvé que l'espace est un champ d'énergie. Einstein démontre que la matière est un réservoir d'énergie. La différence entre la matière et le champ est plutôt d'ordre quantitatif que d'ordre qualitatif. Il n'y a aucun sens à regarder la matière et le champ comme deux qualités totalement différentes l'une de l'autre. Nous ne pouvons pas imaginer une surface définie, qui sépare nettement le champ et la matière. Par rapport à nos connaissances d'aujourd'hui, nous savons que matière et champ, matière et espace ne sont pas de nature différente. Mais, nous ne pouvons pas encore unifier toute la physique en la fondant sur un seul de ces concepts.

On peut considérer ainsi « la matière qui produit des impressions sur nos sens n'est réellement qu'une grande concentration d'énergie dans un espace relativement petit ».

Le philosophe **Diderot**², la décrit d'une façon universelle en disant :

« ...La matière ne doit pas être décrite par les seules caractéristiques reconnues par la chimie et la physique (figure et mouvement, par exemple, pour Descartes) : elle vit, sent, et pense d'elle-même – et ces attributs ne relèvent pas non plus d'entités immatérielles... »

Ce qui veut dire que nous sommes tout un ensemble. Cette façon de concevoir le monde esquisse à la fois notre capacité et notre limite.

A présent, nous parlerons plus spécifiquement de l'importance de ces concepts sur notre préoccupation au cours de cette recherche. En premier lieu, nous débutons avec la matière. Dans notre travail, nous ne nous intéressons pas directement au concept de matière, mais, nous portons notre attention sur ses différentes formes, soit dans le monde macroscopique, soit dans le monde microscopique.

La forme perceptible de la matière visible ne pose pas grand problème ni au niveau « scientifique » ni au niveau du « sens commun ». Si nous tentons d'explorer les composantes de la matière, des grandes échelles aux petites échelles, « macromolécules », « molécules », « atomes », « noyaux », « protons », « neutron », « électron », « quarks »..., la visibilité, la perceptibilité et les théories jouent de très grands rôles pour comprendre leur existence. C'est pourquoi, quand nous perdons la visibilité de la matière, nous perdons la concrétisation de la matière, elle devient abstraite (ici, le sens de l'abstraction représente l'invisible). Tout le problème est là.

¹ Macé A. (1998), La matière, Flammarion, Paris In Einstein, A. & Infeld, L., (1983), **L'évolution des idées en physique**, Champs-Flammarion, 1983, p.228-230.

² [Macé A. 1998] in Diderot, Entretien entre d'Alembert et Diderot, in Œuvres philosophiques, Classiques Garnier, 1977, p. 247-279.

Lorsque nous franchissons la visibilité, cette fois, la perceptibilité prend le relais. Pour les scientifiques, même parfois pour les étudiants, la perceptibilité nous amène jusqu'à une limite, mais, si nous passons cette limite de la perceptibilité, cette fois, seuls les scientifiques qui donnent un sens à la suite de cette limite avec les théories ad-hoc. A partir de ce point, la matière ne comporte plus de sens pour nous. Nous pouvons dire que le sens de la matière est limité par nos perceptions (ces perceptions se réalisent évidemment avec des moyens comme microscope, spectroscopie...). Plus nous possédons d'outils pour élargir la limite de notre perception, plus nous découvrons de nouvelles composantes et des particularités de la matière.

Ce qu'il faudrait faire, dans l'enseignement actuel, c'est de s'imposer un travail spécifique pour accroître la perception des étudiants sur ce qui est visible mais inconnu, et sur ce qui n'est pas visible, mais perceptible et connu. Car, les causes de l'abstraction de certaines choses sont dues à la limitation de nos perceptions.

En deuxième lieu, nous parlerons de la place du concept de l'énergie. Le concept de l'énergie est totalement abstrait pour tous les êtres humains. La source de cette abstraction provient toujours de son invisibilité, mais, aujourd'hui nous pouvons rencontrer diverses formes d'énergies (énergie chimique, énergie mécanique, énergie nucléaire, etc.), et partout, de ce fait, nous pouvons facilement saisir leurs effets. Je pourrais dire que l'énergie est invisible, mais, perceptible. Nous pouvons l'expérimenter de plusieurs façons. De même, Einstein disait que « matière et énergie sont deux manifestations de la même chose ». Personnellement, j'irai un peu plus loin, en disant que l'énergie est invisible, mais observable (voir le chapitre l'observation et l'observabilité en sciences physiques).

L'énergie est un concept pluri- interdisciplinaire^{1 2}. Cette dimension est très importante, et représente totalement le véritable sens de l'énergie d'aujourd'hui. Le concept d'énergie est présent dans tous les domaines de la science, tant au niveau expérimental qu'au niveau social. En plus, l'énergie est tissée par des liaisons intra- disciplinaires et inter- disciplinaires.

Joan Solomon (1992)³, dans son livre intitulé « *Getting to know about energy* » met en évidence toutes les dimensions du concept de l'énergie. Au début de son travail, il parle de deux dimensions essentielles de l'énergie. D'une part, la dimension « *Live-Word* », d'autre part, celle du « *abstract academic* » : la dimension de la vie commune, et celle de « savoir scientifique ».

La plus grande difficulté est l'existence de plusieurs formes du concept de l'énergie. Il y a deux questions à poser ici. Comment peut-on les distinguer les unes des autres et avec quels critères ? Et,

¹ Audigier, F., (1985). **Enseignement de l'énergie**, Collections de recherches, n°7, INRP.

² **Energie, un enseignement pluridisciplinaire**, Rencontres pédagogies, n° :4, 1985, INRP.

³ Solomon, J., (1992). **Getting t to know about energy**, The Falmer Press, London, Washington, D.C.

deuxième question, si l'énergie nécessite plusieurs définitions en fonction des disciplines, que faut-il faire ?

3.20 La définition du concept d'énergie

3.20.1 Pour Mario Bunge : énergie entre la physique et métaphysique

L'énergie cinétique par exemple est définie en dynamique, l'énergie électromagnétique en électrodynamique et l'énergie nucléaire en physique nucléaire. Ainsi, chacun de ces concepts a une définition propre par rapport à ses propres disciplines spécifiques, et comporte des sens plus ou moins différents.

Mario Bunge¹, propose que le concept d'énergie prenne en compte la lumière de l'approche philosophique et plus particulièrement métaphysique (ontologique) et construit une mini- théorie de l'énergie :

DEFINITION: Energy = changeability.

This convention may be rewritten as follows:

For all x : (x has energy =_{df} x is changeable).

Let us now put this definition to work. We begin by assuming:

POSTULATE 1. All concrete (material) objects, and only they, are changeable. That is,

For all x : x is concrete (material) if and only if x is changeable.

In logical symbols, $\forall x(Mx \Leftrightarrow Cx)$.

THEOREM. For all x : if x is a material object, then x has energy and vice versa.

Shorter: $\forall x(Mx \Leftrightarrow Ex)$.

This theorem has two immediate consequences:

COROLLARY 1. The abstract (non-concrete) objects lack energy.

COROLLARY 2. Energy is a property, not a thing, state, or process.

POSTULATE 2. Energy is the universal physical property: the only property common to all material things.

POSTULATE 3. The total energy of an isolated concrete object does not change in the course of time.

¹ Bunge, M., (2000), **Energy: Between physics and Metaphysics**, Science and Education 9:457-461, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherland.

Bunge récapitule sa mini- théorie en se référant à la fois à la science et à la philosophie : « *energy is an universal property of matter : the matter of being capable of changing in some respect* ».

Il ne sera pas difficile de concevoir que nous ne puissions pas négliger toutes les définitions d'énergie au cœur de la préoccupation de chaque discipline. Ce que nous pouvons proposer à la lumière de cette réflexion, c'est de prendre en compte une définition générale de l'énergie afin de pouvoir accéder à toutes les autres définitions.

Dernière question, l'énergie sociale, économique sera dans quelle catégorie, à l'intérieur ou à l'extérieur de notre définition ? Ma proposition est de se réorienter vers la définition de **Bunge**, cette fois, en mettant le mot « individu » à la place de la matière. La définition de l'énergie au cœur de la science sociale sera « l'énergie est un ensemble de toutes les propriétés universelles des individus, ces individus sont capables de faire changer toutes les dynamiques ». Le terme d'individu a été employé au pluriel, car le caractère social de l'individu comporte la pluralité.

3.20.2 Pour Roger Balian :

Roger Balian (Physicien, membre de l'Académie des sciences) étudie l'élaboration du concept de l'énergie avec une approche multidimensionnelle. Il examine le concept de l'énergie à la fois en se référant à l'histoire de la science, de la technologie, aux sciences actuelles et à la société.

« ...En deux siècles, l'énergie a envahi notre vie quotidienne, facilitant les transports, l'industrie, le chauffage ou les multiples usages domestiques de l'électricité. Les problèmes économiques, sanitaires, géopolitiques, technologiques qu'elle pose font la une des journaux. Pourtant, le discours sur l'énergie gagnerait en pertinence s'il s'appuyait mieux sur les données scientifiques qui sous-tendent sa **«production» et son emploi**, et qui sont trop fréquemment ignorées par les médias ou par les politiciens. Le physicien s'irrite souvent devant des affirmations simplistes en contradiction avec des ordres de grandeur qui devraient être connus de tous. Il est vrai que **le concept d'énergie est l'un des plus abstraits et des plus multiformes de la science et qu'il ne date que d'un siècle et demi** ; ceci explique sans doute pourquoi l'enseignement n'est pas encore parvenu à rendre familières des notions de physique fondamentale qui sont essentielles à la formation du citoyen, dans un monde où l'énergie est omniprésente. »

Comme on le voit en consultant dictionnaires ou encyclopédies, **l'énergie ne peut être définie qu'indirectement**. Bien qu'elle soit liée aux propriétés de la matière, c'est un objet mathématique abstrait. Nécessaire à une formulation précise du premier principe de la thermodynamique, elle apparaît à l'échelle microscopique comme une grandeur dynamique. **Il s'agit d'une quantité que l'on peut associer à tout système et qui est fonction des divers paramètres caractérisant l'état de celui-ci à l'instant considéré ; elle dépend en particulier des positions et vitesses des parties du système et de leurs interactions mutuelles. Son caractère essentiel est de rester constante au cours du temps lorsque le système est isolé.** »

1

¹ **Balian R.** 2003. Qu'est-ce que l'énergie ?, Questions d'énergie, Cycle de conférences, mars-avril 2003, les carrefours du savoir, le collège, cité des sciences & de l'industrie.
http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/college/flash.htm

Associées à un concept scientifique déjà difficile à appréhender, les technologies de l'énergie posent des problèmes complexes. La multiplicité des sources répond ainsi à une *multiplicité des besoins*. De ce fait, afin de construire une culture scientifique sur le concept d'énergie et sur d'autres concepts, nous devons les traiter minutieusement à la lumière des démarches scientifiques tant au niveau expérimental qu'au niveau conceptuel. Celles-ci permettront de mieux comprendre les problèmes énergétiques au sein de notre société actuelle.

« (...) **une approche scientifique est non seulement utile, mais souvent indispensable pour embrasser les problèmes énergétiques.** La science fournit des bases, assez peu intuitives, nécessaires à toute prévision et à tout débat sur l'énergie. Connaître les contraintes imposées par les lois naturelles nous guide, en nous empêchant aussi bien de nous livrer au pessimisme que de pêcher par excès d'optimisme. C'est un objectif primordial pour l'enseignement que de familiariser les élèves avec une *culture scientifique* qui, de surcroît, est essentielle à leur *formation citoyenne*. Ils seront ainsi mieux armés pour jauger objectivement les propositions politiques ou économiques et participer aux décisions démocratiques dans ce domaine de l'énergie où fleurissent trop facilement les préjugés simplistes et les mythes. »¹

Une dernière remarque est que l'énergie et la matière sont deux concepts en interdépendance, et au fur et à mesure, ces inférences se multiplient. A la lumière des théories contemporaines, en l'absence de « énergie », « matière » ne comporte pas un sens significatif et vice versa. Ce que nous pouvons faire dans le cadre de l'enseignement actuel, autant que possible, c'est de traiter ensemble ces deux concepts en prenant en compte tous les rapports entre eux.

¹Balian (2001) p. 32

APPORTS PRATIQUES

CHAPITRE IV

RECHERCHE DE TERRAIN, SUJET, PREPARATION DES OUTILS DE MESURE, DEROULEMENT DES ENQUETES.

4.1 Introduction

Ce que nous avons travaillé jusqu'ici, c'est un questionnement des concepts en sciences, plus particulièrement les concepts de la physique actuelle et des paradigmes de l'observation et de l'expérience en sciences. Ce chapitre sera au centre de notre recherche, car le choix des concepts, des situations-problèmes, des cas particuliers en sciences physiques et des sujets et les établissements des sujets seront examinés.

Le questionnement, le recueil de données adéquates à ce questionnement, ainsi que l'ordre de passation des enquêtes nécessitent des processus consécutifs pour la continuité d'une recherche. Dans ce chapitre, nous allons présenter d'une manière détaillée cette évolution dès le début de notre recherche jusqu'à la fin .

Afin d'avoir de bonnes informations à propos des structures intellectuelles des individus, nous devons mettre en place des outils de recueils appropriés. Dans notre travail, ces outils de recueil sont le questionnaire et l'entretien. Le but est de comprendre comment les individus perçoivent le monde auquel ils appartiennent, ensuite comment ils raisonnent vis-à-vis des concepts et des situations, problèmes-réels ou bien organisés, et finalement comment ils argumentent leurs raisonnements?

4.2 Recherche de terrain, sujet, préparation des outils de mesure, déroulements des enquêtes.

« Quelles sont les représentations du monde que se donnent spontanément les étudiants au cours des différentes étapes de leur formation et des différents stades de leur développement intellectuel en fonction de leur formation? La deuxième question est plutôt une hypothèse. « Est-ce que, même les étudiants au cours des différentes étapes de leur formation présentent des stades différents de développement intellectuel ? » Les deux questions sont liées entre elles. Connaître le mode de raisonnement des étudiants, peut-il apporter une réponse à ces questions ?

Notre deuxième préoccupation va se porter sur les sciences physiques, plus particulièrement sur la physique moderne. Ce sujet doit être abordé minutieusement pour plusieurs raisons. Tout d'abord,

nous devons rendre compte de l'existence d'une distinction entre la réalité physique et la pensée physique. **Halbwachs**¹ écrit à ce sujet :

« ...il est clair que, pour ce qui est de sa signification, l'univers de papier imprimé de notre Bibliothèque est étroitement reliée à deux autres univers : d'une part, il « renvoie » à une réalité, que nous appellerons justement **la réalité physique** ; d'autre part, par-delà son mode d'existence matérielle et sa forme linguistique, il est une œuvre et une manifestation particulière de l'intelligence humaine, de ce que nous appellerons proprement **la pensée physique** ».

« disons que le terme de « réalité » que nous employons à propos de l'objet physique signifie que cet objet existe et se transforme, indépendamment de la connaissance que nous en prenons, qu'il n'est pas modifié en lui-même par l'existence ou la non-existence de la Bibliothèque. »

« le problème **épistémologique** se pose alors à propos du mode de relations qui existent entre la réalité et la connaissance que nous en formons, ici, entre la réalité physique et la Bibliothèque. »

Une fois que nous sommes dans une bonne lancée, poursuivre les étapes de notre démarche sera beaucoup plus explicite. Nous admettons qu'il y a deux mondes dans un monde, l'un, « *monde réel* », où nous vivons, mais, nous ne le connaissons pas beaucoup. « *Nous ne pouvons acquérir aucune connaissance directe de ce monde, nous pouvons seulement en prendre conscience par l'intermédiaire du monde de nos sensations* ». L'autre, « *représentation scientifique* » de ce monde, dans lequel nous ne vivons pas, mais, peut être considéré comme une fenêtre à travers laquelle nous voyons ce qui se passe autour de nous.

« le concept de **représentation** n'implique encore ici rien d'autre qu'une certaine correspondance entre des parties de la réalité (situations) et des parties de la Bibliothèque (modèles), et plus précisément entre des objets et des notions²... p.40

Pour notre méthodologie, les représentations joueront simultanément deux rôles différents, représentations en tant que « grilles d'analyse », d'une part, un dispositif (l'outil de mesure) pour connaître le mode de raisonnement ; d'autre part, un but à atteindre pour connaître le fonctionnement cognitif du sujet et la construction des connaissances. Les **didacticiens**³ partagent également une idée analogue.

« Quels rôles semblent jouer les représentations dans la construction de la réalité ? Elles peuvent être interprétées à la fois comme un moyen d'approcher ce phénomène et une tentative d'assimiler celui-ci dans l'ensemble de référence que possède l'individu (fruit des acquis et des expériences antérieures)... ».

4.3 Objectif

Comme pour la plupart des didacticiens, mon objectif principal visera à donner des réponses intelligibles à ma problématique de départ, en démarrant par la philosophie de **Bachelard**⁴ :

¹ Halbwachs, F., (1974). **La pensée physique chez l'enfant et le savant**, Delachaux et Niestlé s.a., Neuchâtel (Switzerland)..p.15-16

² [Halbwachs (1974)].p.40

³ [Giordan et al. (1983)] p. 83

⁴ Bachelard, G., (1938, 1993). **La formation de l'esprit scientifique**, Librairie philosophique J. Vrin, 1938, pour l'Édition poche, 1993.

« Pour l'esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit ».

« Avant tout il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui porte la marque d'un véritable esprit scientifique ».

Mon objectif pour cette recherche est, en premier lieu, de démontrer la difficulté de faire de la didactique dans le domaine de « *la physique moderne* », ensuite de connaître notre mode de raisonnement et notre façon de percevoir le monde qui nous entoure. Enfin, de théoriser le fonctionnement cognitif des sujets. Pour atteindre ces buts, il y a des parcours obligés à travers différentes disciplines. Celles-ci sont, en gros, la didactique, la science cognitive, les sciences physiques, la physique quantique et l'épistémologie.

4.4 Méthodologie

Pour aborder une problématique, je me réfère une nouvelle fois aux travaux des didacticiens : comment observer et analyser les situations scolaires dans notre recherche ? Notre méthodologie sera *maniabile et eclectique*¹ afin que cette recherche puisse permettre de tenir compte de la richesse de la situation didactique et de l'éclairer par des approches variées, adaptées aux besoins successifs de la recherche.

Cette approche va permettre de conduire notre recherche, il me semble que cela sera efficace et va permettre d'atteindre les buts espérés à la fin de notre itinéraire.

L'analyse des représentations des élèves et de leurs procédures intellectuelles seront conduites pour une part avec une méthodologie parente de la méthode critique de Piaget. Piaget, en effet, bien qu'il soit rarement nommé à ce propos a été le premier à introduire sous le nom de méthode clinique (plus tard justement nommée « méthode critique ») une attitude de l'expérimentateur qui ne soit pas entièrement standardisée mais qui cherche à s'adapter à chaque sujet en s'adaptant, dans toute la mesure du possible, à ses concepts et à sa représentation de la situation².

Dans l'école de Genève, **Piaget**³ a fait un grand parcours avec ses travaux qui sont focalisés sur le développement intellectuel des individus en partant de problématiques semblables. Dans ces travaux, il insistait toujours sur l'utilisation d'une « *méthode clinique* ». Dans une logique

¹ Sous la responsabilité d'André GIORDAN avec J. L. Martinand, J.P. Astolfi, G. Rumelhard, A. Coulibaly, M. Develay, J. Toussaint, V. Host et ses Collaborateurs, (1983). **L'Elève et /ou les connaissances scientifiques**. Editions Peter Lang SA, Berne.

² [Giordon et al. (1983) p. 71]

³ Piaget, J., (2003, 1947). La représentation du monde chez les enfants, Quadrige. (Première édition, PUF, 1947). **P. 7-11**

semblable, expliciter en détail le modèle clinique permettrait de mieux traiter notre recherche dans le domaine didactique.

« ...le vrai problème est de savoir comment la question se posait dans son esprit si elle se posait. L'art du clinicien consiste, non à faire répondre, mais à faire parler librement et à découvrir **les tendances spontanées** au lieu de les canaliser et de les endiguer... »

« ...ainsi l'examen clinique participe de l'expérience, en ce sens que le clinicien se pose des problèmes, fait des hypothèses, fait varier les conditions en jeu, et enfin contrôle chacune de ses hypothèses au contact des réactions provoquées par la conservation. Mais l'examen clinique participe aussi de l'observation directe, en ce sens que **le bon clinicien se laisse diriger tout en dirigeant**, et qu'il tient compte de tout le contexte mental, au lieu d'être victime d' « erreurs systématiques » comme c'est souvent le cas du pur expérimentateur. »

« ...le bon expérimentateur doit, en effet, réunir deux qualités souvent incompatibles : savoir observer, c'est-à-dire laisser parler l'enfant, ne rien tarir, ne rien dévier, et, en même temps, savoir chercher quelque chose de précis, avoir à chaque instant quelque hypothèse de travail, quelque théorie, juste ou fausse, à contrôler. Il faut avoir enseigné la méthode clinique pour en comprendre la vraie difficulté. Ou bien les élèves qui débutent suggèrent à l'enfant tout ce qu'ils désirent trouver, ou bien ils ne suggèrent rien, mais, c'est parce qu'ils ne cherchent rien, et alors ils ne trouvent rien non plus. »

Viennot, Saltiel, Closset ainsi que ses collègues ont fait longtemps des recherches sur des raisonnements d'étudiants, surtout sur les « *raisonnements naturels* » d'étudiants. Leurs travaux sont à la fois complémentaires et un enchaînement de travaux de Piaget, Inhelder, Halbwachs, Délaçots.... Viennot¹, explique dans son livre (*Raisonner en physique*) l'importance de connaître les raisonnements des étudiants sur le sens commun.

«...pour que l'enseignement soit efficace et l'élève intéressé, il faut qu'une prise de conscience se fasse : la physique permet de dire et de faire sur un mode autre que la pensée naturelle ».p.12

dans le même livre, elle (Viennot) éclaire son approche méthodologique en disant :

« Connaître les modes de pensée communs en physique : ambitieuse question, à la quelle on ne peut fournir que des éléments de réponse. L'instrument pour la photographie des idées fait défaut. On procède donc par sondage. Mais il est impossible de ne pas perturber l'objet observé par la question posée, plus largement par le cadre d'interrogation. **Raisonner, c'est toujours répondre à une question au sens large**. Autant renoncer tout de suite à la neutralité de l'intervention questionnant et prendre en compte explicitement les caractères de la question dans la description du phénomène « raisonnement ». Comme en mécanique quantique, la perturbation créée par l'appareil de mesure fait partie intégrante du phénomène. »

L'outil de mesure du raisonnement des étudiants comporte aussi des perturbations intrinsèques, du moins, nous devons rendre compte de la dimension de nos outils.

Ce que nous avons dit jusqu'ici, ce n'est pas l'explicitation de notre méthodologie, nous avons voulu exprimer l'importance et le processus de sa réalisation. Dans les titres suivants, nous allons aborder notre méthodologie, ainsi que son déroulement.

¹ Viennot, L., (1996). **Raisonner en Physique**, De Boeck & Larcier s.a., De Boeck Université, Paris, Bruxelles. p.19

4.5 Le questionnement

Pour une recherche, le questionnement, le type du questionnement et son expérience (passation) sont primordiaux. Qu'est-ce que je recherche, comment dois-je organiser mes pensées pour bien mettre en place ce que je recherche, comment dois-je rapprocher le fonctionnement cognitif du public auquel je suis intéressé afin de bien cibler mes questionnements, et comment puis-je fournir des informations (données) correctes qui proviennent des individus et ensuite, ces données sont-elles traitables ? A mon avis, nous devons toujours nous poser la question suivante : les données que nous avons fournies à travers une enquête sont-elles traitables et manipulables dans un temps défini ? Evidemment, donner une réponse à ce type de question prendra beaucoup de temps ! Ce que nous pouvons faire, c'est de bien connaître les outils de mesure et le processus d'évaluation. Une autre question à poser : ces derniers sont-ils toujours cohérents pour procéder à une recherche ?

Par rapport au type de recherche, les questions peuvent être multiples. Pour nous, la recherche que nous avons menée comporte quatre sortes de questions qui sont déjà catégorisées par A. Giordan, G. De Vecchi¹.

Questions contenant en elles-mêmes la réponse : la manière de poser la question n'implique qu'une réponse possible. Ex. « Ah ! Tu es vraiment sûr que... ? réponse : non ».

Question fermée : sur un sujet ponctuel ; une seule réponse peut convenir. Ex. « Comment s'appelle... ? »

Question ouverte : sur un sujet plus général ; plusieurs réponses possibles. Ex. « Comment expliques-tu cela ? »

Question d'incitation : invite à la recherche, à l'approfondissement d'un argument, à l'action. Ex. « comment pourrait-on s'y prendre pour répondre à cette question ? »

Durant cette recherche, nous avons utilisé les deux derniers types de questionnement. Pour les *questions ouvertes*, mon but est, d'abord, de préparer aux étudiants une vaste piste de réponses, ensuite, de pousser les individus à une réflexion libre et fonctionnelle afin de s'éloigner des cadres étroits de leurs pensées et de leurs obstacles, enfin d'avoir des informations (données) nécessaires sans toucher aux comportements affectifs des individus. De même, pour les *questions d'incitation*, les finalités que j'ai précisées sont valables également. En revanche, pour ce type de question, mon projet est, premièrement, d'explicitier ce que je pose comme question avec des dessins qui sont liés avec ce que je dis, deuxièmement, de mettre quelques extraits pour explicitier les questions et enfin de proposer quelques exemples qui font partie de notre vie quotidienne.

Dans ma recherche, il y a deux types d'outils du recueil des données, l'une étant le questionnaire, l'autre les entretiens. Le type de questions pour chaque outil est identique, ceci en vue de

¹ Giordan, A., De Vecchi, G., (1987, 1994). *les origines du savoir*, Delachaux & Niestlé S.A., Lausanne (Switzerland)- Paris.

comprendre les raisonnements des étudiants. Mais, la passation des questions est différente. Au cours de la préparation des questions, je n'ai jamais procédé par ordre chronologique, c'est-à-dire, au début, même moi, je ne savais pas quelle question appartient à quel outil de mesure. Mon travail consistait à préparer les questions, de choisir les questions et de trouver la forme la plus efficace possible afin que notre travail atteigne son but.

Il n'est pas possible de tout prévoir auparavant, mais penser et prévoir certains inconvénients facilitera le traitement des données.

Durant le déroulement de toutes ces activités, nous devons toujours veiller à deux questions ; Ces questions¹ rendent possible la limite et la qualité de ce travail :

quelles qualités intellectuelles des individus, devons- nous accéder ?

quelles qualités intellectuelles des individus pouvons-nous accéder ?

4.6 Choix de terrain de recherche, des sujets et du type des outils de recueil des données.

4.6.1 Niveaux de s questionnaires et leurs fonctionnements

Dans notre recherche, pour que nous puissions obtenir des renseignements sur des raisonnements d'étudiants et de professeurs stagiaires, nous envisagions d'utiliser deux types de moyens; questionnaire ouvert et questionnaire d'entretien.

Dans notre domaine d'étude, il y aura trois types de public; les étudiants de physique et chimie en première année de l'université en DEUG (mention: science de la matière, car c'est seulement cette filière qui permet de devenir professeur de physique et de chimie), les étudiants de sciences physiques en licence et enfin les élèves- professeurs en cours de formation à l'IUFM (les professeur stagiaires). C'est-à-dire toutes les étapes de l'enseignement supérieur jusqu'à ce qu'un étudiant devienne professeur de collège ou de lycée.

Le but du questionnaire ouvert est, premièrement, d'avoir des indications intégrales du niveau d'acquisition des étudiants et des professeurs stagiaires à propos de quelques concepts critiques des sciences modernes et deuxièmement, d'avoir des renseignements sur leurs niveaux d'abstraction tels que la faculté de regarder, de voir, d'imaginer, de concevoir, de percevoir etc.

Le questionnaire d'entretien est plutôt focalisé sur la manière dont les étudiants interprètent la question « **Comment utilise-t-on nos sens pour comprendre le monde qui nous entoure ?** »

¹ Sutton, C.,R. & Haysom, J., T. (1974).The art of the science teacher: Science teacher education projet. McGraw-Hill Book Company (UK). p. 100.

Avec ces deux moyens d'investigation, je voudrais faire une esquisse du processus cognitif des futurs professeurs de lycée et de collège du début à la fin de leurs études, afin d'informer **leur fonctionnement cognitif**, ceci pour essayer de cerner l'évolution des **facultés de la conceptualisation des concepts abstraits et l'évolution des conceptualisations** durant leurs études supérieures.

Dans les questions, nous allons interroger trois types de concepts, dont les concepts concrets mais invisibles dans la catégorie de la matière » (atome, molécule, électron, quanta...), les concepts abstraits visibles/invisibles dans la catégorie « énergie » (lumière, photon...) et le concept abstrait invisible « les forces » (les forces naturelles et non naturelles).

4.6.2 Objectifs, préparation des recueils de données et leur déroulement pour le questionnaire

4.6.2.1 Pourquoi ces questions, plutôt pourquoi ces questionnements ?

Pour cette recherche, j'ai choisi un sujet qui s'intitule « évolution des raisonnements des étudiants pendant leur formation du début de leurs études universitaires à la fin des études. Pour les enseignants, cette fin, évidemment, c'est l'IUFM, c'est pour cette raison que le dernier sujet est prévu pour les étudiants de deuxième année d'IUFM. Au sein de l'IUFM, ils sont nommés « stagiaires », ou bien « élèves –professeurs d'IUFM ».

Je voudrais d'abord commencer par le terme de '**raisonnement**'. L'importance de ce terme, surtout **en science cognitive**, pour nous, provient plus particulièrement **dans champ de la didactique**. En science cognitive, il est évident que nous avons besoin de connaître le sujet auquel nous nous intéressons. Le terme « connaître » signifie appréhender **le fonctionnement cognitif de l'apprenant**.

La science didactique fait partie de la science cognitive. C'est pourquoi lorsque l'on étudie la didactique, on s'intéresse aussi aux **fonctionnements cognitifs d'un sujet** ; cette étude concerne des étudiants ou bien des stagiaires, des personnes qui ont envie d'apprendre. C'est ma première motivation pour cette recherche. Connaître le sujet, plus particulièrement connaître son fonctionnement cognitif peut nous aider à trouver des solutions à des questions posées et à de nouvelles questions qui peuvent contribuer à l'avancement de la science et surtout, pour nous les chercheurs en didactique, à mieux traiter l'acte de l'enseignement de la science.

Savoir questionner, trouver des solutions à des questions posées, et encore continuer à questionner, c'est ce cercle qui conduit à la science. Dans mon questionnaire, il y a dix questions, chaque question se réfère à un concept ou à la chaîne **des concepts des sciences d'aujourd'hui**. De temps en temps je peux dire les concepts des sciences modernes, par contre il y a un siècle que les

scientifiques s'appellent modernes mais, aujourd'hui ce sont des concepts plutôt contemporains. J'utilisais au début ce terme moderne, j'avoue que désormais, je dirais des concepts de la science d'aujourd'hui.

Pour l'ordre de ces questions, je n'ai jamais pensé à un ordre logique, sauf pour la première question, les autres sont toutes au hasard. Parce que je ne vois pas quel concept et quel événement sont plus importants par rapport aux autres. Parce que l'énergie, pour ce travail, est un concept central, comme le disaient les chercheurs de l'INRP¹ : L'énergie est un concept pluri-interdisciplinaire. A mon avis, le couple « énergie – matière » est au cœur de la science d'aujourd'hui. Einstein disait dans son discours pour l'énergie, « *is different manifestations of same thing* »². Quoi qu'on prenne comme exemple dans une activité scientifique, on rencontre l'énergie ou bien un phénomène sur l'énergie ou la matière. C'est presque impossible de ne pas toucher l'énergie. Pour l'énergie les scientifiques, aujourd'hui, préfèrent utiliser **la notion d'énergie** à la place du concept d'énergie. La notion d'énergie, c'est quelque chose de plus explicatif et qui comporte plus d'informations par rapport à un concept. Pour ma recherche c'est plus utile d'utiliser la notion d'énergie.

Au fur et à mesure de ces explications, je vais tenter de résumer l'histoire de chaque question, parfois l'histoire de leur préparation. Pour bien distinguer les questions les unes des autres, je les ai nommées une par une.

4.6.2.2 Energie

Qu'est-ce que c'est que l'énergie ? Lorsqu'on entend le mot énergie, qu'est-ce qu'il évoque pour nous ? Cette question m'a frappée depuis toujours : c'est quoi l'énergie, comment peut-on l'expliquer ? . Comment on l'a-t-on apprise ? . Comment peut-on l'enseigner (faire apprendre) à quelqu'un en tant qu'enseignant ? Qu'évoque -t-elle dans nos têtes ? Tout d'abord, y-a-il une image dans nos têtes concernant l'énergie ? . Une idée qui m'est apparue avec ma directrice, Mme Michèle Kirch, **peut-on la dessiner ? Oui dessiner l'énergie**, on n'avait jamais entendu cela, personne n'en parlait jusqu'à maintenant, l'idée était totalement intéressante. Puisque comme disait Aristote, on pense toujours avec l'image, est-ce que quand on parle de l'énergie, y-a-t-il une image dans notre tête ?

4.6.2.3 Concepts abstrait et concrets

Quand on atteint le niveau microscopique, les concepts et les choses deviennent abstraites même si leurs caractères ne sont pas totalement abstraits. L'idée de ces questions est de distinguer, les objets abstraits et concrets à l'aide d'un exemple du **Prof. Atkins**. Comment les individus se représentent-ils le niveau atomique en l'expliquant et en le dessinant. Cette fois aussi on a utilisé le verbe **dessiner**.

¹ Energie, travaux de L'INRP.

² Discours d'Einstein, pendant l'explication de fameuse formule de $E=mc^2$

4.6.2.4 Propriétés macroscopiques

L'idée de cette question a aussi une histoire : les propriétés des choses nous aident-elles à bien traiter le monde macroscopique et le monde minuscule ? Les propriétés de la matière sont –elles totalement différentes entre deux niveaux ? Un niveau peut-il aider à expliquer l'autre ? Y-a-t-il un passage entre les deux mondes ? Ou bien, faut-il distinguer les deux mondes ? Même nous, en tant que scientifiques, une chimiste et un physicien, on n'a pas pu être sûrs de certaines propriétés de la matière, c'est pourquoi, en préparant cette question, nous avons partagé nos difficultés avec des scientifiques. Ces derniers sont des gens qui ne font que de la recherche pure. Tout au début, nous avons constaté que même le fait de questionner une situation n'est pas évidente du tout.

4.6.2.5 Voir autrement

En fait, en science il faut toujours voir ou bien observer autrement, différemment. Je dirais plutôt, observer quelque chose en tant que scientifiques. Comment peut-on observer les phénomènes ou les images avec l'œil des scientifiques, voir quelque chose, faire ressembler à quelque chose ? Il va de soi qu'il n'est pas possible d'observer les phénomènes ou les choses, mais l'idée "se rapprocher des raisonnements des scientifiques » ou bien raisonner scientifiquement, comment peut-on la réaliser ? Une seule image nous fait –elle appel à quelque chose sans connaître le niveau de l'objet ? Avec cette question, j'aimerais bien connaître le sens d'une image sans savoir la référence ? Peut-on reconnaître en même temps l'image et son échelle ? Si c'est possible pour certaines personnes, comment font-elles ?

4.6.2.6 Une image :

Cette fois, l'idée est un peu différente par rapport à la précédente. Pour cette question, on cherche un raisonnement un peu plus profond. Chercher un phénomène qui se réfère à la physique quantique dans cette image, est-il possible de l'observer ? Pourquoi j'ai préparé cette question ? La réponse que je pourrais vous donner c'est de regarder la nature et essayer de l'expliquer scientifiquement. Vous pouvez dire que cela ne sera pas possible ! Mon idée est de tenter de faire apparaître cette capacité cognitive. Même si leurs raisonnements sont faux, ce qui est important, c'est faire penser les individus dans cette logique. Au cours de la préparation et de l'interrogation de cette question j'ai eu beaucoup de critiques positives. Faire penser et faire observer un phénomène dans une image, paraissent très intéressants, surtout aux enseignants de la faculté de chimie.

4.6.2.7 Interactions

Durant la préparation du questionnaire, ce qui a été le plus compliqué pour moi, c'est de poser cette question sur le concept de force. Comment pourrais-je formuler ma question pour que les étudiants comprennent mieux ce que je leur demande ? La difficulté est due à l'abstraction de ce concept. Les recherches qui ont été faites jusqu'à maintenant par les chercheurs (Viennot, 1978) se sont focalisées sur les problèmes concrets afin d'expliquer le concept de force. Par contre, moi je voudrais poser une question en gardant l'abstraction de ce concept avec les phénomènes invisibles

et visibles à la fois. Pourquoi l'abstrait ? Parce que la cause de la force n'existe pas, même Newton dans son livre *Principa*, disait qu'on n'a pas pu exprimer la cause d'une force physiquement, si on cherche vraiment la cause d'une force, on peut la trouver en mathématique ; mais on peut seulement comprendre les effets des forces sur des objets. J'ai l'impression de m'approcher de plus près de ce que je voudrais poser comme question, mais est-il possible de le faire différemment ? Le concept de « force » existe à la fois dans le monde visible et dans le monde invisible. C'est la raison pour laquelle j'ai indiqué cette question dans mon questionnaire, malgré sa difficulté.

4.6.2.8 Observer l'univers

Presque dans toutes les questions, on fait appel plus ou moins à l'observation et l'observabilité des choses. Dans cette question, je m'oriente vers le cosmos, c'est-à-dire le monde macroscopique, des objets très grands ; la science poursuit-elle une démarche différente en explorant ce monde, ou bien les mêmes moyens sont-ils suffisants pour le découvrir, ou bien faut-il connaître quelque chose d'autre ? Autrement dit, quel type de raisonnement utilise-t-on pour joindre ce monde. Dans cette question, le sens de l'observation pourrait apparaître comme quelque chose de très important en sciences. Peut-on prendre en compte le sens de l'observation sans voir toutes les propriétés des objets ? Peut-on distinguer, voir et observer ?

4.6.2.9 Vapeur de l'eau et Lumière

Pour moi, les deux phénomènes étaient totalement différents, onde et matière. J'ai voulu poser cette question, les étudiants se rendent-ils compte de la différence. D'autre part, les deux phénomènes sont un bon passage du monde macroscopique au monde microscopique, si on est capable de faire une bonne observation. Par ailleurs, peut-on savoir de quoi sont faits les objets qui nous entourent ? Quant à ces questions, il ne suffit pas de répondre librement et correctement, si on n'a pas la théorie adéquate sur nos connaissances acquises auparavant. D'ailleurs pour nos questions nous n'avons jamais recherché les « bonnes » réponses. Ce qui compte c'est que les sujets répondent en utilisant leur capacité intellectuelle et cognitive autant que possible. Dans cette question, je n'ai utilisé aucun dessin en raison de la fréquentation de ces phénomènes.

Pour ma part, depuis toujours j'ai été très curieux sur la visibilité des photons et des molécules. Si on pouvait voir la lumière, cela veut dire voir aussi des photons. Durant mes études, j'ai posé plusieurs fois cette question à mes professeurs, et on m'a répondu plusieurs fois, soit implicitement, soit explicitement. Certains disaient « non », puis, une deuxième question était posée : que voit-on avec nos propres yeux ? Ce n'était pas toujours évident d'expliquer tous les phénomènes autour de nous, mais au moins il fallait trouver une réponse qui pourrait éclaircir la question posée. L'autre curiosité, la visibilité des molécules, je sais que notre capacité visuelle n'est pas capable de les voir, alors, que se passe-t-il en cours de vaporisation de l'eau ? Comment peut-on expliquer ces événements ? Que peut-on en penser ?

4.6.2.10 Enigme de la masse manquante :

Il y a tant d'énigmes dans notre monde, l'une de ces énigmes est que : la somme des masses des nucléons isolés est supérieure à la masse d'un noyau regroupant tous les nucléons. Parce qu'on ne peut pas expliquer ce phénomène avec les réactions chimiques, dans une réaction chimique, au cours d'une réaction chimique, la somme des masses est conservée, dans n'importe quelle réaction chimique, mais ici non ! Alors qu'est-il advenu de cette masse manquante ?

Cet exemple est l'un des meilleurs exemples qui explique les différences du monde quantique ou de la physique quantique. Notre raisonnement doit être différent par rapport à la physique classique, on doit raisonner différemment. Est-ce nécessaire ? Oui, absolument, la logique du monde microscopique et quantique est différente. Si on se rend compte de cette différence, à mon avis, on peut mieux concevoir le monde qui nous entoure, surtout aujourd'hui, on a envie de vivre dans une logique qui est attachée au monde quantique ! Il faut s'habituer à cette façon de penser ! Evidemment, pour bien le comprendre, ce n'est pas si facile. D'autre part, comme on dit souvent, afin d'augmenter la capacité de raisonner et d'imaginer, il faudrait que les niveaux de nos connaissances modernes ou bien contemporaines soient supérieurs.

4.6.2.11 Atome et Molécule

Ma dernière question, est centralisée sur l'imagination et sur le fait de pouvoir se convaincre de l'existence de quelque chose. C'est peut-être un peu surprenant, mais c'est vrai, pouvoir convaincre de l'existence de quelque chose n'est pas évident, surtout si ces choses sont invisibles et imperceptibles. On n'a jamais vu un atome ou bien une molécule, comment peut-on expliquer leur existence ? Cette question est peut être un peu exagérée, mais en général on oublie l'importance de l'expérience dans la science à savoir l'observation. En fait, les deux fonctionnent ensemble, il y a deux voies qui nous ramènent à la perceptibilité des choses et des objets. L'une est aussi importante que l'autre, l'expérience et l'observation. Pour percevoir l'existence d'une chose et d'un objet, on a besoin de reconnaître une propriété à partir d'un objet, c'est-à-dire, qu'une propriété d'un objet soit transmissible à nos sens. En posant ces questions, je cherchais à savoir si, les étudiants sont capables de répondre à ces questions en utilisant des expériences, des observations et des perceptions acquises auparavant ?

J'avoue que préparer un questionnaire n'est pas facile, il faut prendre en compte toutes les dimensions du phénomène. Au cours de ma longue démarche, j'ai partagé mes difficultés avec plusieurs personnes et surtout avec ma directrice. J'ai l'ai interrogée d'une manière aussi détaillée que possible chaque fois que je me posais une question.

Avant de réaliser ce questionnaire, j'ai fait un test préliminaire pour vérifier le fonctionnement (déroulement) des questions. Après avoir vu les réponses des étudiants dans ce test, j'ai changé et reformulé certaines questions. Cette façon est plus judicieuse et je pense que ce questionnaire va donner une bonne introduction à mon travail.

Au cours de la préparation de ces questions, je me suis inspiré des recherches qui ont été faites par des chercheurs en France et en dehors de la France. Et aussi par les discussions importantes avec ma directrice et d'autres chercheurs, à Strasbourg, Paris, Nice et ainsi qu'avec mes professeurs en Turquie. Vraiment, le travail a été fait en parfaite collaboration. Mon questionnaire intéressait plus les enseignants que les étudiants.

Si je résume tout, pour avoir des informations, des raisonnements sur tous les concepts de la science moderne, il faut essayer d'interroger d'une façon plus profonde et d'**une façon différente**. Sinon notre raisonnement se focalise sur les problèmes et leurs solutions, et non sur les concepts et sur notre système cognitif; plus on s'intéresse aux concepts et aux notions, plus on touche directement à notre système cognitif. Par exemple pour un problème classique, on peut répondre à la question sans connaître les concepts et leur utilisation, uniquement d'une façon mathématique. Par contre, s'il n'y a aucun chiffre dans la question, les étudiants, au début, ne comprenaient pas, ils se demandaient, que dois-je répondre au professeur ? La mathématique, il est évident que c'est très important pour interpréter le monde abstrait mais ce n'est pas tout. C'est la raison pour laquelle on s'est centralisé plutôt sur les concepts dans le cadre de ce travail. Et on n'a jamais cherché les bonnes réponses des étudiants, ce qu'on a voulu, c'était, en fait leur propre participation et leurs raisonnements spontanés (**Viennot, 1977, Saltiel, 1978**) sur les situations qui leurs ont été proposées dans un questionnaire.

Comme déjà cité plus haut, il y avait dix questions dans mon questionnaire, c'est certainement beaucoup, mais pour toutes ces questions j'ai laissé une demi-heure aux étudiants, afin qu'ils répondent spontanément et en suivant un long chemin du monde visible et perceptible vers le monde invisible et imperceptible. Cela veut dire utiliser toutes les capacités cognitives dans un temps limité en faisant appel à plusieurs concepts et phénomènes.

4.6.3 Et pour le guide d'entretien

Comme prévu tout au début de cette recherche, notre démarche est de poursuivre le questionnement des concepts et des situations de tous les jours. Cette fois, la façon de questionner est un peu différente par rapport au questionnaire, mais c'est plutôt un travail complémentaire de ce que nous avons fait avec le questionnaire.

La totalité des questions est focalisée dans la vision qui a deux voies distinctes, l'une vers le monde macroscopique, l'autre vers le monde microscopique. Ce n'est pas seulement macro ou micro, parfois, on examine les deux entités ensemble. C'est-à-dire, les deux différentes façons de voir le monde, ou bien, les deux angles de vues différents. L'un s'ouvre sur l'autre, mais il n'y a pas de frontière exacte entre le monde macro et micro

Ce guide comporte vingt questions. Certaines sont complémentaires de celles qui ont été posées auparavant, les autres sont nouvelles, il s'agit plutôt d'idées philosophiques. Dans ce guide, il y a plusieurs types de questions, par exemple :

- certaines expressions de nos jours (voir un atome, toucher un atome),
- une interrogation dans l'histoire des sciences (un photon immobile, Bachelard),
- des expressions scolaires et publiques (le monde microscopique et macroscopique, voir des objets grands et très petits),
- des interrogations purement scientifiques (la couleur des atomes), etc.

Nous pourrions multiplier ce type de questions mais pour nous l'essentiel est de montrer l'importance de la vision dans les sciences actuelles, surtout dans le domaine des sciences physiques

Dans le cadre de cette recherche, mon objectif, pour ce type d'interrogation, est de montrer comment les étudiants raisonnent dans ce monde qui a deux voies et de quelle manière ils perçoivent le monde qui les entoure.

Les concepts des sciences physiques (ceux-ci sont plutôt les concepts des sciences contemporaines), la vision, les autres sensations et les perceptions sont essentiels pour la science et aussi pour ce travail. Nous savons qu'il existe un monde réel autour de nous, même si, de temps en temps nous ne sommes pas totalement conscients de son existence. Ce qui est sûr c'est que ce monde existe pour tous, mais de manière plus au moins différente pour les uns et pour les autres. Chacun interprète des objets autour de soi, mais au cours de cette interprétation, évidemment il y a des différences. Mon but est d'identifier les origines de ces différences. Certaines sont déjà connues si on se réfère à des travaux qui ont été faits dans ce domaine. En science, il y a toujours une autre perspective en jeu, c'est-à-dire essayer de faire autrement et un peu différemment par rapport aux recherches qui ont été faites auparavant, d'apporter quelque chose de nouveau.

Ma prise de position durant ce travail a pour but de prendre en compte les recherches qui ont été faites par les didacticiens. Les IUFM sont relativement nouveaux en France, (Instituts **Universitaires** de Formation des Maîtres). Par contre en expérimentation, ils sont en retard par rapport à l'avancement des sciences universitaires et à l'avancement des didactiques des sciences. Nous pourrions nous référer à Giordan, Martinand, Vionnot, Astolfi et les autres. J'ai pris les dernières conclusions de « Martinand » sur la formation, il disait que la formation doit se construire sur le triangle des disciplines « didactique, psychologie, pédagogie ». Si nous faisons une recherche dans cette optique, qu'est-ce que nous pouvons constater ? Ou bien comment cette approche peut-elle être perçue par les étudiants ? C'est la raison pour laquelle vous allez rencontrer durant toutes les étapes de ce travail les effets de cette approche « didactique,

pédagogique et psychologique », soit comme une méthode, soit comme un questionnaire, soit comme un sujet de recherche.

L'essentiel dans ce type d'approche est de prendre en compte des individus comme une entité, aussi le fait de les prendre comme une entité sera une bonne trajectoire pour ma recherche. Le sens de cette entité explique que les individus sont **une construction : sociale, psychologique, et intellectuelle** (Piaget, Bruner, Vygotski, ainsi que les chercheurs qui ont travaillé sur le constructivisme et le socio-constructivisme).

Le déroulement des entretiens

Pour les entretiens, nous avons prévu une durée de 25 minutes. Au cours de l'expérimentation ceux-ci se sont déroulés à peu près comme prévu. Il y a deux terrains pour expérimenter ce guide d'entretien, l'un en France, l'autre en Turquie. Dans chaque pays, il y a aussi trois groupes différents, en France les étudiants en DEUG, option : sciences de la matière (Bac+1), les étudiants de sciences physiques (Bac+3) ainsi que les stagiaires de l'IUFM (Bac+5, 6). Et, en Turquie, les étudiants, futurs professeurs de physique et chimie (1^{er} année, 3^{ème} et 5 ou bien 6 années d'université). C'est à peu près dans la même logique, mais deux systèmes éducatifs différents pour la formation des maîtres. Une seule différence est importante, en France, la physique et la chimie sont examinées ensemble, par contre, en Turquie, elles le sont séparément. **Voir** les détails des informations supplémentaires à propos de la répartition des étudiants sur **les tableaux 4.3 et 4.4**.

Ma prise de position pour ce travail est de considérer ces groupes ensemble et non séparément. Lorsque nous observons le nombre des étudiants, nous pouvons facilement constater que l'effectif des étudiants en Turquie est d'à peu près 50 pour cent par rapport à celui de la France.

Dans le déroulement de ces interviews, de temps en temps je n'ai pas posé toutes les questions, surtout en Turquie, un certain nombre de questions ne fonctionnent pas comme en France, (4^{ème} et 6^{ème} questions), les origines de ces difficultés proviennent de la langue, l'une par l'absence des mots alternatifs, l'autre par le sens des mots. Par exemple, lorsque j'ai demandé, « *que représente pour vous le monde invisible ?* » les étudiants en France m'ont répondu naturellement, par contre en Turquie, les étudiants ont compris le sens métaphysique. Presque chaque fois, j'ai dû expliquer que nous utilisons ce mot au sens normal, pas au sens métaphysique. Deuxièmement, la physique et la chimie sont deux disciplines distinctes, certains étudiants en physique, surtout en première année d'université ont eu des difficultés à répondre, c'est pourquoi j'ai laissé passer une question, j'ai choisi plutôt ce qui est plus proche de la logique de la physique. En fait tous les concepts des sciences positives fonctionnent ensemble, mais la fréquentation de certains concepts est de temps en temps plus forte d'une discipline à l'autre.

Par exemple les physiciens préfèrent utiliser plutôt le concept « atome » alors que les chimistes préfèrent plutôt « molécule », comme si les deux concepts provenaient de deux disciplines différentes. Pour les chimistes les mots « élément chimique », « ion », « molécule » sont plus courants, par contre pour les physiciens, « photon », « électron », « proton », « atome » sont plus utilisés. Cette explication sera une petite remarque avant l'analyse du questionnaire, les autres questions fonctionnent d'une façon similaire.

Au début des interviews, j'ai donné une petite explication aux étudiants afin qu'ils puissent bien comprendre **le sens de chaque question** : « Vous trouverez ci –dessous des questions. Celles-ci ne sont pas un test et ne seront notées en aucun cas. Seule votre propre participation sera prise en compte », dans les questions, il n'y a pas une réponse correcte, parfois même plusieurs. Expliquez votre propre raisonnement. Comment interprétez-vous chaque question ? Ceci est une enquête en vue de faire apparaître votre raisonnement sur certains concepts des sciences d'aujourd'hui et certains phénomènes rencontrés dans la vie quotidienne, c'est tout ».

Etant donné que j'ai étudié en Turquie, mon pays d'origine, les terrains m'étaient plus connus que par rapport à la France. Je connaissais les gens et les attitudes ainsi que le fonctionnement du système éducatif. C'est pourquoi j'ai fait une recherche de terrain beaucoup plus courte que par rapport à ce que j'ai fait en France. La difficulté essentielle que j'ai rencontrée dans ce travail c'est de contacter les stagiaires des IUFM, comme ils sont déjà rémunérés par le Ministère de l'éducation nationale, ils ont plus la mentalité fonctionnaire qu' étudiant d'IUFM. Ils ne souhaitent pas être interrogés par quelqu'un. Malgré plusieurs tentatives aucun étudiant de l'IUFM de Strasbourg n'a voulu participer à mon interview.

4.6.4 Questionnaire de l'énergie pour les étudiants de collège et de lycée (voir le questionnaire III à la fin de ce chapitre)

Ce questionnaire est apparu à la fin du premier parcours de ma recherche expérimentale. C'est plutôt après avoir fait ma première analyse sur les questionnaires que j'ai mentionnés plus haut. D'ailleurs celui-ci provient de la première question du questionnaire sur l'énergie. J'ai reformulé pour les élèves de lycée et de collège pour qu'il leur soit compréhensible et j'ai ajouté une petite question pour avoir plus d'informations sur leur langage (quatrième question de ce questionnaire). Le but principal pour cette question est d'approfondir un peu plus le cadre d'un concept et d'avoir plus d'informations à propos de son développement avec ses composantes, plus particulièrement d'observer la coexistence des concepts scientifiques et quotidiens en fonction de l'avancement études des individus

A la fin de mon analyse préliminaire, j'ai vu que la diversité des interrogations sur les mêmes concepts ou sur les mêmes phénomènes nous apporte plus d'informations et plus de vision différente sur la construction d'un concept, surtout sur les fonctionnements des outils mentaux.

Ce questionnaire a été renseigné par les élèves de collège et de lycée tant en Turquie qu'en France, à partir de la première année de collège jusqu'à la fin de lycée sur quatre groupes en France et sur cinq groupes en Turquie (voir sur le tableau 4.5 et 4.6).

Le déroulement du questionnaire a duré à peu près une heure selon les élèves, les élèves ont apporté effectivement plus d'informations que des étudiants universitaires tant au niveau conceptuel qu'au niveau perceptif et les contenus des réponses sont riches à tous les sens du terme.

A la fin de cette étude, veuillez trouver ci-dessous, les recherches, les personnes et les sites Internet qui m'ont aidé dans mon travail.

Les publications :

- **Cité des sciences** soit visuel soit documentaire soit sur son site Internet
- Publications de CEA
- Les publications de l'Université Orsay
- INRP, les questions à formateurs et à scientifiques.
- Paris VII, Viennot, Saltiel
- Université de Genève, Giordan, les origines des savoirs.
- Les publications anglaises et il y quelques articles anglais.
- Cachan, Martinand
- Faculté de chimie, Strasbourg
- Université de Nice, JMLL
- Les discussions
- Université de Leeds
- TDP, les revues
- Les livres, éditions Odil Jacop.

Documents électroniques :

- **CEA de la recherche à l'industrie** :Quelques notions scientifiques :
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/notions.htm>
- **Voyage au cœur de la matière...** :
<http://voyage.in2p3.fr/frames.html>
- Le site grand public de l'**IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules)**.:
<http://www.in2p3.fr/page/communication/grandpublic/compublicf.htm>
- **E-doc sur les forces** :
http://www.cerimes.education.fr/e_doc/forces/
- Un site grand public sur **la radio-activité** :
<http://www.laradioactivite.com/>
- **CERN** (Laboratoire Européen pour la Physique des Particules) : <http://public.web.cern.ch/public/>
- **Carrefour Atomique**: serveur de vulgarisation de physique, un des sites de CyberScol, école virtuelle québécoise : <http://mendelev.cyberscol.qc.ca/carrefour/accueil.html>
- **Windows to the Universe**: serveur (en anglais) de vulgarisation d'astronomie :<http://www.windows.ucar.edu/>
- **Futura-Sciences**:
<http://www.windows.ucar.edu/>

4.7 Présentation des sujets constituant la partie expérimentale de cette recherche

4.7.1 Pour le questionnaire et le guide d'entretien

Tableau 4.1 : REPARTITION DES ETUDIANTS AYANT PARTICIPE AU QUESTIONNAIRE EN FRANCE

Les étudiants en France		DEUG, Option : Science de la matière		Licence de Sciences Physiques		Stagiaires de l'IUFM		Maîtrise de Sciences de l'éducation + DESS Communication scientifique		Total (221)	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Etablissement et ville	1. ULP*, Strasbourg	110	49.77							110	49.77
	2. ULP, Strasbourg			17	7.69					17	7.69
	3. ULP, Strasbourg							26	11.76	26	11.76
	4. Université de Pau			13	5.88					13	5.88
	5. IUFM d'Alsace, Strasbourg					32	14.48			32	14.48
	6. IUFMd'Auvergne, Clermont-Ferrand					23	10.41			23	10.41

ULP* : Université Louis Pasteur

Tableau 4.2 :REPARTITION DES ETUDIANTS AYANT PARTICIPE AUX ENTRETIENS EN FRANCE

Les étudiants en France		DEUG, Option : Science de la matière		Licence de Sciences Physiques		Stagiaires de l'IUFM		Total (14)	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Etablissement et ville	1. ULP*, Strasbourg	9						9	64.29
	2. ULP, Strasbourg			5				5	35.71
	3. IUFM d'Alsace, Strasbourg					-		-	-

Tableau 4.3 :REPARTITION DES ETUDIANTS AYANT PARTICIPE AU QUESTIONNAIRE EN TURQUIE

Les étudiants En Turquie		1 ^{ère} année		3 ^{ème} année		5 ^{ème} ou 6 ^{ème} année		Total (104)	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Université de Balikesir	1. FPF : Faculté de Pédagogie	19	18,27					19	18,27
	2. FPF : Faculté des Sciences			17	16,35			17	16,35
	3. FPF : Faculté de Pédagogie					11	10,58	11	10,58
	4. FPC : Faculté des Sciences	22	21,15					22	21,15
	5. FPC : Faculté de Pédagogie			26	25,00			26	25,00
	6. FPC : Faculté de Pédagogie					9	8,65	9	8,65

FPF : Futurs Professeurs de Physique ; FPC : Futurs Professeurs de Chimie

Tableau 4.4 : REPARTITION DES ETUDIANTS AYANT PARTICIPE AUX ENTRETIENS EN TURQUIE

Les étudiants En Turquie (15)		1 ^{ère} année		3 ^{ème} année		5 ^{ème} ou 6 ^{ème} année		Total (15)	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Université de Balikesir	1. FPF : Faculté de Pédagogie	2	13,33					2	13,33
	2. FPF : Faculté des Sciences			3	20			3	20,00
	3. FPF : Faculté de Pédagogie					4	26,67	4	26,67
	4. FPC : Faculté des Sciences	2	13,33					2	13,33
	5. FPC : Faculté des Sciences			2	13,33			2	13,33
	6. FPC : Faculté de Pédagogie					2	13,33	2	13,33

FPF : Futurs Professeurs de Physique ; FPC : Futurs Professeurs de Chimie

4.7.2 Pour le questionnaire d'énergie

Tableau 4.5 :REPARTITION DES ELEVES AYANT PARTICIPE AU QUESTIONNAIRE EN TURQUIE

Les élèves en Turquie		Total (176)	
		Nombre	%
Ville : Balikesir	Collège 1	52	29,55
	Collège 2	50	28,41
	Lycée 1	31	17,61
	Lycée 2	33	18,75
	Lycée 3	10	5,68

Tableau 4.6 :REPARTITION DES ELEVES AYANT PARTICIPE AU QUESTIONNAIRE EN FRANCE

Les élèves en France		Total (143)	
		Nombre	%
Ville : Strasbourg	Collège 6 ^{ième}	46	32,17
	Collège 3 ^{ième}	36	25,17
	Lycée Premier S	28	19,58
	Lycée Terminal S	33	23,08

4.8 Présentations des recueils des données pour cette recherche :

4.8.1 Le questionnaire :

Vous trouvez ci-dessous des questions ouvertes. Celles-ci ne sont pas un test et ne seront notées en aucun cas. Seule votre participation intime selon votre propre raisonnement sera prise en compte.		1
Durée prévue : 30 minutes		
Kemal YURUMEZOGLU	Faculté des Sciences de l'éducation	En vous remerciant d'avance
		Université Louis Pasteur

ENERGIE

✚ Quand vous entendez le mot « énergie », qu'évoque-t-il pour vous ?

✚ D'après votre raisonnement, le sens du mot « énergie » change-t-il à chaque fois qu'on rajoute un mot à côté du mot « énergie » comme « énergie nucléaire », « énergie solaire », « énergie chimique », « énergie éolienne » etc.? Explicitez votre réponse.

✚ Dessinez l'énergie telle que vous vous la représentez. Si vous ne pouvez pas la dessiner, dites ce que sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

CONCEPTS ABSTRAIT ET CONCRET

✚ Selon le Prof. P.W. ATKINS (Professeur de chimie à l'Université d'Oxford) « Les molécules ont une taille et une forme. Si on arrive à ce que les étudiants (ou même le grand public) pensent aux molécules comme à des objets tangibles, réels, ayant une taille et une forme définies, on peut surmonter l'abstraction, revenir à la réalité¹ »

✚ Est-ce que de la même manière, vous vous représentez les concepts : atome, noyau, proton, électron, comme des objets ? Si oui, dessinez votre représentation. Si non, explicitez quelle démarche mentale vous utilisez pour surmonter l'abstraction de ces concepts.

PROPRIETES MACROSCOPIQUES

✚ Peut-on parler de 'mouillage' avec 1 µg d'eau ?

✚ Si on casse l'élément Or, à l'échelle de 100 nanomètres à peu près, la couleur reste-t-elle toujours la même ? Explicitez.

✚ Nous pouvons multiplier ces deux derniers exemples. Ce qu'on vous demande c'est s'il y a pour vous un sens explicite des propriétés macroscopiques ramenées à l'échelle microscopique et nanoscopique. Explicitez votre réponse.

¹ P. W. Atkins, Oxford University (traduction et résumé : Michèle Kirch ; imprimatur : P. W. Atkins) 12^e journées de l'Innovation et de la recherche dans l'Enseignement de la chimie, Université Louis Pasteur.

S'il le faut, vous noterez vous servir du dos de la feuille.

VOIR AUTREMENT

✚ Que voyez-vous sur cette photo ?



✚ Si vous n'avez pas d'idée précise, à quoi vous fait penser cette photo ?

✚ Avez-vous déjà vu une photo analogue ? Dans quel contexte ?

✚ Si vous n'en avez jamais vu, quelle est l'origine de votre réponse à la question 1 ou à la question 2 ?

✚ Avez-vous une idée de la vraie dimension de l'objet photographié ?

UNE IMAGE



✚ Que voyez-vous sur cette photo ?

✚ Quelque chose sur cette photo vous fait-il penser à un (ou des) concept(s) physique(s) ?
Lequel (lesquels) ? Pourquoi ?

INTERACTIONS



✚ On parle de l'existence de quatre forces ou bien de quatre interactions dans la nature : les interactions électromagnétiques, les interactions fortes, les interactions faibles et la gravitation.

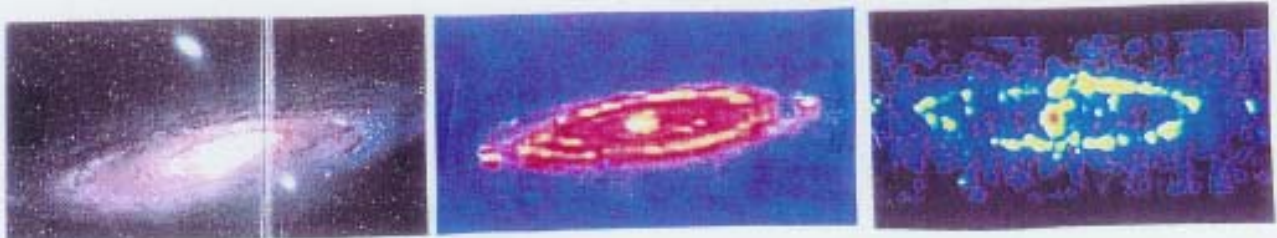
✚ Lorsqu'on pousse une bille immobile sur une table on constate qu'elle roule pendant un certain temps puis elle s'arrête ou, si elle arrive au bout de la table, elle tombe.

✚ Que signifie pour vous le terme de « force » ?

✚ Faites-vous une relation entre les deux énoncés ci-dessus ? Explicitez-la.

OBSERVER L'UNIVERS

✚ « ...Seules les ondes visibles et radio ne sont pas absorbées par l'atmosphère terrestre. Or, pour observer l'univers dans toute sa richesse, l'astronome a besoin de toutes les lumières existantes... »²



✚ Que représentent, pour vous, ces clichés ? Quelle est, selon vous, l'origine des différences entre eux ?

² L'image scientifique, textes et documents pour la classe, n°699, CNDP, Paris, 1995.

VAPEUR D'EAU et LUMIERE

⚡ On observe que l'eau se vaporise au bout d'un certain temps quand on la chauffe. Il se dégage de la vapeur d'eau. On sait qu'il est impossible de voir la molécule d'eau à l'œil nu; que voit-on alors ?

⚡ On observe une diffusion de la lumière de la lampe quand on l'allume. Comme dans la phrase ci-dessus, on ne peut pas voir un seul photon de lumière à l'œil nu; que voit-on alors ?

ENIGME DE LA MASSE MANQUANTE



⚡ La somme des masses des nucléons isolés est supérieure à la masse d'un noyau regroupant tous les nucléons. A votre avis, pourquoi ?

ATOME ET MOLECULE

⚡ Si vous aviez la taille d'un atome, un noyau serait-il pour vous macro ou microscopique ? Explicitez votre réponse.

⚡ Qu'est-ce qui vous a convaincu que les atomes et les molécules existent ?

Nom, prénom (facultatif) :

Filière :

Age :

Sexe : M F

S'il le faut, vous pouvez vous servir du dos de la feuille.

4.8.2 Le guide d'entretiens

Guide d'entretien:

Université Louis Pasteur Strasbourg/France

Durée prévue : 30 minutes

Kemal YURUMEZOGLU

- Nom, prénom, et poste occupé ?
- Quelle formation avez-vous suivie ?
- Quelles sont vos activités scientifiques ?

Questions :

1. Si vous cherchiez à définir une frontière entre **le monde microscopique** et **le monde macroscopique**, où la situez-vous ? Quel sera votre critère ?
2. Si nous avions la taille des molécules, Qu'est-ce qu'on pourrait voir autour de nous ?
3. Nous utilisons plusieurs échelles afin de bien expliquer les phénomènes autour de nous, comme l'échelle atomique, **microscopique**, **nanoscopique**, **mésoscopique**... Pour des protons et des neutrons, dans quelle échelle vous placez-vous ?
4. On parle souvent **du monde microscopique** et **du monde macroscopique** ? Si vous aviez à choisir deux autres adjectifs à la place des précédents quels seraient-ils ?
5. Que signifie le mot "**spectroscopie**" pour vous ? Quel est son importance dans la science et dans la vie quotidienne ? Pouvez-vous donner des exemples de son utilisation ?
6. Lorsque l'on parle **du monde visible** et **du monde invisible**, qu'est-ce que cela signifie pour vous ?
7. Qu'est-ce qu'un **photon immobile** pour vous ?
8. **Voir un objet atomique** et **voir un objet à notre échelle**, est-ce que le verbe a pour vous le même sens dans les deux expressions ?
9. À votre avis, pourquoi l'idée d'atome existe-t-elle dans la pensée humaine depuis beaucoup plus longtemps que l'idée de molécule ?

10. Tous objets, animés et inanimés sont faits d'atomes. Comment pouvez- vous vérifier cette affirmation ?

11. VOIR DES ATOMES ET TOUCHER DES ATOMES.

Que signifient pour vous les deux expressions ci-dessus ?

12. OBSERVER SANS VOIR.

Que signifie l'expression ci-dessus pour vous? Pouvez-vous donner des exemples "observer sans voir" dans les sciences?

13. Pourquoi chacun observe-t-il différemment le monde qui nous entoure?

14. « **Ils regardent mais ils ne voient pas** » que signifie, pour vous, cette expression ?

15. Quelle relation faites- vous entre les concepts physiques « **photon** », « **électron** » et « **proton** » ?

16. Quelle relation faites- vous entre les concepts suivants « **matière** », « **force** » et « **énergie** » ?

17. Quelle relation faites- vous entre les concepts suivants : « **atome** », « **élément chimique** », « **molécule** ».

18. Quelle est l'importance de **la lumière visible** et **invisible** dans notre vie contemporaine ?

19. Pourquoi **la couleur** n'est –elle **pas une propriété** de l'atome ?

20. « **Le vent** », « **la chaleur** », « **l'odeur** », « **le son** » ; comment on peut percevoir leur existence ? Qu'est-ce qu'il y a dans leur contenu à votre avis ?

4.8.3 Le questionnaire sur le concept d'énergie

Vous trouvez ci –dessous des questions ouvertes. Celles-ci ne sont pas un test et ne seront notées en aucun cas. Seule votre participation qui s'appuie sur votre propre raisonnement sera prise en compte.

Durée prévue : 30 minutes
Kemal YURUMEZOGLU

Faculté des Sciences de l'éducation

En vous remerciant d'avance
Université Louis Pasteur

ENERGIE

✚ Quand vous entendez le mot « énergie », qu'évoque-t-il pour vous ?

✚ D'après votre raisonnement, le sens du mot « énergie » change-t-il à chaque fois qu'on rajoute un mot à côté du mot « énergie » comme « énergie nucléaire », « énergie solaire », « énergie chimique », « énergie éolienne » etc.? Expliquez votre réponse.

✚ Dessinez l'énergie telle que vous vous la représentez. Si vous ne pouvez pas la dessiner, dites ce que sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

✚ Une activité de réflexion libre

Ecrivez 5 concepts ou phénomènes qui, selon vous, sont plus proches du terme d' « énergie ».

Classe :

Age :

Sexe :

CHAPITRE V

ANALYSE DES QUESTIONNAIRES ET DES ENTRETIENS

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'analyse de données résultant de plusieurs recueils de données. Cette phase comporte deux sous chapitres, l'un est l'analyse des questionnaires et l'autre, l'analyse des entretiens. A chaque étape, nous allons commencer par présenter la question et les groupes ayant participé à notre enquête, puis de l'outil d'évaluation de chaque question et enfin la présentation du contenu des représentations des étudiants à l'aide des tableaux et des graphiques. Enfin, nous nous intéresserons aux résultats de chaque partie de ces questions et en tirerons des conclusions générales.

A la fin des analyses des questionnaires et des entretiens, nous allons faire un bilan afin de trouver des points convergents et divergents entre les questions par rapport aux trois critères suivants : au niveau du contenu des questions, au niveau des activités que nous avons demandé aux étudiants (ou élèves) et au niveau des résultats que nous avons obtenus à ces questions. Nous allons présenter, d'abord l'analyse de deux premiers critères dans le tableau 5. 41 (pour les questionnaires) et dans le tableau 5. 42 (pour les entretiens) et puis une analyse récapitulative par rapport aux résultats des questions. Ces trois critères sont valables pour les deux types d'outils de recueil de données. Ces analyses récapitulatives nous permettront d'une part de mieux interpréter la totalité de l'analyse des questions et d'autre part d'intégrer des liens éventuels entre la partie théorique et la partie pratique avant de passer à la conclusion générale de cette thèse.

5.1 Analyses et résultats des questionnaires

Introduction

Il s'agit ici de la concrétisation de nos expériences sur les étudiants et les élèves. Comment pensons-nous, comment pensent-ils en face des concepts des sciences actuelles et des situations qui font partie de nos activités scientifiques et quotidiennes. Comme cité dans d'autres étapes de notre recherche, cette confrontation au terrain est partielle. D'une part nous ne pouvons pas totalement accéder à toutes les interprétations intellectuelles des individus, d'autre part, en ce qui concerne nos questionnaires, c'est le reflet d'une partie de la réalité.

L'analyse des questionnaires a été réalisée en trois étapes consécutives. Nous pouvons les résumer ci-après d'une manière systématique :

1^{er} étape : analyse quantitative

1. réduction des données
2. fréquences de réponses
3. association question-réponse

2^{ème} étape : analyse qualitative

1. niveau du contenu
2. niveau de l'activité

3^{ème} étape : analyse

résultats/tendances/implications

Ce fonctionnement est plus ou moins identique à celui utilisé pour les entretiens, mais la réduction des données n'est pas comparable à celles des questionnaires.

Avant de passer à l'étape suivante, j'aimerais préciser les groupes principaux ayant participé à cette recherche, afin de faciliter la lecture de l'évaluation de ces questions.

Tableau 5.1 :

A : tous les étudiants contactés en Turquie (104)
B : tous les étudiants contactés en France et les stagiaires de l'IUFM (221)
C : tous les élèves de collège et de lycée contactés en Turquie et en France (319)

Une remarque :durant les analyses des questions et des entretiens à tout moment, nous pouvons nous référer au tableau 5.42 et e 5.43 en vue de maintenir la totalité des analyses.

5.1.1 Energie

5.1.1.1 Présentation de la question et des participants

Question 1		énergie	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	a	Quand vous entendez le mot « énergie », qu'évoque-t-il pour vous ?	A, B et C
	b	D'après votre raisonnement, le sens du mot « énergie » change-t-il à chaque fois qu'on rajoute un mot à côté du mot « énergie » comme « énergie nucléaire », « énergie solaire », « énergie chimique », « énergie éolienne » etc.? Expliquez votre réponse.	A, B et C
	c	Dessinez l'énergie telle que vous vous la représentez. Si vous ne pouvez pas la dessiner, dites ce que sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.	A, B et C
	d	Une activité de réflexion libre Ecrivez 5 concepts ou phénomènes qui, selon vous, sont plus proches du terme d' « énergie ».	C

5.1.1.2 Objectifs

Energie	a	Energie	Evoquer
	b	types de l'énergie	Raisonner
	c	Energie	Imaginer/faire rassembler qqch./expérience cognitive

5.1.1.2 Présentation des outils d'évaluation

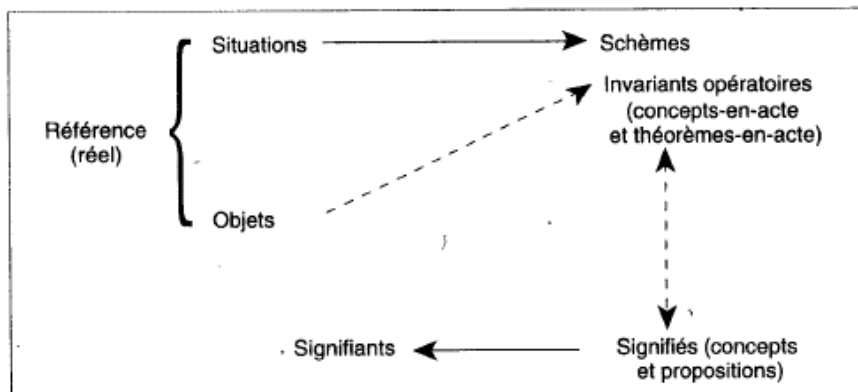
Pour cet outil d'évaluation, nous utiliserons la théorie des champs conceptuels de Vergnaud. Cette application se réalisera en trois étapes : en premier lieu, la présentation de la théorie de connaissances et l'intégration de nos propositions à cette théorie ; en second lieu, l'importance de l'expérience pour maintenir le flux des données entre le sensoriel et le catégoriel; enfin l'importance du langage pour la communication mentale et perceptive.

La complexité de l'évaluation du concept d'énergie nous a poussé à reprendre cette théorie ; grâce à la fonctionnalité de celle-ci, nous avons pu prendre en compte toutes les dimensions de ce concept. Même pour les autres questions, cette application était la clé principale.

Durant ce parcours, je vais tenter de chercher une réponse à la question suivante : de quelle manière puis-je bien analyser les représentations des étudiants et des élèves sur le concept

d'énergie ? Je commence tout d'abord par l'idée des homomorphismes de Vergnaud¹, entre réel – représentation et signifié-signifiant. Nous allons voir ci-dessous la structure de cette théorie.

Figure 5.1 : Homomorphismes : réel-représentation et signifié et signifiant



« A partir de ce point nous prendrons chaque élément de ce schème pour intégrer nos préoccupations. Vergnaud résume la fonctionnalité de sa théorie dans le paragraphe suivant :

« ...La théorie des champs conceptuels est une théorie cognitiviste. L'objet de cette théorie est de fournir un cadre aux recherches sur les activités cognitives complexes, principalement sur les apprentissages scientifiques et techniques. C'est une théorie psychologique du concept, ou mieux encore, de la conceptualisation du réel : elle permet de repérer et d'étudier les filiations et les ruptures entre connaissances du point de vue de leur contenu conceptuel ; elle permet également d'analyser la relation entre les concepts comme connaissances explicites, et les invariants opératoires qui sont implicites dans les conduites des sujets en situation, ainsi que d'approfondir l'analyse des relations entre signifié (représenté) et signifiant (représentant)... »²

En nous référant à cet objectif de Vergnaud, je vais tenter d'articuler graduellement les éléments de sa théorie avec les objets de notre recherche afin de fournir un cadre à l'évaluation de nos questionnements, principalement le questionnement sur l'énergie.

Réel : référence
<i>Ensemble des sujets, des objets et de leurs propriétés et des relations entre ces derniers.</i>

réel contient des objets, des sujets et les phénomènes qui les entourent ⇒

objets /sujets :
des êtres humains :
des vivants :
des objets : molécules organisées

phénomènes : naturel/social/artificiel

¹ Vergnaud, G. (1994). **Homomorphismes réel-représentation et signifié-signifiant: exemples en mathématiques**, Didaskalia, n°5, pp. 25-34k

² Vergnaud, G. (1990). **La théorie des champs conceptuels**, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol.10,n°23, pp.133-170, La pensée sauvage, Grenoble.

Objets/sujets/phénomènes peuvent être significatifs avec les cadres ci-dessous⇒

Cadres¹ pour l'emploi éventuel du concept d'énergie	
Phénoménologie	Socio -médiatique
Epistémologie	Socio -économique
Scientifique	Socio -culturel
Scolaire	Anthropologique
Technologique	Métaphysique. Et ...

Ensemble de situations : (organisé et spontané)

Ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence)

Expérience :

Le processus d'expérimentation est une étape d'articulation entre le sensoriel et le catégoriel. A l'aide de ce processus nous pouvons faire un rapport entre ce que nous percevons et ce que nous avons déjà acquis.

Passage du sensoriel au catégoriel

observation
spontanée
organisée

et expérimentation
sensorielle
perceptible
symbolique
cognitive

schèmes et invariants opératoires
<i>(concepts en acte et théorèmes-en acte, contenus dans les schèmes et algorithmes que développe le sujet pour traiter les situations)</i>

« Le schème est une totalité dynamique fonctionnelle, une organisation invariante de la conduite pour une certaine classe de situations. Cette organisation comporte des buts et attentes, des règles, d'action, de prise d'informations et de contrôles, et elle est structurée par **des invariants opératoires, c'est-à-dire des connaissances** pertinentes pour sélectionner l'information et la traiter (concepts en-acte et théorèmes-en-acte). Les possibilités d'inférences en situation font aussi partie intégrante du schème, puisqu'il y a toujours une certaine adaptation de la conduite aux variables de situation : cela exclut l'idée qu'il puisse exister des conduites totalement automatiques. »²

Signifiés/représentés <i>(concepts et propositions) véhiculés par la langue et les autres représentations symboliques.</i>
<i>(ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié)</i>

Signifiant/représentant (l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant)
--

¹ Pour l'idée de cadre, je me suis référé au travail de : Balacheff, N. (2002). **Cadre, registre et conception**: note sur les relations entre trois concepts clés de la didactique, Les cahiers du laboratoire Leibniz, n°58, septembre, Grenoble.

² Plaisance, E. et Vergnaud, G. (2001). **Les sciences de l'éducation**, éditions La découverte et Syros, Paris. p.48

«...Cette théorie demande à être articulée autour de deux questions distinctes : **la conceptualisation et la symbolisation**. Le concept d'homomorphisme est indispensable pour les deux, mais les deux processus ne doivent être confondus, même si la symbolisation contribue à la conceptualisation, tout en la supposant. »¹

L'opérationalité d'un concept

« En résumé, **l'opérationalité d'un concept** doit être éprouvée à travers des situations variées, et le chercheur doit analyser une grande variété de conduites et de schèmes pour comprendre en quoi consiste, du point de vue cognitif, tel ou tel concept: par exemple le concept de rapport ne se comprend qu'à travers une diversité de problèmes pratiques et théoriques; de même que les concepts de fonction ou de nombre. Chacun de ces concepts comporte en effet plusieurs propriétés, dont la pertinence est variable selon les situations à traiter. Certaines peuvent être comprises très tôt, d'autres beaucoup plus tard au cours de l'apprentissage. Une approche psychologique et didactique de la formation des concepts mathématiques conduit à considérer un concept comme un ensemble d'invariants utilisables dans l'action. **La définition pragmatique d'un concept** fait donc appel à l'ensemble des situations qui constituent la référence de ses différentes propriétés et à l'ensemble des schèmes mis en œuvre par les sujets dans situations. »²

Concepts quotidiens et concepts scientifiques

Les concepts quotidiens et scientifiques sont un des objets primordiaux de notre recherche, car presque chaque représentation des étudiants est construite sur ce rapport. Dans la plupart des cas, il est impossible de faire une détermination exacte : l'étudiant parle-t-il de l'intérieur d'un contexte scientifique ou non scientifique ? Vygotski avait parlé de l'importance de ce sujet :

“Plutôt que de parler de concepts spontanés ou concept de la langue, Vygotski préfère parler de concepts quotidiens et ; en effet, dans le quotidien, les enfants sont confrontés aux concepts de la langue vernaculaire. La problématique serait la même que celle qui concerne les représentations : rupture ou continuité entre les concepts quotidiens et les concepts scientifiques. Les concepts scientifiques ont-ils quelque chose à voir avec les concepts quotidiens ? En ce sens qu'ils s'appuient ; sur les concepts quotidiens et ne les font pas disparaître complètement. Ou au contraire le sujet doit-il pour les constituer, détruire les concepts quotidiens, comme c'est le cas pour les obstacles épistémologiques?

Vygotski penche nettement pour la première solution. **Les concepts scientifiques** représentent une généralisation d'un ordre supérieur, mais ils s'appuient sur les concepts quotidiens. Sans eux, ils ne pourraient advenir. En retour les concepts quotidiens se réorganisent. **La caractéristique du concept scientifique est qu'il appartient à un système de concepts. Ainsi tout concept scientifique est médiatisé par un autre concept .**

En somme, comme l'indique Vygotski (1985, p. 208), **les concepts scientifiques ne sont pas assimilés sous une forme toute prête mais ils se développent eux aussi et le développement du concept quotidien au concept scientifique ne laisse pas seulement des strates³ mais il y des interactions.**”⁴

Energie

Le concept d'énergie s'est installé dans un grand champ d'application. Nous allons voir ci-dessous les cadres principaux de ce concept, il y en a peut être encore d'autres. Ce qui est important dans ce

¹ Vergnaud, G. (1994).

² Vergnaud, G. (1990). p.145

³ Comme dans le cas des profils épistémologies que Bachelard trace de lui-même concernant les concepts de masse, puis d'énergie. Il distingue exemple pour la masse : le réalisme naïf la gourmandise (confusion du poids et du volume), l'empirisme clair et positiviste (la « conduite » de la balance la g), le réalisme classique de la mécanique rationnelle, le rationalisme complet (relativité), le rationalisme discursif. **La philosophie du non, 1940, p. 43**

⁴ Sanner, M. (1999). **Modèles en conflit et stratégies cognitives**: exquise d'une psychologie de la raison, De Boeck&Larcier s.a., Paris , Bruxelles. p.105

propos, c'est d'abord de connaître le champ de l'installation des concepts, puis de savoir avec quel type de rapport ce concept est installé dans ces champs. Le premier élément est plutôt examiné dans un cadre conceptuel (voir plus haut), le deuxième élément dans un contenu conceptuel.

Contenu conceptuel

Ce tableau d'évaluation ci-dessous est le fruit d'une longue recherche sur le concept d'énergie. D'autres recherches (Watts 1983), (Trumper 1990; 1991, 1998), (Solomon 1983) m'ont beaucoup aidé à la construction de ce guide d'évaluation. Il y a de nombreux travaux sur le concept d'énergie. Dans cette recherche, ce qui est important est l'harmonisation d'une théorie actuelle sur les champs conceptuels, ma recherche tentera de contribuer à cet avancement. Le tableau 5.2 ci-dessous sera une bonne clé pour déchiffrer les représentations des étudiants sur le fonctionnement du concept d'énergie soit dans le cadre conceptuel, soit dans le cadre expérimental.

Ce guide d'évaluation comprend deux fonctions, d'une part pour découvrir la composition de la construction du concept de l'énergie, d'autre part pour comprendre l'installation conceptuelle de ce concept chez les individus.

Tableau 5.2 : guide d'évaluation

Energie
Signifié/signifiant : contenu conceptuel
0 -Pas d'information
pas de réponse
je ne sais pas
réponse inexploitable/inclassable
1 -Source/capacité (parler des sources d'énergie, c'est se préoccuper de ce dont on a besoin pour faire quelque chose)
mentale/corporelle lié à l'individu
naturelle
artificielle
2 -Forme (l'énergie est contenue dans un «réservoir »)
mentale/corporelle liée à l'individu
matérielle liée à la matière et aux matériaux
3 -Processus/action /interaction
cognitive/corporelle relatif à l'individu
matériel(le) sur les objets
4 - Phénomène lié à
l'individu
la société/média
la nature
la technologie et la science
5 - Transfert-transformation /mode de transfert (travail, chaleur, rayonnement...)
naturel
artificiel
6 - Fonction-utilité
pour l'individu
pour la société
7 - unités (calorie, watts/s...)
8-concepts
physiques
quotidiens

Nous allons voir ci-dessous des exemples pour pouvoir distinguer la source de l'énergie de la forme de l'énergie.

Source de l'énergie¹

La nature est en effet la source de toute énergie

Forme /source
L'énergie hydroélectrique / (l'eau)
L'énergie nucléaire/ (le minerai d'uranium)
L'énergie thermique / (les combustibles fossiles)
L'énergie musculaire / (les muscles)
L'énergie éolienne / (le vent)
L'énergie marémotrice / (la marée)
L'énergie géothermique / (le sous-sol)
L'énergie solaire / (le soleil)
L'énergie chimique / (la matière)

signifiant/représentant :

A partir des réponses et des raisonnements des étudiants

Langage :

C'est un outil communicatif et cognitif afin de réaliser les différentes interactions intra-individuelles et inter-individuelles. On peut le considérer comme des signaux électromagnétiques (e.m.) qui font des allers-retours entre différents réseaux conceptuels et différents registres cognitifs, et il est significatif à condition qu'il porte un signe et un sens.

La dernière étape, peut-être la plus importante : Comment peut-on interpréter les représentations des étudiants en prenant en considération le langage des individus, autant en expression écrite (des questionnaires) qu'en expression orale (des entretiens) ?

Pour faire une bonne analyse, il faut savoir quelles propriétés du signifiant (représentant) représentent quelles propriétés du signifié (représenté).

Quelques remarques préliminaires (hypothèses après la première lecture de tous les questionnaires)

- Dans le cadre de l'acquisition des savoirs scientifiques : la compréhension conceptuelle requiert une abstraction plus élevée et elle est intimement liée aux perceptions (sensorielle, cognitive).
- Dans la plupart des cas, les élèves et étudiants sont loin d'une logique scientifique (raisonnement scientifique), ils auraient tendance à avoir une logique du sens commun, même s'ils ont des connaissances scientifiques ; de plus, ils ont des difficultés à distinguer les acquis du sens commun du domaine scientifique.
- Les étudiants et les élèves ne se rendent pas compte de la structure épistémologique des savoirs scientifiques, ils raisonnent sur les phénomènes avec une logique habituelle et des concepts de sens commun.

¹ www.inrp.fr/lamap: Le site d'Internet de la main à la pâte sur l'énergie.

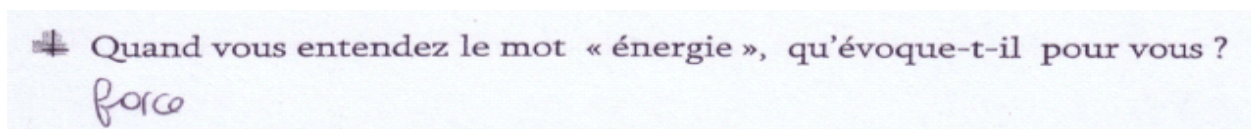
- L'expérience sensorielle / perceptive favorise l'acquisition des savoirs scientifiques et aide à la construction de l'imagination scientifique.

5.1.1.4 tendances des représentations des étudiants et des élèves

Comme précisé plus haut, le questionnement de l'énergie contient quatre questions, c'est pourquoi son analyse va se dérouler en quatre étapes successives. Je commence par la première question.

a	Quand vous entendez le mot « énergie », qu'évoque-t-il pour vous ?
----------	---

Un exemple :



Ce que je recherche en posant cette question est de savoir « que pense-t-on » lorsqu'il s'agit d'un concept multidisciplinaire installé au cœur des activités scientifiques et quotidiennes. Cette question est assez ordinaire en préparation, elle est très complexe quand on lui donne une réponse précise et scientifique. Dans la plupart des cas, on ne sait pas vraiment si on se trouve dans un champ disciplinaire, un contexte scientifique et/ou non scientifique. Cette question est d'une part, un concept qui touche à la construction des autres concepts scientifiques, d'autre part, elle a un large champ d'application. Je pars de ce point pour mentionner de quelle manière j'ai analysé les représentations des élèves et des étudiants, de quelle manière je les ai articulées et quels sont les résultats et les tendances de leur raisonnement.

La première étape de l'analyse consiste à trouver des points d'articulation entre le signifié (représenté : c'est ce que j'ai préparé sous le titre de « contenu conceptuel » et le signifiant (représentant ; différentes réponses données par des élèves et des étudiants). Autrement dit, de quelle manière un individu représente le concept d'énergie dans son fonctionnement mental. Quel objet, quelle propriété, quel phénomène, comment ceux-ci s'installent dans la formation des réseaux conceptuels ? Enfin comment ces derniers contribuent à la construction des connaissances des individus. A présent, nous allons suivre le chemin de l'évaluation, étape par étape, avec des exemples. Nous pouvons nous référer à l'**annexe 3** en ce qui concerne tous les détails de notre analyse.

Comme pour l'étape précédente, à partir de ce tableau et des autres tableaux, nous allons regrouper les représentations des étudiants encore une fois afin de voir tous les résultats des élèves et des étudiants à tous les niveaux et pour les deux pays. Je voudrais dès à présent préciser qu'il n'est pas très facile de trouver un lien direct entre le signifié et le signifiant. De temps en temps, un signifiant pourrait appartenir à plusieurs éléments du signifié ou du contenu conceptuel. Cette difficulté provient, d'une part de la complexité des représentations des étudiants, d'autre part de l'insuffisance de la formation de notre contenu conceptuel. Cependant, je dirais que notre outil d'évaluation fonctionne d'une manière positive dans plus de 90% des cas.

La dernière étape de l'évaluation de la première question sur l'énergie se résume par deux tableaux consécutifs ci-après qui récapitulent toutes les réponses des étudiants et des élèves à tous les niveaux.

TABLEAU 5.3 :

**REPARTITION DE L'ANALYSE FINALE DES REPRESENTATIONS DES ELEVES EN TURQUIE ET EN FRANCE
POUR LA PREMIERE QUESTION SUR L'ENERGIE**

PAYS	niveau des élèves		nombre d'élèves	entité	contenu conceptuel																				
					0		1		2		3		4		5		6		7		8A		8B		
					n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
FRANCE	Collège	sixième	46	71	2	2,82	12	16,90	21	20,58	5	7,04	6	8,45	4	5,63	2	2,82	0	0,00	15	21,33	4	5,63	
		troisième	36	54	2	3,70	11	20,37	4	7,41	5	9,26	2	3,70	1	1,85	3	5,56	0	0,00	22	40,76	4	7,41	
	Lycée	premier S	28	68	1	1,47	14	20,59	17	25,00	9	13,24	5	7,35	3	4,41	5	7,35	1	1,47	10	14,71	3	4,41	
		terminale S	33	70	1	1,43	11	15,71	7	10,00	7	10,00	1	1,43	6	8,57	4	5,71	2	2,86	26	37,14	5	7,14	
TURQUIE	Collège	1 ^{er}	année	52	86	2	2,33	17	19,77	11	12,79	19	22,09	11	12,79	7	8,14	3	3,49	0	0,00	16	18,60	0	0,00
		2 ^{ième}		50	82	4	4,88	15	18,29	10	12,20	16	19,51	20	24,39	2	2,44	6	7,32	0	0,00	8	9,76	1	1,22
	Lycée	1 ^{er}		31	34	1	2,94	8	23,53	1	2,94	5	14,71	6	17,65	4	11,76	3	8,82	1	2,94	4	11,76	1	2,94
		2 ^{ième}		33	61	1	1,64	21	34,43	3	4,92	9	14,75	8	13,11	0	0,00	8	13,11	2	3,28	9	14,75	0	0,00
		3 ^{ième}		10	12	0	0,00	4	33,33	0	0,00	0	0,00	3	25,00	0	0,00	4	33,33	0	0,00	1	8,33	0	0,00

TABLEAU 5.4 :

**REPARTITION DE L'ANALYSE FINALE DES REPRESENTATIONS DES ETUDIANTS EN TURQUIE ET EN FRANCE
POUR LA PREMIERE QUESTION SUR L'ENERGIE**

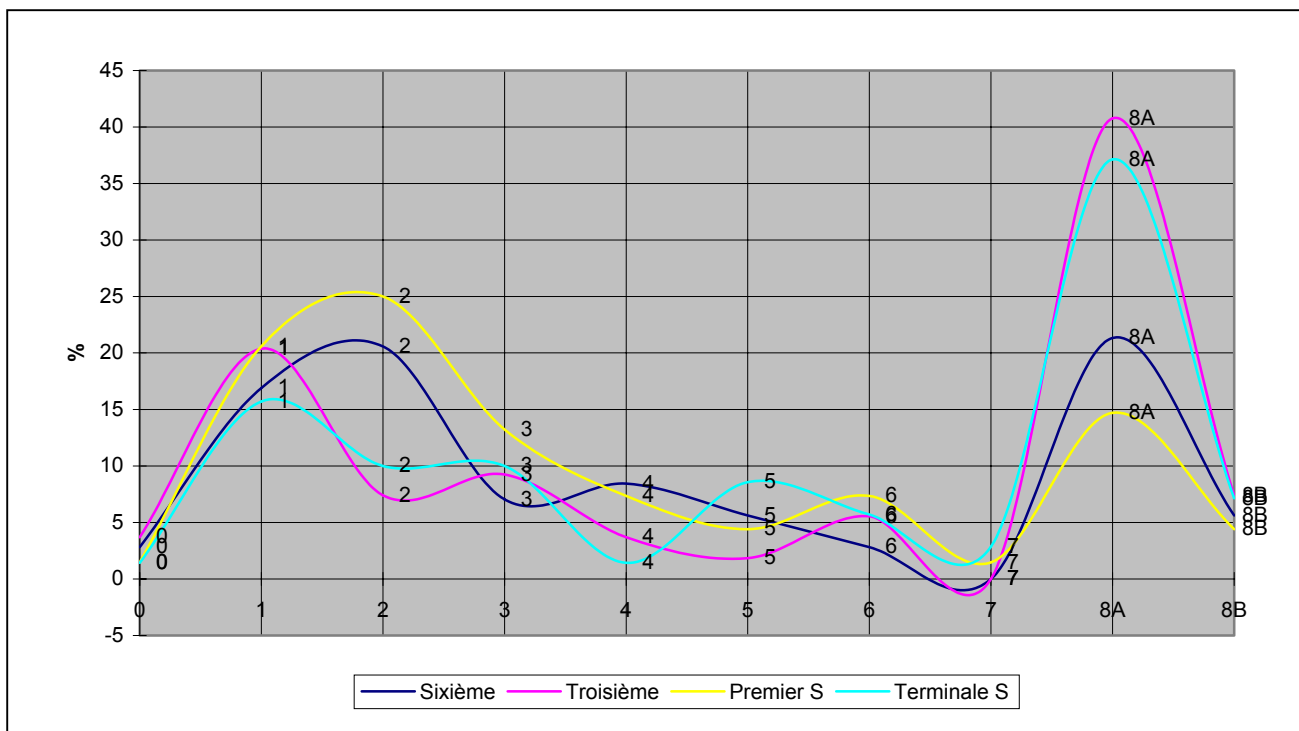
PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	contenu conceptuel																				
				0		1		2		3		4		5		6		7		8A		8B		
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
FRANCE	université	DEUG	110	165	3	1,82	22	13,33	28	16,97	15	9,09	10	6,06	38	23,03	5	3,03	8	4,85	28	16,97	8	4,85
		Licence SP	30	47	0	0,00	9	19,15	6	12,77	3	6,38	6	12,77	9	19,15	1	2,13	2	4,26	10	21,28	1	2,13
		IUFM	55	84	5	5,95	12	14,29	9	10,71	5	5,95	4	4,76	17	20,24	1	1,20	3	3,57	26	30,95	2	2,3
		DESS + Maîtrise	26	54	2	3,70	7	12,96	10	18,52	7	12,96	4	7,41	4	7,41	1	1,85	0	0,00	13	24,07	6	11,11
TURQUIE	université	Physique 1	19	20	1	5,00	5	25,00	1	5,00	3	15,00	0	0,00	1	5,00	4	20,00	0	0,00	4	20,00	1	5,00
		Physique 3	17	20	2	10,00	2	10,00	0	0,00	1	5,00	2	10,00	1	5,00	3	15,00	0	0,00	8	40,00	1	5,00
		Physique 5	11	15	0	0,00	1	6,67	0	0,00	3	20,00	5	33,33	3	20,00	1	6,67	0	0,00	2	13,33	0	0,00
		Chimie 1	22	28	0	0,00	9	32,14	4	14,29	7	25,00	5	17,86	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	3,57	2	7,14
		Chimie 3	26	26	0	0,00	2	7,69	0	0,00	4	15,38	4	15,38	2	7,69	2	7,69	3	11,54	5	19,23	4	15,38
		Chimie 5	9	19	1	5,26	2	10,53	2	10,53	5	26,32	2	10,53	0	0,00	0	0,00	0	0,00	7	36,84	0	0,00

Résultats :

Premier résultat : les étudiants qui n'ont pas répondu à notre question, ou qui n'ont pas donné d'informations significatives ; Je les ai regroupés sous « pas d'informations ». Les taux de réponses de « pas d'information » varient entre 0,00% et 4,82 pour les élèves de collège et de lycée, pour les étudiants universitaires, entre 0,00% et 10,00% Ces taux dans la plupart des cas sont négligeables par rapport à l'ensemble des réponses.

Le graphique ci-dessous montre les tendances des élèves et des étudiants à partir des deux tableaux ci-dessus.

Figure 5.2 :Les élèves en France



Les élèves en France de la sixième à la terminale ont des représentations cohérentes, même si les taux de leurs réponses sont plus au moins différents les uns des autres. Les représentations de l'énergie pour ces élèves sont centrées sur les signifiants suivants :

1,2,4 et 8, pour les élèves de sixième ;

1,3,6 et 8, pour la troisième ;

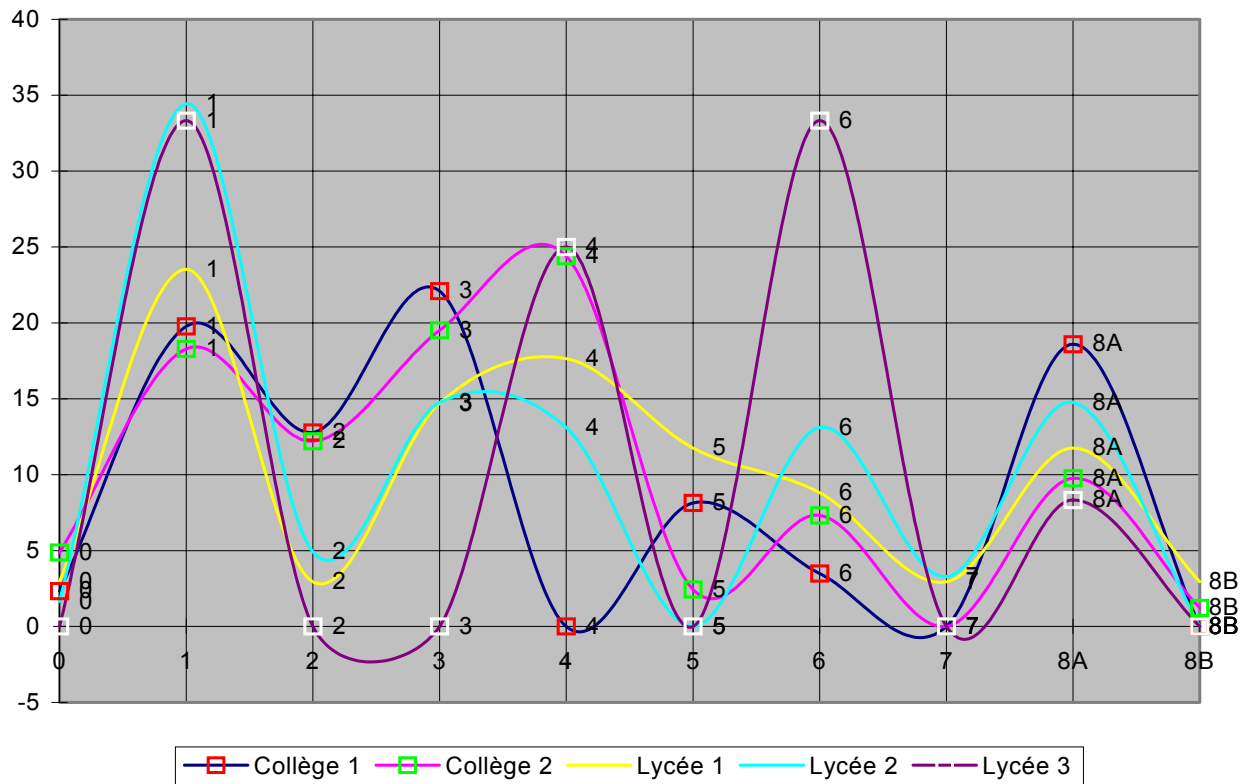
1,2,3,6 et 8, pour la première S ;

1,3,5 et 8, pour la terminale S.

avec : **1 :Source d'énergie, 2 :Forme d'énergie, 3 : processus/action/interaction, 4 :Phénomènes liés à qqch., 5 :transfert-transformation ou mode de transfert d'énergie 6 :fonction-utilité, 7 :unités et enfin 8 : les autres concepts.** Ce qui est important à partir de ce tableau est de constater

tout d'abord les tendances générales, ensuite le flux¹ d'un contenu à un autre. Ce flux est présent pour tous les groupes, mais le sens de l'écoulement est plus ou moins différent pour chaque groupe.

Figure 5.3 :Les élèves en Turquie



Quant aux élèves turcs, il y a une cohérence implicite mais elle est beaucoup plus complexe par rapport aux élèves français. C'est pourquoi, je vais démontrer d'une manière plus détaillée pour chaque groupe :que les tendances de représentation des élèves pour l'énergie sont centrées sur les signifiants suivants :

1,2,3,5 et 8A pour les élèves de collège 1^{er} année ;

1,2, 3,4, 6 et 8A pour le collège 2^{ième} année ;

1,3,4, 5 et 8A pour le lycée 1^{er} année ;

1,3,4,6 et 8A pour le lycée 2^{ième} année ;

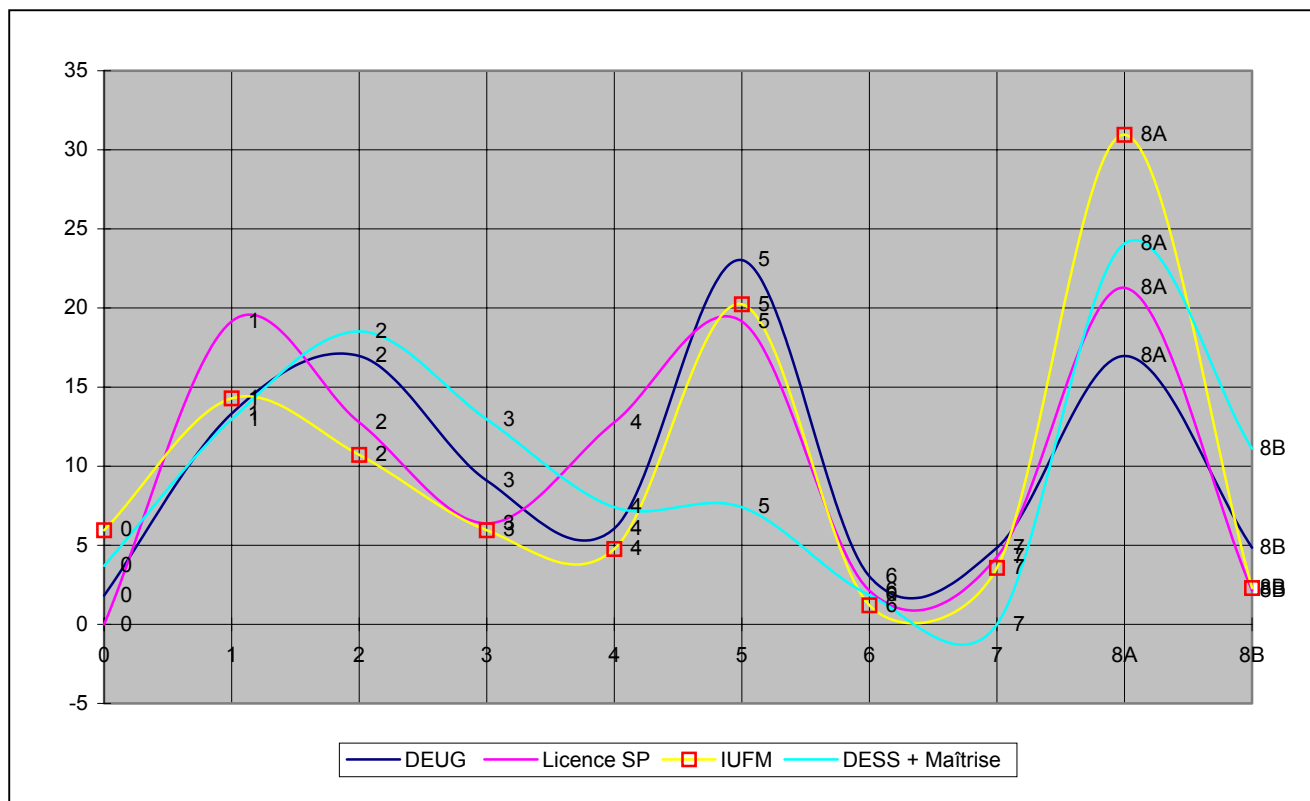
Et enfin, **1,4, 6 et 8A** pour le lycée 3^{ième} année.

Quand on fait un bilan pour les élèves en Turquie, on peut constater que les tendances des réponses des élèves de collège et de lycée, sont similaires entre elles. Par contre le signifié 4 (phénomène lié à quelque chose) commence à apparaître à partir de la troisième vers le lycée. Cela explique qu'il y a un certain nombre de changements explicites (le changement de pourcentage est déterminant), on peut également voir des changements moins explicites (le changement des pourcentages est faible).

¹ Ce terme représente les inter-déplacements des éléments du contenu conceptuel

Ce qui est certain, c'est qu'il y a un déplacement entre les signifiés. Nous pouvons le constater pour chaque groupe.

Figure 5.4 : Les étudiants et stagiaires de l'IUFM en France



Sauf pour les étudiants du groupe de « DESS+Maîtrise », les taux des réponses des étudiants sont quasiment semblables et les tendances de représentations des élèves pour l'énergie sont centrées sur les signifiants suivants :

Pour les étudiants de DEUG : **1,2,3,5 et 8A ;**

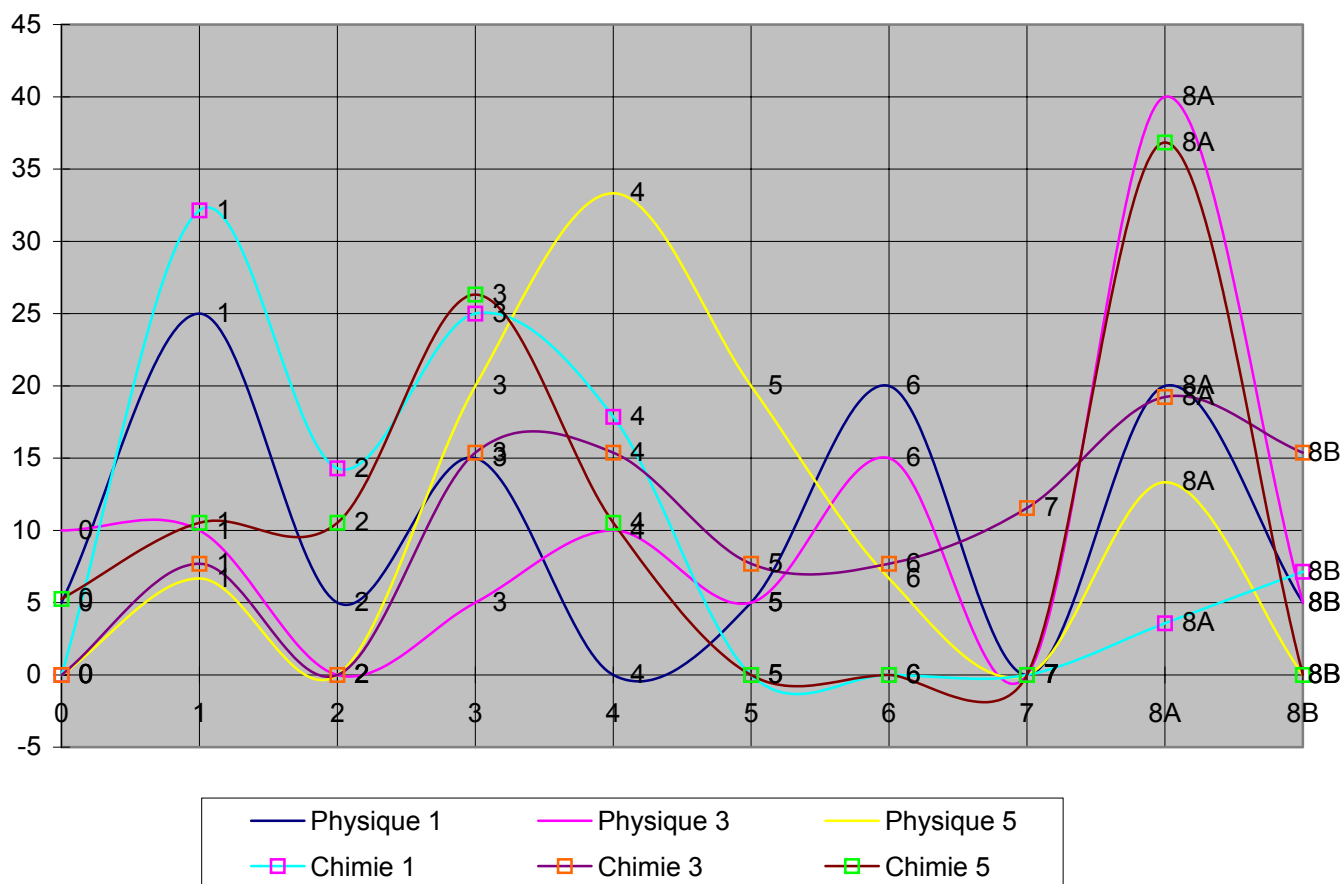
Pour les sciences physiques : **1,2,5 et 8A;**

Pour les stagiaires de l'IUFM : **1,2,5 et 8A;**

Enfin pour DESS+Maîtrise : **1,2,3 et 8A.**

Aussi pour les autres étudiants un nouveau contenu commence à apparaître à partir du DEUG, celui du signifié 5 (Transfert- transformation d'énergie), ce qui n'apparaît pas au niveau secondaire pour les élèves français, alors que les tendances des étudiants de DESS et Maîtrise sont les mêmes que ceux des élèves en France.

Figure 5.5 :Les étudiants futurs professeurs de physique et de chimie en Turquie



Les tendances de représentations des élèves pour l'énergie sont centrées sur les signifiants suivants :

1,3,6 et 8 pour les étudiants, futurs professeurs de Physique 1 ;

1,4,6 et 8 physique 3.

3,4,5 et 8 physique 5.

1,2,3 et 4 pour les étudiants, futurs professeurs de Chimie 1 ;

1,3,4,7 et 8 chimie 3.

1,2,3,4 et 8 chimie 5.

Si on fait une comparaison entre les taux les plus fréquents, on peut les résumer avec les signifiés suivants (1,3,4 et 6, 8). C'est à dire que même s'il y a plus au moins des différences entre les étudiants de Physique et de chimie, leurs tendances sont les mêmes que celles des élèves turcs.

Une autre remarque est que le taux du signifié 8B (**concepts quotidiens**) est supérieur au niveau universitaire par rapport au niveau secondaire. En fait, c'est contraire à ce que nous attendons de l'enseignement supérieur. Ainsi les fréquences des concepts quotidiens sur les représentations des étudiants ont une tendance à l'élargissement les limites.

Or, les taux des signifiés 8A (concepts scientifiques) et 8B (concepts quotidiens) occupent une grande partie dans les représentations des élèves de l'enseignement secondaire et des étudiants de

l'enseignement supérieur. Les individus donnent toujours une réponse à notre question à l'aide d'un autre concept qui a un sens comparable au concept en question. Cela provient, d'une part, de l'origine de la construction du concept, et plutôt d'une interrogation épistémologie, d'autre part, de l'enseignement actuel. En effet dans l'enseignement, afin de pouvoir expliciter une chose, nous nous référons tout de suite à quelque chose que nous avons déjà expérimenté. D'autres concepts dans la plupart des cas. Nous ne dirons pas que c'est faux ou correct, mais il faut que nous fassions toujours attention à l'utilisation des concepts : si nous n'atteignons pas le vrai sens du concept, nous n'arriverons pas à construire l'enchaînement des concepts et en fin de compte nous n'arriverons pas à les construire d'une manière correcte. Un autre point dans le même parcours : l'augmentation de la fréquence des concepts quotidiens dans le discours des étudiants et des élèves, voire des enseignants. Dans les derniers travaux, (l'origine de cette idée appartient aux travaux de Vygotski au début de 20^{ème} siècle), nous nous confrontons beaucoup avec ce discours. Puisque les concepts quotidiens coexistent avec les concepts scientifiques et aident d'une manière complémentaire à la construction des connaissances, nous devons attentivement examiner leur origine et essayer de les reconstruire, jusqu'à ce que notre connaissance atteigne un sens universel. Cela veut dire que nous pouvons les examiner dans un contexte scientifique.

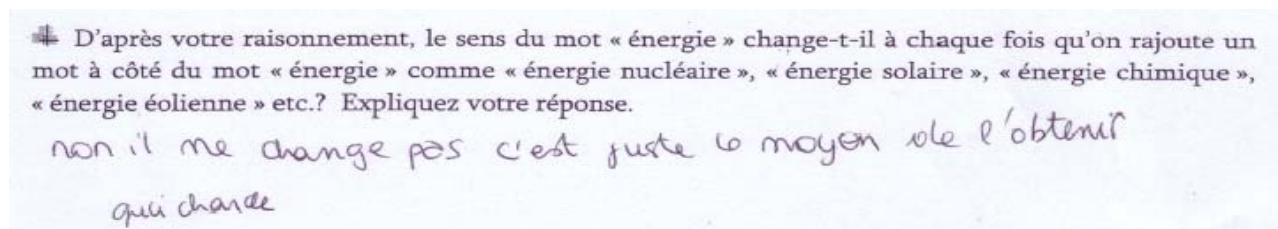
Une dernière remarque pour dire que le signifié 7 (**unités**) est toujours moins fréquent pour tous les groupes, ainsi que le signifié le 5 (**Transfert -transformation**) et également pour le 6^{ème} signifié (**Fonction- utilité**).

Ce que nous avons fait jusqu'à présent, c'est aider à mieux observer les tendances des représentations des élèves et des étudiants de différents niveaux d'enseignement à l'aide des théories actuelles du champ conceptuel par les graphiques et par les tableaux.

QUESTION B :

b	<p>D'après votre raisonnement, le sens du mot « énergie » change-t-il à chaque fois qu'on rajoute un mot à côté du mot « énergie » comme « énergie nucléaire », « énergie solaire », « énergie chimique », « énergie éolienne » etc.? Expliquez votre réponse.</p>
----------	--

Un exemple :



Cette deuxième question sur l'énergie est conçue pour observer une autre dimension des représentations des élèves et des étudiants, à la fois pour constater le niveau de connaissance des individus, mais aussi pour examiner d'une manière détaillée les types d'argumentation accompagnant leurs réponses au long de leur formation.

La première étape de cette question est de déterminer les taux de réponses correctes; fausses ou imprécises pour tous les groupes. Ensuite, il s'agit de montrer sur graphiques pour qu'ils soient lisibles pour tous les lecteurs. Ci-dessous ces résultats sur les tableaux et sur les graphiques

Tableau 5.5 :
Les élèves en Turquie et en France

PAYS	niveaux des élèves		nombre d'élèves	réponses correctes		réponses fausses		pas de précision		pas d'information		
				n	%	n	%	n	%	n	%	
				FRANCE	Collège	sixième	46	14	30,43	25	54,35	2
troisième	36	15	41,67			17	47,22	3	8,33	1	2,78	
Lycée	premier S	28	23		82,14	5	17,86	0	0,00	0	0,00	
	terminale S	33	30		90,91	3	9,09	0	0,00	0	0,00	
TURQUIE	Collège	1 ^{er}	année	52	11	21,15	39	75,00	0	0,00	2	3,85
		2 ^{ème}		50	16	34,00	30	62,00	1	2,00	1	2,00
	Lycée	1 ^{er}		31	17	54,84	13	41,94	1	3,23	0	0,00
		2 ^{ème}		33	18	54,55	11	33,33	2	6,06	2	6,06
		3 ^{ème}		10	7	70,00	1	10,00	2	20,00	0	0,00

Tableau 5.6 : Les étudiants et stagiaires en France et Turquie

pays	niveaux des étudiants		nombre d'élèves	réponses correctes		réponses fausses		pas de précision		pas d'information	
				n	%	n	%	n	%	n	%
				FRANCE	université	DEUG	111	89	80,18	19	17,12
Licence SP	30	21	70,00			8	26,67	0	0,00	1	3,33
IUFM	55	31	56,36			21	38,18	0	0,00	3	5,45
DESS + Maîtrise	26	21	80,77			4	15,38	0	0,00	1	3,85
TURQUIE	université	Physique 1	19	9	47,37	8	42,21	1	5,26	1	5,26
		Physique 3	17	10	58,82	5	29,41	1	5,88	1	5,88
		Physique 5	11	7	63,64	4	36,36	0	0,00	0	0,00
		Chimie 1	22	10	45,45	9	40,91	1	4,55	2	9,09
		Chimie 3	26	16	61,54	7	26,92	0	0,00	3	11,54
		Chimie 5	9	6	66,67	2	22,22	0	0,00	1	11,11

Figure 5.6 : Les élèves en France

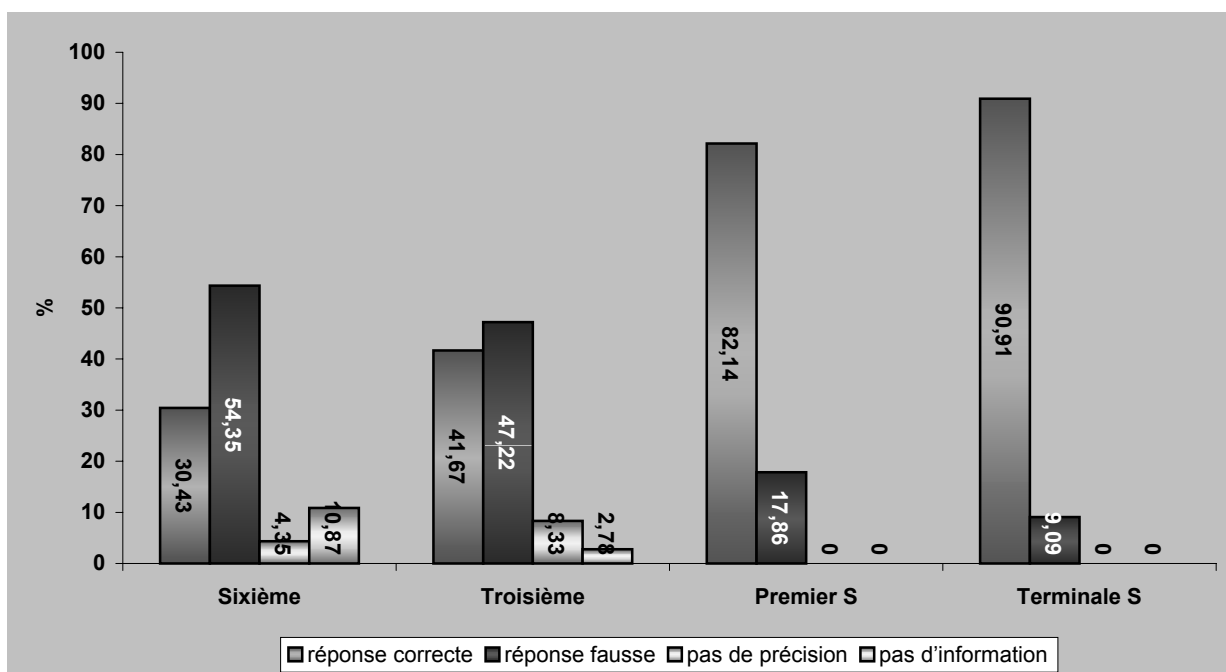
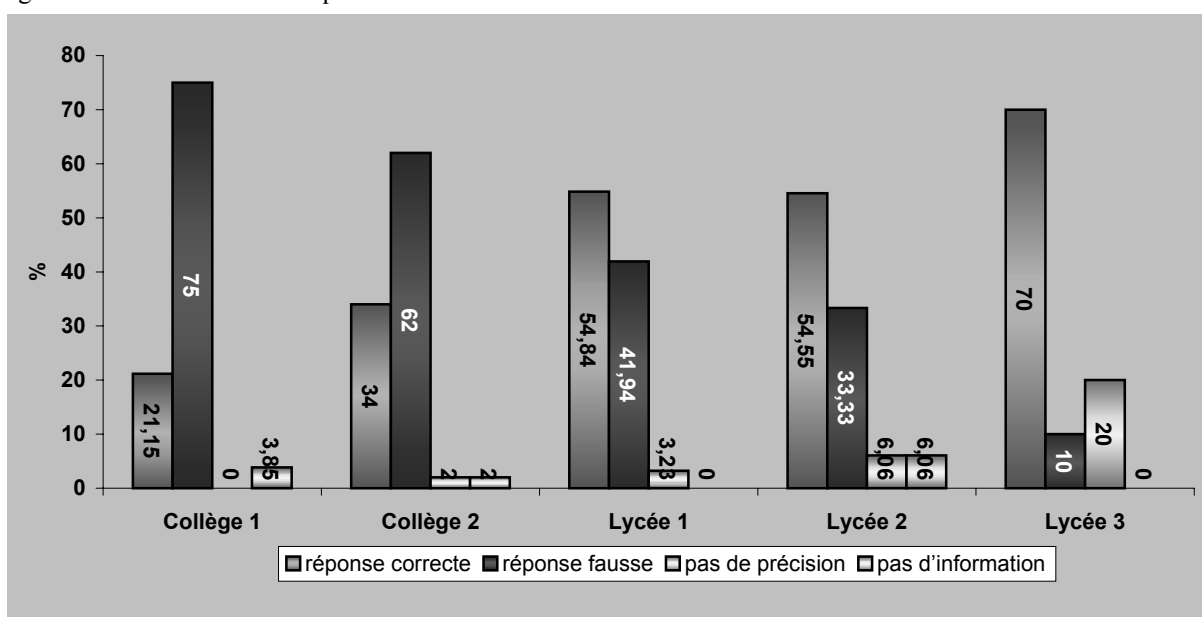


Figure 5.7 : Les élèves en Turquie



Résultats:

A partir des figures 5.6 et 5.7, la première remarque est que tous les groupes d'étudiants ont les mêmes tendances, surtout pour les réponses correctes ou fausses. Les réponses correctes des élèves ont tendance à augmenter en fonction de leur niveau d'enseignement, depuis la 1^{ère} année de collège jusqu'à la Terminale. Cette augmentation varie de 30,43% à 90,91 % pour les élèves en France et de 21,15% à 70 % pour les élèves en Turquie. Cependant, les réponses fausses sont approximativement inverses à l'augmentation des taux des réponses correctes. Les élèves n'ayant pas donné de réponse ou bien n'ayant pas donné d'information sont au maximum 10% pour les deux groupes. Le dernier constat résulte en des réponses imprécises, des élèves qui sont hésitants, peu pour les élèves français, plus (entre 2% et 20%) pour les élèves turcs.

Figure 5.8 : Les étudiants et stagiaires de l'IUFM en France

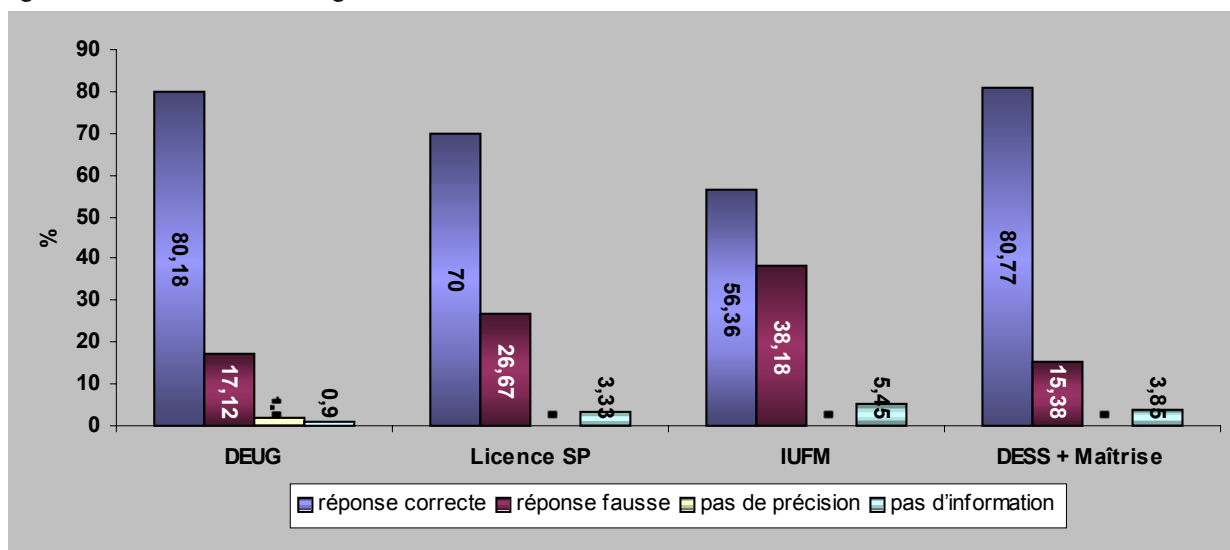
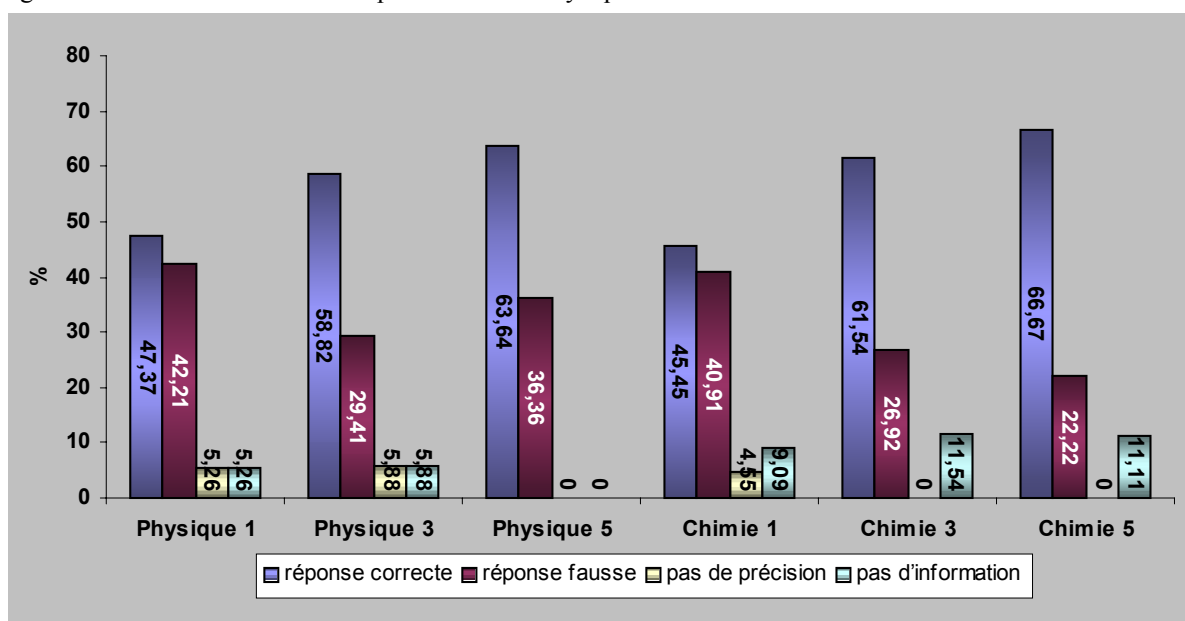


Figure 5.9 : Les étudiants de futurs professeurs de Physique et de Chimie



Résultats :

A partir des figures 5.8 et 5.9, nous remarquons qu'en interrogeant les étudiants de DESS et de Maîtrise leurs niveaux sont identiques à ceux des étudiants de DEUG et que les étudiants en France et ceux de Turquie ont des tendances contraires les unes par rapport aux autres. Pour les étudiants en France, les taux des réponses correctes ont tendance à décroître en fonction de l'avancement leurs études, alors que pour les étudiants en Turquie, comme les élèves de collège et de lycée, ces taux ont tendance à augmenter.

Les réponses « pas d'information » varient de 0,9 à 5,45% pour les étudiants de France et de 0% à 11,54% pour les étudiants turcs. Enfin les réponses qui comportent une hésitation sont négligeables en France et varient de 4,55% à 5,88% en Turquie.

Tous les groupes en début d'études ont du mal à construire une bonne connaissance sur l'énergie. Au départ, 75% des élèves de la première année de collège, 54,35% pour les élèves de sixième en France, 17,42% des étudiants en DEUG, 47,37% des étudiants de futurs professeurs de Physique, et 45,45% des étudiants futurs professeurs de Chimie pensent que chaque fois que nous rajoutons un adjectif à côté du mot « énergie », le sens du concept d'énergie change. Cela veut dire que la source d'énergie, les phénomènes liés à l'énergie, la production d'énergie produisent des conséquences distinctes pour chaque individu à partir de sources identiques.

Résultats :

La deuxième étape de cette question consiste à déterminer les types d'argumentation des élèves et des étudiants, et par la suite, de constater, s'il y a un changement ou non, aux différents niveaux de leurs études, . Ci-dessous, nous allons aborder ces relations avec des exemples pour chaque groupe.

Pour les élèves de collège et de lycée en France :

Ceux qui disent « non » pour cette question, c'est-à-dire que le sens du mot « énergie ne change pas », font un raisonnement inductif ou causal.

Quand il s'agit d'un *raisonnement inductif*, ils argumentent de la manière suivante : «*car ils ont les mêmes formes à l'origine* », «*ils produisent les mêmes effets* » ou «*ils proviennent des mêmes sources* »...etc.

Quand il s'agit d'un *raisonnement causal*, ils disent que ces adjectifs représentent que «*leurs sources et leurs formes sont différentes, c'est pourquoi, ils sont tous différents*».

Pour ceux qui disent « oui », cela veut dire que le sens du mot « énergie » change : ils utilisent un *raisonnement causal*, qui se résume ainsi : «*Parce que la source d'énergie, les types de production d'énergie, les phénomènes qui sont liés à l'énergie et les conséquences sont différentes, c'est pourquoi le sens change* ».

Enfin, s'il y a un doute, il y a deux types de raisonnements dans une même phrase : ils disent «*les mêmes énergies (raisonnement inductif)/sous des formes différentes (raisonnement causal)* » ou «*les mêmes énergies/les sources sont différentes* »

Quelques exemples :

Pour ceux qui disent « non » :

«*Non, car, c'est toujours une énergie qui sert à faire fonctionner* »

Raisonnement inductif ; argumentation : les mêmes énergies (un(e) élève de sixième)

«*Non, car, cela permet à chaque fois de faire fonctionner qqch.* »

Raisonnement inductif ; argumentation : les mêmes fonctions (un élève de sixième)

« *Non, c'est juste une sorte de force qui peut faire bouger, changer ou même détruire qqch.* »
Raisonnement causal ; argumentation : ils sont une force, les mêmes causes. (un élève de 3^{ième})

« *Non, toutes ces énergies servent à produire de l'électricité* »
Raisonnement inductif ; argumentation : les mêmes effets (un élève de 3^{ième}).

« *Non, c'est juste le moyen de l'obtenir qui change* »
Raisonnement causal, argumentation. les mêmes choses mais les manières de es produire sont différentes. (Un élève de premier S).

« *Non, c'est la même chose, c'est toujours chaleur et puissance pour moi, l'énergie doit être efficace* »
Raisonnement inductif ; argumentation : les mêmes concepts (un élève de Première S)

« *Non, car, il a toujours la même fonction* »
Raisonnement inductif ; argumentation.: les mêmes conséquences(un élève de terminale S).

Pour ceux qui disent « oui » :

« *Oui, car, la source est différente* »
Raisonnement causal ; argumentation : Les sources sont distinctes.

« *Oui, car, l'énergie solaire fait penser à la lumière, l'énergie éolienne fait penser au vent* »
Raisonnement causal :les phénomènes sont différents. (les élèves de 6^{ième}).

« *Oui, ces énergies n'ont pas les mêmes significations* »
Raisonnement causal ; argumentation: les significations sont différentes.

« *Oui, ça n'évoque pas les mêmes choses, il y a une grande différence entre thermique et énergie éolienne* »
Argumentation : les origines sont différentes (les élèves de 3^{ième}).

« *Oui, car, ce ne sont pas les mêmes énergies et elles ont des usages différents* »
Raisonnement causal ; argumentation: les usages sont différents. (un élève de Premier S).

« *Oui, le type d'énergie change, il ne s'agit pas de la même énergie, par exemple énergie nucléaire ne provient pas de la même source que l'énergie chimique* »
Raisonnement causal, argumentation : les sources sont différentes. (un élève de Terminale S).

Pour les élèves de collège et de lycée en Turquie :

Les tendances des raisonnements et les argumentations suivantes pour les élèves de collège et de lycée en Turquie sont identiques aux élèves en France. La seule différence, comme nous l'avons constaté sur **les figures 5.8 et 5.9** : les taux des réponses fausses des élèves en Turquie sont supérieurs à ceux des élèves en France. En d'autres termes, pour ceux qui disent, « oui » le sens de l'énergie change, chaque fois qu'on rajoute un adjectif à côté du mot « énergie ».

Quelques exemples :

ceux qui disent « oui » ou « non » pour cette question :

« Non, parce que l'énergie est quelque chose de fluide, comme la lumière, la chaleur, ou bien comme la construction de la pile ».

« Oui, car, les sources sont différentes »

« Oui, il y a différentes choses dans mon imagination » (les élèves de 1^{er} année de collège).

« Non, car ils font les mêmes travaux »

« Oui, leurs fonctionnements sont différents »

« Oui, c'est la puissance de l'énergie qui change » (les élèves de 2^{ème} année de collège)

« Non, car, la totalité de toutes les énergies sont le Dieu » : raisonnement inductif et argumentation abstraite.

« Non, car, chaque matière est constituée d'atomes, c'est pourquoi l'origine de toutes les choses est la même » : raisonnement inductif.

« Oui, leurs définitions sont différentes : raisonnement scientifique. (Les élèves de 1^{er} année de Lycée).

« Non, la définition ne change pas, la forme change » : raisonnement scientifique.

« Non, tous les adjectifs qu'on rajoute contribuent à la construction totale du sens de l'énergie » : raisonnement scientifique.

« **Oui, elle est devenue concrète** » pour cet élève, l'adjectif que l'on rajoute à côté du mot de l'énergie la rend concrète. Cette idée est assez importante, car le concept de l'énergie isolé n'a pas beaucoup de sens ou est trop abstrait pour les individus. Une fois que nous appliquons ce concept quel que soit son champ d'application ou son fonctionnement, l'énergie devient plus concrète par rapport au sens qu'elle avait auparavant : raisonnement dialectique.

« Non, leurs contenus changent » : raisonnement causal. (2^{ème} année de lycée)

« Non, car pour moi, ce qui m'est arrivé c'est toujours l'électricité » : raisonnement inductif

« Non, en conséquence, on produit toujours la puissance » : raisonnement inductif

« Oui, car c'est lié à la psychologie et à la physiologie de l'individu » : (les élèves de 3^{ème} année de lycée) : raisonnement expérimental. Ce que j'ai conclu à partir de ce raisonnement, c'est l'articulation de l'activité mentale et perceptive qui produit un sens sur ce que nous percevons et sur ce que nous concevons. Il me semble que l'individu commence à être conscient de ce qu'il est train de faire, tant au niveau mental qu'au niveau perceptif. (Les élèves de 3^{ème} année de lycée).

Un autre aspect que quelques étudiants donnent des réponses à nos questions à la lumière d'un certain nombre de critères scientifiques. Je ai nommé ces types de raisonnements dans mon analyse « raisonnement scientifique ».

les étudiants en France

1^{er} groupe : Les étudiants de « DESS : Communication scientifique et Maîtrise des sciences de l'éducation » : ces étudiants ont à peu près le même niveau scientifique que les étudiants diplômés de DEUG.

Quelques exemples de représentations de ces étudiants :

« *Non, le type et l'utilisation sont différents* »

« *Non, la source est différente, pas l'essence* »

« *Oui, bien sûr, son activité qui permet de préciser le domaine* »

« *Oui, le mot rajouté se rapporte à un autre concept, je pense différemment* » (les étudiants de DESS et Maîtrise)

« **Non, au sens physique ; Oui, au sens commun** » : raisonnement dialectique/raisonnement scientifique. Jusqu'à présent, la réponse donnée par les étudiants est peut-être plus correcte, car le concept d'énergie est en pleine relation avec le sens commun. Autrement dit, le sens physique et le sens commun fonctionnent ensemble pour les élèves et étudiants, par exemple la réponse de cet étudiant qui s'est rendu compte de cette différence.

Dans ce groupe, la plupart des étudiants ont répondu à cette question d'une façon correcte ; de plus, j'ai constaté que les types de raisonnements ont commencé à se diversifier pour les réponses « non » (« non » est une réponse correcte au sens physique). Par exemple, « raisonnement scientifique » et « raisonnement dialectique » sont employée plutôt par les élèves de collège et de lycée.

2^{ème} groupe : les étudiants en DEUG de la science de la matière

Quelques exemples des représentations de ces étudiants :

Comme le groupe de « DESS + Maîtrise », 80 % des étudiants ont répondu correctement à cette question en disant « **non** » en donnant les argumentations suivantes :

Les raisonnements de ces étudiants (ceux qui disent « non ») sont centrés sur « *raisonnement causal, raisonnement inductif, raisonnement scientifique, raisonnement expérimental et enfin raisonnement dialectique.* » Les deux derniers sont moins fréquents, mais ils commencent à apparaître à ce niveau.

« *Non, le niveau d'abstraction change* » : raisonnement dialectique.

« *Non, sa forme, sa représentation dans notre esprit, l'énergie est difficilement concevable* » : raisonnement dialectique, manque de liaison entre l'expérience cognitive et perceptive.

« *Non, le sens ne change pas, mais le concept se précise* » : raisonnement expérimental, plus on le manipule, plus on le conceptualise.

« *Non, l'énergie s'exprime toujours en Joule* » : raisonnement scientifique, résultat de longues expériences scientifiques, une conséquence des lois physiques sur l'énergie.

« *Non, c'est juste le contexte qui est précise* » raisonnement expérimental.

« *Non, on a juste une précision sur le type d'énergie* ».

Ce que nous avons constaté dans ce groupe, c'est la diversité des raisonnements, c'est surtout l'apparition déterminante de « raisonnement dialectique, scientifique et expérimental » qui contribue au fonctionnement de notre système de réflexion.

Pour ceux qui disent « **oui** », ils utilisent principalement, « raisonnement causal, raisonnement inductif et raisonnement scientifique », mais, c'est une interprétation fautive.

« *Oui, tout à fait, les sources sont totalement différentes* ».

« *Ces différentes sources d'énergie n'entraînent pas les mêmes conséquences* » :

« *Oui, bien qu'elle soit exprimée en joules* ».

3^{ème} groupe : les étudiants de licence des sciences physiques

Quelques exemples des représentations de ces étudiants :

Dans ce groupe, les taux des réponses ont tendance à décroître ; c'est la première fois, depuis le collège. Que 70% des étudiants même répondu correctement à cette question. Les types de raisonnements sont plutôt « raisonnement expérimental » et « raisonnement inductif ».

Pour ceux qui disent « non » (la réponse correcte) :

« *Non, il y a toujours du travail* »

« *Non, les applications du concept sont différentes* »

« *Non, ces différents mots précisent seulement la forme d'énergie, ainsi que la source* ».

« *Non, car, un échange d'un quantum, les mots : qualité de ce quantum* » : raisonnement scientifique.

Pour ceux qui disent « oui »,

« *Oui, la source change et aussi l'énergie change* » : raisonnement causal

« *Oui, leurs perceptions sont différentes* » : raisonnement inductif

« *Oui, les formules changent par rapport à la notion envisagée* » : raisonnement scientifique.

« *Oui, on peut différencier l'énergie en chimie et l'énergie en physique* » : raisonnement expérimental / scientifique.

« *Oui, elles sont toutes différentes* » : raisonnement inductif.

Par rapport à la réponse correcte, la diversité des raisonnements utilisés pour cette réponse est grande, mais le dysfonctionnement de leur argumentation les conduit vers une réponse fautive. Ce dysfonctionnement provient, il me semble, d'une part, d'une mauvaise articulation du sens commun sur ces concepts, d'autre part, d'un manque d'expérience sur l'énergie et plus particulièrement sur les types d'énergies. Si nous faisons une expérience, à savoir qu'au moins deux types d'énergie se croisent à des points communs, je pense que nous pourrions trouver la réponse correcte, sans hésitation.

4^{ème} groupe : les stagiaires de l'IUFM

Quelques exemples des représentations des stagiaires de l'IUFM:

Les taux des réponses des étudiants de l'IUFM sont inférieurs à ceux des étudiants en DEUG et ceux de Licence de Sciences Physiques. Ainsi il y a une tendance décroissante. Jusqu'au niveau du DEUG, on a constaté une augmentation. A partir de-là, les étudiants ont commencé, il nous semble, à réinterroger ce qu'ils savent déjà. Nous pouvons appeler cela une « réorganisation intellectuelle des concepts et des connaissances ». On ne constate pas les mêmes tendances pour les étudiants turcs. Pour eux, les tendances sont un peu différentes. Les élèves turcs à la fin du lycée, ont atteint 70% de réponses correctes, au début de l'université ces taux commencent à 47% pour les physiciens et 45% pour les chimistes. C'est seulement à la fin de leurs études qu'ils atteignent un niveau de 60-70%. Cela veut dire qu'à partir d'un moment, les systèmes éducatifs poussent les individus à reconstruire leurs connaissances implicitement ou à partir d'une limite. Les individus commencent à questionner ce qu'ils ont appris ou ce qu'ils sont en train d'apprendre.

Ceux qui ont dit « non »(la réponse correcte) :

Le raisonnement causal est toujours présent et dominant avec d'autres types de raisonnement (raisonnement expérimental, scientifique, inductif...)

« *Non, cela reste de l'énergie que l'on transforme pour la rendre utilisable* » : raisonnement expérimental

« *Non, production différente dans un domaine différent* » : raisonnement causal ;

« *Non, c'est la forme d'énergie qui change* »

Ceux qui ont dit « oui » :

« *Oui, l'adjectif qualitatif le ramène au domaine de la physique-chimie, des sciences en général* » : raisonnement déductif

« *Oui, on ne peut pas donner une définition unique* » : raisonnement inductif

« *Oui, les notions et les calculs sont différents par chaque domaine* » : raisonnement scientifique/expérimental

« *Oui, par rapport à la source d'énergie, et de manière de produire* » : raisonnement causal

Pour les étudiants en Turquie

1^{er} groupe : les futurs professeurs de Physique : 1^{er}, 3^{ième} et 5^{ième} année et

2^{ième} groupe : les futurs professeur de Chimie : 1^{er}, 3^{ième} et 5^{ième} année.

Pour ne pas me répéter, je voudrais résumer les points ayant différents de ceux des étudiants français.

Que la réponse soit correcte ou fausse, les étudiants utilisent les mêmes types de raisonnements pour affirmer leurs réponses. Ce qui est important pour eux, c'est de pouvoir vérifier leurs réponses. Les types de raisonnements sont centrés, d'abord, sur «le raisonnement causal, inductif, déductif» et rarement sur le « raisonnement scientifique et expérimental ». Ce qui est différent par rapport aux groupes, c'est qu'il y a une quantité considérable d'affirmations qui se terminent avec une argumentation déductive.

« Non, l'énergie est toujours la même, ce sont les champs d'application qui précise les types d'énergies » : raisonnement déductif (Chimie 1^{ère} année) ;

« Non, tous, ils viennent de la même chose, seul leur apparence est différente » : raisonnement déductif, (Chimie 3^{ème} année)

« Non, c'est toujours la même chose, mais, leur source provoque des imaginaires différentes » : raisonnement déductif.

« Oui, cela m'évoque différentes choses » (Chimie 5^{ème} année).

« Non, plus nous apprenons quelque chose, plus la limite de notre connaissance de notre réflexion et de nos concepts augmentent » ;

« Oui, évidemment c'est différent, mais le fait que le terme d'énergie soit le même me fait penser, y-a-t-il une relation entre eux » : méta-réflexion (Physique 1^{er} année)

« Non, mais autant que notre connaissance s'accumule, je pense que mon raisonnement changera »

« Non, les sens sont différents, mais ils sont liés entre eux »

« Non, tous se réunissent en des points communs »

« Oui, ils sont tous différents » (Physique 3^{ième} année).

« Non, mais, la profondeur de ce concept a augmenté »

« Oui, même s'ils se transforment entre eux, ceux-ci sont différents » : par exemple, cet étudiant n'est toujours pas convaincu même s'il a suivi une longue formation scientifique. (Physique 5^{ième} année).

QUESTION C :

c	Dessinez l'énergie telle que vous vous la représentez. Si vous ne pouvez pas la dessiner, dites ce que sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.
---	---

Un exemple de représentation d'un élève de Première S :



Cette troisième question sur l'énergie est conçue pour observer la capacité d'imagination des étudiants durant leur formation, autrement dit, pour avoir une idée sur les expériences cognitives des élèves et étudiants sur l'énergie.

La première étape de cette question est de déterminer les taux de répartition de leurs représentations. Les résultats sont donnés sur les tableaux et sur les graphiques ci-dessous :

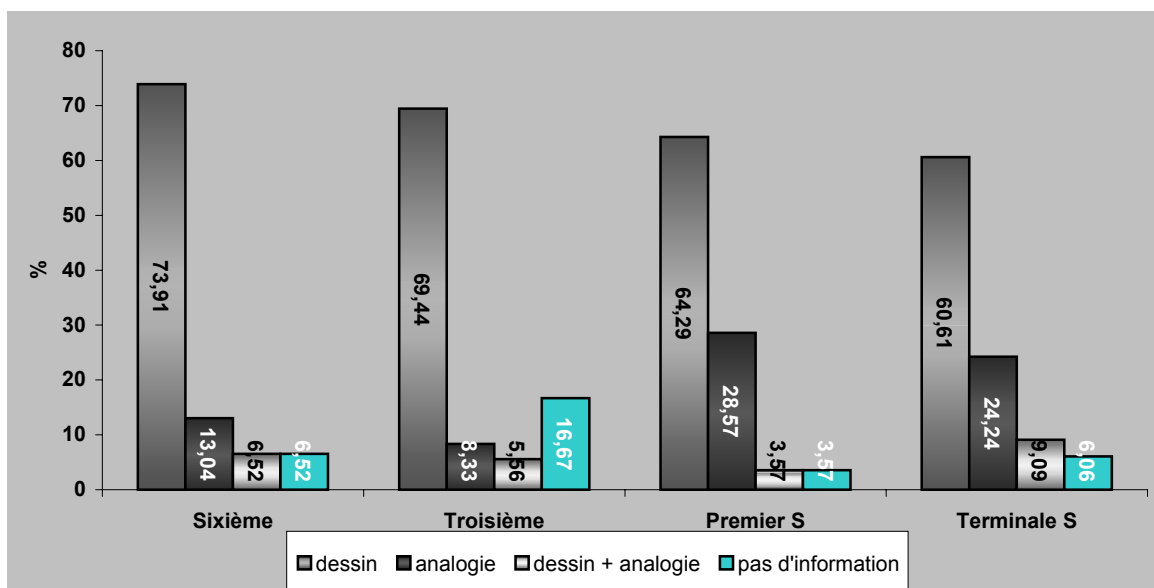
Tableau 5.7 : Les élèves en France et en Turquie

PAYS	niveau des élèves		nombre d'élèves	Type de représentation							
				dessin		analogie		dessin + analogie		pas d'information	
				n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	Collège	sixième	46	34	73,91	6	13,04	3	6,52	3	6,52
		troisième	36	25	69,44	3	8,33	2	5,56	6	16,67
	Lycée	premier S	28	18	64,29	8	28,57	1	3,57	1	3,57
		terminale S	33	20	60,61	8	24,24	3	9,09	2	6,06
TURQUIE	Collège	1 ^{er}	52	18	34,62	20	38,46	10	19,23	4	7,69
		2 ^{ième}	50	14	28,00	25	50,00	10	20,00	1	2,00
	Lycée	1 ^{er}	31	28	90,32	2	6,45	0	0,00	1	3,23
		2 ^{ième}	33	33	100	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		3 ^{ième}	10	10	100	0	0,00	0	0,00	0	0,00
			année								

Tableau 5.8 : Les étudiants et stagiaires en Turquie et en France

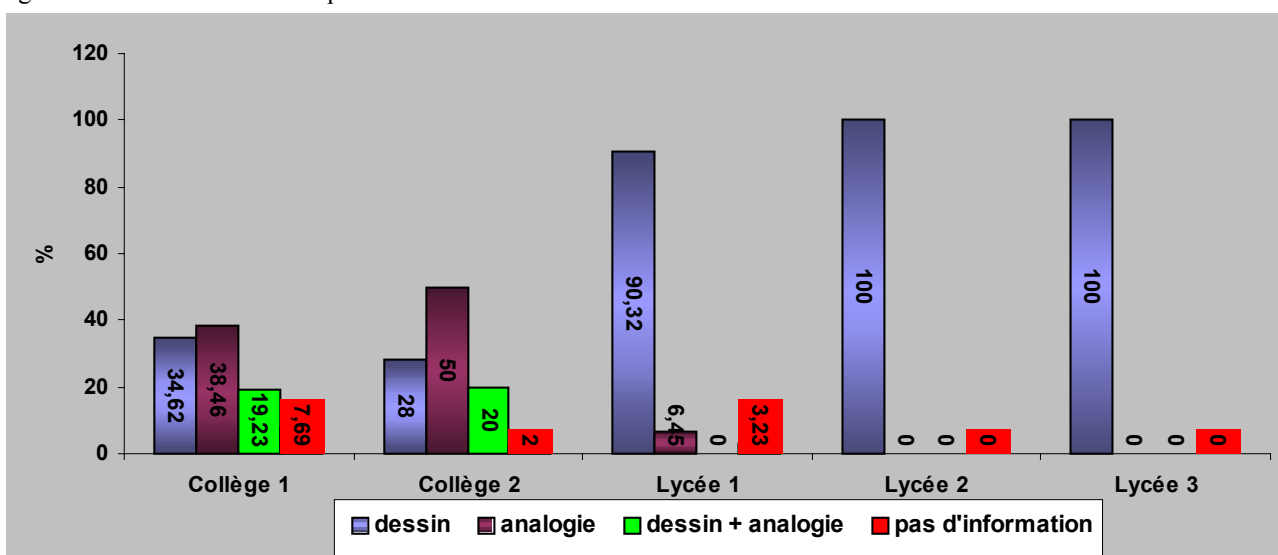
pays	Niveaux des étudiants		entité	Type de représentation									
				dessin		analogie		dessin + analogie		pas de représentation		pas d'information	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	université	DEUG	111	58	52,25	25	22,52	6	5,11	7	6,31	15	13,51
		Licence SP	30	22	73,33	5	16,67	0	0,00	2	6,67	1	3,33
		IUFM	55	20	36,36	12	21,82	0	0,00	5	9,09	18	32,73
		DESS + Maîtrise	26	15	57,69	5	19,23	5	19,23	1	3,85	0	0,00
TURQUIE	université	Physique 1	19	3	15,79	10	52,63	0	0,00	0	0,00	6	31,58
		Physique 3	17	1	5,88	6	35,29	0	0,00	4	23,53	6	35,29
		Physique 5	11	0	0,00	8	72,73	1	9,09	0	0,00	2	18,18
		Chimie 1	22	6	27,27	6	27,27	2	9,09	2	9,09	6	27,27
		Chimie 3	26	3	11,54	13	50,00	0	0,00	4	15,38	6	23,38
		Chimie 5	9	0	0,00	6	66,67	0	0,00	0	0,00	3	32,33

Figure 5.10: Les élèves en France



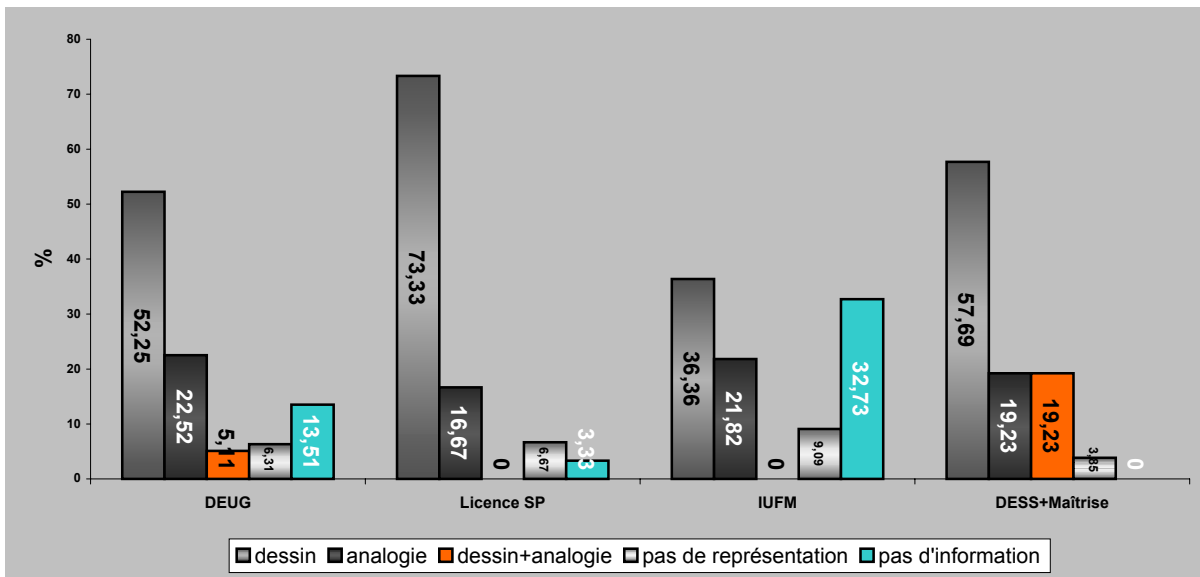
Les taux de réponses à cette question sont centrés sur les dessins, soit au collège, soit au lycée. Les élèves en France préfèrent expliquer leurs représentations par un dessin, ces taux varient de 69,44 à 73,91% pour les élèves de collège, de 60,61 à 64,29% pour ceux de lycée. La tendance générale est que les taux des réponses pour « dessin » baissent par contre les taux des réponses par analogie ont tendance à accroître. Les représentations par « dessin + analogie » varient de 3,57% à 9,09% pour tous les élèves. En dernier, les taux des réponses dans le cadre de catégorie « pas d'information » varient de 6,06% à 16,67 % d'une manière irrégulière.

Figure 5.11 : les élèves en Turquie



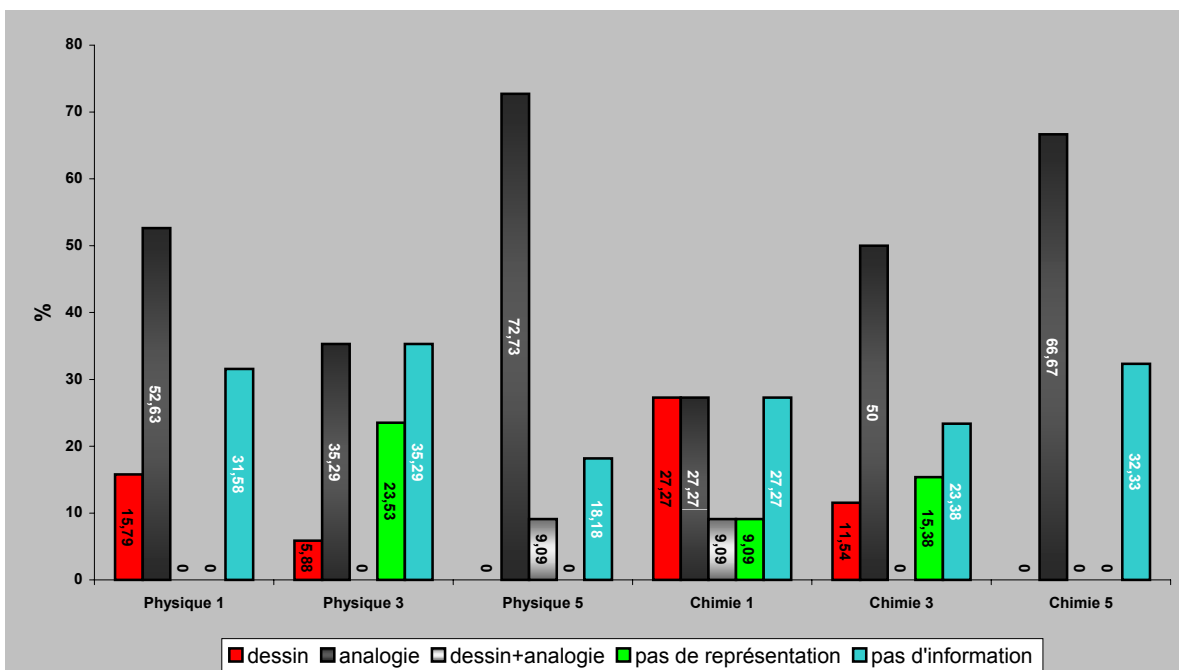
Pour les élèves de Turquie, les taux des réponses par un dessin sont dominants et augmentent en fonction de l'augmentation des niveaux des élèves de collège au lycée. Au niveau du lycée, plus de 90% des élèves représentent leurs réponses par un dessin, néanmoins, les taux des réponses par analogie sont présents au niveau du collège et disparaissent au niveau du lycée. Enfin les taux de « pas d'information » varient de 0 à 7,69% d'un niveau à l'autre d'une manière irrégulière.

Figure 5.12 :Les étudiants et stagiaires de L'IUFM



Pour ces groupes, les taux des réponses par le dessin sont à peu près les mêmes pour les étudiants de DEUG + DESS+Maîtrise. Pour la suite, à savoir pour les étudiants de Licence des Sciences Physiques, ils sont supérieurs. Enfin, pour les stagiaires, les taux sont inférieurs par rapport aux autres et représentent 36,36%. Cependant, les taux des représentations par analogie varient de 16,67% à 22,52%, ainsi ils sont similaires pour tous les groupes. Les taux de réponses « pas de représentation », ceux qui disent « je ne peux pas », « je n'arrive pas le faire » ou « je n'arrive pas à imaginer »... varient de 3,85% à 9,09% d'une manière identique entre les groupes.

Figure 5.13 :les étudiants en Turquie



Pour les étudiants, futurs professeurs de Physique et de Chimie, les taux des représentations par analogie sont dominants et augmentent en fonction des niveaux des étudiants par rapport au dessin. Cependant les réponses par le dessin ont diminué et disparaissent vers à la fin de leur formation. Les

étudiants qui n'ont pas donné de réponse à cette question sont en assez grand nombre par rapport aux groupes et varient de 18,81% à 35,28%. Comme on l'a constaté, ces taux sont assez frappants, les étudiants ont du mal à représenter l'énergie, soit par analogie, soit par le dessin, parce que le degré de l'abstraction de ce concept devient de plus en plus grand.

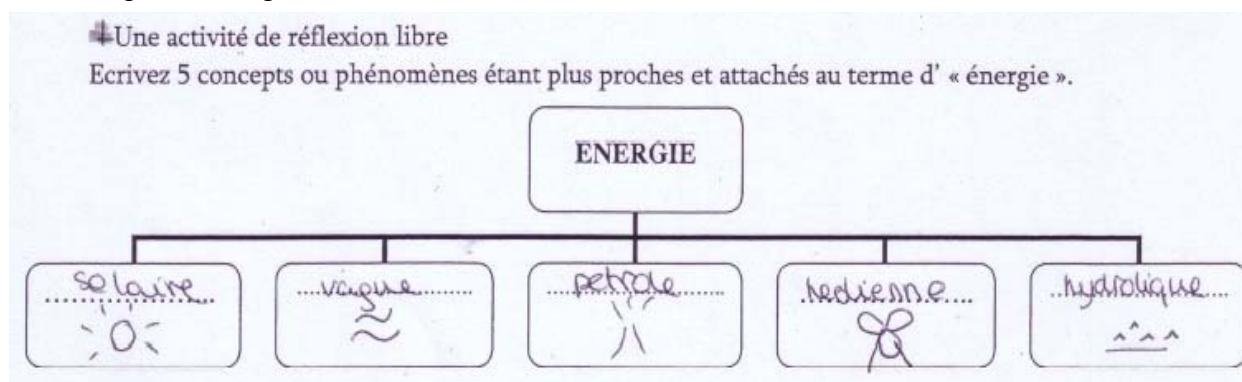
La dernière constatation est identique pour les étudiants universitaires tant en France qu'en Turquie (dix groupes d'étudiants différents). Mais les taux sont plus ou moins différents, par exemple, dessiner l'énergie au niveau du collège et du lycée est une activité ordinaire, tandis que pour les étudiants universitaires cela devient de plus en plus compliqué en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants. Dessiner l'énergie est remplacé au fur et à mesure par l'analogie ou par des représentations (ceux qui n'arrivent pas à représenter l'énergie soit par le dessin, soit par l'analogie) ou pas de réponse (ceux qui ne veulent pas répondre).

Après la présentation des tendances, nous allons voir ci-dessous quelques exemples des représentations des étudiants pour chaque groupe d'élèves et d'étudiants, afin d'avoir une idée de quelle manière les individus ont visualisé l'énergie. L'ensemble des représentations de tous ces groupes sera présenté en **annexe 3.2**

Question D :

d	Une activité de réflexion libre Ecrivez 5 concepts ou phénomènes qui, selon vous, sont plus proches du terme d' « énergie ».
----------	---

Un exemple d'une représentation d'un élève de Première S :



Cette dernière question a été organisée juste pour les élèves de l'enseignement secondaire. L'idée est, d'une part d'avoir une idée de leurs réseaux de concepts, d'autre part de voir l'évolution de ces réseaux pour chaque groupe et dernier point, d'observer, s'il y a un lien direct entre l'utilisation des mots avec l'autre question à propos de l'énergie. L'analyse a été faite grâce à un logiciel intitulé « *text analysis* »¹. A présent, nous allons voir les résultats récapitulatifs sur les tableaux suivants :

¹ Ce logiciel est présent sur Internet (Version, 2.0) comme une source ouverte: <http://textalyser.net/>

Tableau 5.9 :Les élèves de collège et de lycée en France (n :143)

Sixième			Troisième			Première S			Terminale S		
D:230	n	%	D :175	n	%	D :142	n	%	D :168	n	%
électricité	26	11,3	électricité	12	6,9	électricité	13	9,15	nucléaire	13	7,74
soleil	14	6,09	solaire	12	6,9	nucléaire	7	4,93	électricité	13	7,74
force	10	4,35	nucléaire	10	5,7	chaleur	6	4,23	chaleur	10	5,96
lumière	10	4,35	force	8	4,6	solaire	6	4,23	force	7	4,17
sport	7	3,04	éolienne	7	4	chimique	5	3,52	solaire	6	3,57
éolienne	7	3,04	puissance	7	4	mouvement	5	3,52	mouvement	5	2,98
puissance	6	2,61	chimique	6	3,4	électricité	4	2,82	travail	4	2,38
nucléaire	6	2,61	lumière	5	2,9	lumière	4	2,82	renouvelable	6	3,57
chaleur	5	2,17	actimel	4	2,3	puissance	4	2,82	réaction	4	2,38
radio	4	1,74	terre	4	2,3	force	4	2,82	cinétique	3	1,79
actimel	4	1,74	corporel	4	2,3	industrie	3	2,11	source	3	1,79
avoir	4	1,74	électrique	4	2,3	carburant	3	2,11	artificielle	3	1,79
usine	4	1,74	psychique	4	2,3	vitamines	3	2,11	radioactivité	3	1,79
vitesse	3	1,3	tremblement	2	1,1	sport	2	1,41	rayonnement	3	1,79
explosion	3	1,3	rayon	2	1,1	confort	2	1,41	thermique	3	1,79
foudre	3	1,3	forme	2	1,1	pétrole	2	1,41	chimique	3	1,79
mouvement	2	0,87	vitalité	2	1,1	cinétique	2	1,41	énergie	2	1,19
chimique	2	0,87	piles	2	1,1	recharge	2	1,41	naturelle	2	1,19
luminosité	2	0,87	soleil	2	1,1	technologie	2	1,41	stockage	2	1,19
humaine	2	0,87	...			mécanique	2	1,41	lumière	2	1,19
piles	2	0,87				...			tectonique	2	1,19
électrique	2	0,87							courant	2	1,19
Chauffage	2	0,87							mécanique	2	1,19
...									consommation	2	1,19
									...		

D : question d'énergie, partie d, n≥2 : fréquence du mot.

Résultats :

Faire une analyse lexicale en sens didactique n'est pas du tout simple, car, sur le concept d'énergie il y a un grand nombre de mots cités par les élèves durant le déroulement ces enquêtes. Nous allons essayer d'une part de montrer la fréquence des mots, d'autre part, de les comparer aux différents niveaux. En aucun cas cette activité ne vaut une recherche linguistique.

A partir du tableau ci-dessus, nous pouvons retrouver les mots plus fréquents pour les élèves en France, ceux-ci sont : **électricité, soleil, chaleur, nucléaire, lumière, éolienne...**Ce que j'ai constaté à partir des analyses jusqu'à ce point, montre qu'un certain nombre de mots sont toujours plus ou moins stables. Seulement leurs fréquences varient par rapport aux niveaux des élèves. Cependant, à partir d'un moment, certains mots disparaissent et à partir d'un autre moment, d'autres mots apparaissent dans les représentations des élèves. **Il y a toujours un dynamisme intrinsèque et extrinsèque dans le contenu conceptuel.** Ainsi, il y a toujours un transfert des données du milieu vers l'individu par l'intermédiaire de plusieurs outils communicatifs et il y a une réorganisation intellectuelle de nos connaissances. Ce que nous avons fait jusqu'au présent revient à observer les reflets de deux dynamismes sur nos représentations.

En fin de compte, nous pouvons dire que la construction d'un concept et de nos connaissances n'est pas du tout une activité évidente, elle fonctionne toujours sous l'influence de plusieurs variables et d'interactions mentales, perceptives, communicatives intra-individuelles, inter-individuelles et enfin télévisuelles...

Ce que je proposerai à la fin de ce bilan, c'est tout d'abord de voir la complexité d'un concept, ensuite de discerner ses différentes composantes, ses emplacements dans le contenu des savoirs et enfin d'intégrer nos activités perceptives et mentales. Ceci veut dire que le concept d'énergie s'organise autour de plusieurs connaissances liées à l'énergie et à d'autres concepts. Mais pour comprendre et construire le sens de ce concept, il y a plusieurs étapes à franchir ; les étapes, les outils, les données provenant des expériences... ne doivent jamais remplacer le concept lui-même. Nous ne devons pas non plus aller chercher le concept à partir des objets, il est déjà construit dans notre tête, il se nourrit de nos expériences, soit mentales soit perceptives. Il est défini par sa limite d'application et par notre limite de perception du monde. Si l'un des deux commence à changer, il faut le réorganiser scientifiquement. Par exemple, il y a deux siècles, en ce qui concerne notre conception actuelle de l'énergie, elle aurait été un discours sur le concept de « puissance », puis de « chaleur ». Ainsi une autre appellation et un certain nombre de fonctions différentes étaient attribuées à ce concept.

Tableau 5.10 : Les étudiants en Turquie

Collège 1 ^{er} année			Collège 2 ^{ième} année			Lycée 1 ^{er} année			Lycée 2 ^{ième} année		
D :198	n	%	D :268	n	%	D :119	n	%	D :125	n	%
mouvement	27	13,64	soleil	32	11,94	soleil	8	6,72	énergie	8	6,4
électricité	11	5,56	Se nourrir	15	5,60	amour	8	6,72	avoir	4	3,2
vivre	12	6,06	électrique	12	4,48	Etre humain	5	4,20	physique	4	3,2
soleil	8	4,04	être humain	10	3,73	éclaire	3	2,52	vent	3	2,4
dormir	7	3,54	travailler	9	3,36	confiance	3	2,52	activité	3	2,4
force	7	3,54	mécanique	8	2,99	électricité	3	2,52	infini	3	2,4
vie	6	3,03	vent	8	2,99	pensée	2	1,68	mouvement	2	1,6
marcher	4	2,02	mouvement	6	2,24	mouvement	2	1,68	pensée	2	1,6
être humain	4	2,02	courir	5	1,87	performance	2	1,68	chimique	2	1,6
vent	4	2,02	nucléaire	5	1,87	nucléaire	2	1,68	cinétique	2	1,6
nucléaire	4	2,02	cinétique	5	1,87	succès	2	1,68	biologique	2	1,6
être	3	1,52	sportif	5	1,87	Détermination	2	1,68	parler	2	1,6
travailler	6	3,03	S'amuser	4	1,49	...			usine	2	1,6
puissance	2	1,01	vitesse	4	1,49				imagination	2	1,6
sauter	2	1,01	bonheur	4	1,49				cerveau	2	1,6
chaleur	2	1,01	calorie	3	1,12				électrique	2	1,6
reposer	2	1,01	nourriture	3	1,12				soleil	1	0,8
véhicule	2	1,01	potentiel	3	1,12				...		
nourriture	2	1,01	molécule	3	1,12						
technologie	2	1,01	éclair	3	1,12						
bonheur	2	1,01	mouvement	3	1,12						
faire	2	1,01	gamin	3	1,12						
parler	3	1,52	barrage	2	0,75						
...			chocolat	2	0,75						
			sourire	2	0,75						
			...								

Résultats:

Pour les élèves turcs, des mots communs sont utilisés (**électricité, soleil...**) avec les élèves en France. Mais, on note aussi des mots plus ou moins différents comme **mouvement, vie, activité humaine, comportement humain** (par exemple : l'amour)... Ces élèves sont plutôt centrés sur les activités humaines et sous l'influence du sens commun. Par contre ceux de France, sont plus centrés sur les phénomènes liés à l'énergie. Le deuxième constat : il y a plus de mots utilisés que ceux des élèves en France.

Analyse lexicale pour toutes les questions à propos de l'énergie

La dernière étape de l'analyse lexicale se récapitule avec les tableaux suivants. Ici nous présenterons les taux des mots le plus fréquents pour toutes les questions et pour tous les groupes, afin d'avoir une idée intégrale pour tous ces questionnements. Comme cité plus haut, nous n'avons jamais tenté de faire une analyse linguistique. Ce que nous avons réalisé, est d'une part, d'avoir une idée à propos des réseaux lexicaux et d'autre part, d'observer surtout le reflet du fonctionnement de leurs réseaux, quand il s'agit d'un autre questionnement sur le même concept. En conséquence,

nous touchons différents emplacements de la même chose pour pouvoir observer les réflexes. Voici, tous les groupes et toutes les réactions :

Tableau 5.11 : Les élèves de collège et de lycée en France (n :143)

SIXIEME									TROISIEME								
A :106	n	%	D:230	n	%	C :130	n	%	A :93	n	%	D :175	N	%	C :74	n	%
électricité	18	16,98	électricité	26	11,3	éolienne	10	7,69	force	13	14	électricité	12	6,9	soleil	6	8,11
force	10	9,43	soleil	14	6,09	soleil	9	6,92	puissance	13	14	solaire	12	6,9	énergie	4	5,41
énergie	6	5,66	force	10	4,35	lampe	8	6,15	électricité	8	8,6	nucléaire	10	5,7	force	3	4,05
puissance	6	5,66	lumière	10	4,35	énergie	6	4,62	électrique	4	4,3	force	8	4,6	flèches	3	4,05
nucléaire	5	4,72	sport	7	3,04	électricité	6	4,62	énergie	3	3,23	éolienne	7	4	enfant	3	4,05
lumière	4	3,77	éolienne	7	3,04	éclaire	4	3,08	lumière	2	2,15	puissance	7	4	éolienne	3	4,05
musique	3	2,83	puissance	6	2,61	foudre	4	3,08	choses	2	2,15	chimique	6	3,4	Eclair	3	4,05
solaire	3	2,83	nucléaire	6	2,61	solaire	3	2,31	avoir	2	2,15	lumière	5	2,9	bateau	2	2,7
faire	3	2,83	chaleur	5	2,17	usine	3	2,31	mouvement	2	2,15	actimel	4	2,3	Armes	2	2,7
soleil	2	1,89	radio	4	1,74	nucléaire	3	2,31	vitalité	2	2,15	terre	4	2,3	explosion	2	2,7
machine	2	1,89	actimel	4	1,74	volcan	2	1,54	courant	2	2,15	corporel	4	2,3	Train	2	2,7
fonctionner	2	1,89	avoir	4	1,74	déplacer	2	1,54	faire	2	2,15	électrique	4	2,3	...		
vitesse	2	1,89	usine	4	1,74	ampoule	2	1,54	...			psychique	4	2,3			
vivre	2	1,89	vitesse	3	1,3	chaleur	2	1,54				tremblement	2	1,1			
radio	2	1,89	explosion	3	1,3	fusée	2	1,54				rayon	2	1,1			
...			foudre	3	1,3	muscle	2	1,54				forme	2	1,1			
			mouvement	2	0,87	faire	2	1,54				vitalité	2	1,1			
			chimique	2	0,87	forme	2	1,54				pires	2	1,1			
			luminosité	2	0,87	actimel	2	1,54				soleil	2	1,1			
			humaine	2	0,87	atome	2	1,54				...					
			pires	2	0,87	humaine	2	1,54									
			électrique	2	0,87	...											
			Chauffage	2	0,87												
			...														

A :question d'énergie, partie a ; D :question d'énergie, parti e d ; C : question d'énergie, partie c.. n≥2

PREMIÈRE S						TERMINALE S											
A :126	n	%	D :142	n	%	C :134	n	%	A :169	n	%	D :168	n	%	C :119	n	%
énergie	8	6,35	électricité	13	9,15	énergie	14	10,5	puissance	15	8,88	nucléaire	13	7,74	énergie	12	10,1
faire	6	4,76	nucléaire	7	4,93	soleil	5	3,73	force	13	7,69	électricité	13	7,74	éclair	6	5,04

chaleur	5	3,97	chaleur	6	4,23	physique	3	2,24	permet	6	3,55	chaleur	10	5,96	force	5	4,2
force	5	3,97	solaire	6	4,23	éclair	3	2,24	énergie	6	3,55	force	7	4,17	solaire	4	3,36
puissance	5	3,97	chimique	5	3,52	mouvement	3	2,24	système	6	3,55	solaire	6	3,57	électricité	3	2,52
solaire	5	3,97	mouvement	5	3,52	source	3	2,24	matière	5	2,96	mouvement	5	2,98	ampoule	2	1,68
électricité	4	3,17	électricité	4	2,82	principe	2	1,49	mouvement	5	2,96	travail	4	2,38	pétrole	2	1,68
radio	3	2,38	lumière	4	2,82	transformation	2	1,49	chaleur	5	2,96	renouvelable	6	3,57	lampe	2	1,68
physique	3	2,38	puissance	4	2,82	action	2	1,49	physique	4	2,37	réaction	4	2,38	forces	2	1,68
nucléaire	3	2,38	force	4	2,82	lampe	2	1,49	source	4	2,37	cinétique	3	1,79	lumière	2	1,68
lumière	3	2,38	industrie	3	2,11	électricité	2	1,49	réaction	3	1,78	source	3	1,79	soleil	2	1,68
mouvement	3	2,38	carburant	3	2,11	...			travail	3	1,78	artificielle	3	1,79	source	2	1,68
fonctionner	3	2,38	vitamines	3	2,11				électricité	3	1,78	radioactivité	3	1,79	...		
chimique	2	1,59	sport	2	1,41				forme	2	1,18	rayonnement	3	1,79			
monde	2	1,59	confort	2	1,41				fonctionnement	2	1,18	thermique	3	1,79			
forme	2	1,59	pétrole	2	1,41				déplacement	2	1,18	chimique	3	1,79			
station	2	1,59	cinétique	2	1,41				homme	2	1,18	énergie	2	1,19			
pétrole	2	1,59	recharge	2	1,41				exercer	2	1,18	naturelle	2	1,19			
source	2	1,59	technologie	2	1,41				chose	2	1,18	stockage	2	1,19			
soleil	2	1,59	mécanique	2	1,41				chaleur	2	1,18	lumière	2	1,19			
appareil	2	1,59							permettre	2	1,18	tectonique	2	1,19			
...									système	2	1,18	courant	2	1,19			
									...			mécanique	2	1,19			
												consommation	2	1,19			
												...					

Résultats :

La première remarque est que les élèves répondent à notre question en utilisant à peu près les mêmes mots, mais avec des pourcentages et des distributions différents.

Par exemple, en sixième :

L'électricité : 16,98%, au 1^{er} rang, pour la question A ; 11, 3% pour la question C, au 5^{ième} rang ; et 1,3% , au 1^{er} rang , pour la question D.

Un autre exemple en troisième :

La force : 14%, au 1^{er} rang pour la question A ; 4,6% au 4^{ième} rang pour la question C et 4,05% au 3^{ième} rang pour la question C.

Les rangs pour chaque terme sont plus ou moins différents en fonction de l'augmentation des niveaux des groupes. Cela provient, d'une part, de l'introduction de nouveaux termes, d'autre part, de la réorganisation mentale de notre connaissance au fil du temps (changement de l'emplacement des signifiés), enfin de la différence liée aux perceptions des individus.

Les mots plus fréquents pour les élèves de **Sixième** sont :

Electricité, force, soleil, éolienne, puissance...

Pour la Troisième :

Force, électricité, soleil, puissance, éolienne...

Pour la Première S :

Energie, électricité, soleil, nucléaire, chaleur...

Enfin pour la Terminale S :

Puissance, nucléaire, énergie, force, électricité, éclair...

Tableau 5.12 : Les élèves en Turquie

Collège 1 ^{ère} année									Collège 2 ^{ème} année								
A :127	n	%	D :198	n	%	C :124	n	%	A :133	n	%	D :268	n	%	C :148	n	%
mouvement	22	17,32	mouvement	27	13,64	soleil	14	11,29	mouvement	17	12,78	soleil	32	11,94	être humain	11	7,43
être humain	12	9,45	électricité	11	5,56	Power Radio	6	4,84	énergie de qqch.	10	7,52	se nourrir	15	5,60	énergie	6	4,05
énergie de qqch.	9	7,09	vivre	12	6,06	gamin	6	4,84	Etre humain	8	6,02	électrique	12	4,48	qqch.	5	3,38
électricité	7	5,51	soleil	8	4,04	Etre humain	5	4,03	vivacité	8	6,02	être humain	10	3,73	éclair	4	2,70
soleil	6	4,72	dormir	7	3,54	nourriture	3	2,42	électricité	5	3,76	travailler	9	3,36	soleil	4	2,70
être	4	3,15	force	7	3,54	éclair	3	2,42	pouvoir	5	3,76	mécanique	8	2,99	mouvement	4	2,70
force	4	3,15	vie	6	3,03	puissance	2	1,61	capacité	4	3,01	vent	8	2,99	mécanique	4	2,70
travailler	2	1,57	marcher	4	2,02	batman	2	1,61	soleil	4	3,01	mouvement	6	2,24	haltère	3	2,03
vie	2	1,57	être humain	4	2,02	force	2	1,61	force	3	2,26	courir	5	1,87	machine	3	2,03
....			vent	4	2,02	courir	2	1,61	faire	3	2,26	nucléaire	5	1,87	production	2	1,35
			nucléaire	4	2,02	jouer	2	1,61	être positif	3	2,26	cinétique	5	1,87	flèche	2	1,35
			être	3	1,52	...			potentiel	2	1,50	sportif	5	1,87	cinétique	2	1,35
			travailler	6	3,03				...			s'amuser	4	1,49	électricité	2	1,35
			puissance	2	1,01							vitesse	4	1,49	volcan	2	1,35
			sauter	2	1,01							bonheur	4	1,49	chimique	2	1,35
			chaleur	2	1,01							calorie	3	1,12	...		
			reposer	2	1,01							nourriture	3	1,12			
			véhicule	2	1,01							potentiel	3	1,12			
			nourriture	2	1,01							molécule	3	1,12			
			technologie	2	1,01							éclair	3	1,12			
			bonheur	2	1,01							mouvement	3	1,12			
			faire	2	1,01							gamin	3	1,12			
			parler	3	1,52							barrage	2	0,75			
			...									chocolat	2	0,75			
												sourire	2	0,75			
												...					

lycée 1 ^{er} année									lycée 2 ^e année								
A :122	n	%	D :119	n	%	C :133	n	%	A :192	n	%	D :125	n	%	C :128	n	%
énergie	8	6,56	soleil	8	6,72	énergie	19	14,29	être humain	15	7,81	énergie	8	6,4	énergie	9	7,03
mouvement	7	5,74	amour	8	6,72	soleil	5	3,76	énergie	12	6,25	avoir	4	3,2	terre	5	3,91
pouvoir	4	3,28	être humain	5	4,20	tous les choses	5	3,76	activité	7	3,65	physique	4	3,2	être humain	5	3,91
puissance	3	2,46	éclaire	3	2,52	être humain	4	3,01	cerveau	4	2,08	vent	3	2,4	soleil	3	2,34
vivacité	2	1,64	confiance	3	2,52	avoir	3	2,26	potentiel	4	2,08	activité	3	2,4	ampoule	3	2,34
capacité	2	1,64	électricité	3	2,52	livre	3	2,26	puissance	4	2,08	infini	3	2,4	système	2	1,56
....			pensée	2	1,68	temps	2	1,50	positif	2	1,04	mouvement	2	1,6	vie	2	1,56
			mouvement	2	1,68	...			force	2	1,04	pensée	2	1,6	gamin	2	1,56
			performance	2	1,68				matière	2	1,04	chimique	2	1,6	...		
			nucléaire	2	1,68				capacité	2	1,04	cinétique	2	1,6			
			succès	2	1,68				soleil	2	1,04	biologique	2	1,6			
			détermination	2	1,68				...			parler	2	1,6			
			...									usine	2	1,6			
												imagination	2	1,6			
												cerveau	2	1,6			
												électrique	2	1,6			
												soleil	1	0,8			
												...					

Résultats :

Nous pouvons observer les mêmes remarques pour ces élèves, mais des argumentations différentes, et surtout des organisations différentes du réseau conceptuel.

Les mots les plus fréquents pour les élèves de Collège 1^{er} année sont :

Mouvement, vivacité, être humain, électricité, énergie de qqch. etc.

Pour le Collège 2^{ème} année :

Mouvement, soleil, être humain, énergie de qqch., vivacité

Pour le lycée 1^{ère} année :

Energie de qqch., mouvement, amour, soleil, pouvoir, être humaine...

Pour le lycée 2^{ème} année :

Etre humain, énergie de qqch., activité, soleil, potentiel...

De ces tableaux, nous pouvons déduire d'autres résultats importants par rapport à nos objectifs. Pour le moment, nous nous limitons aux tendances de représentations des élèves, et ne nous intéressons pas aux détails de ces emplacements. Cependant, à la lumière de ces résultats, nous pouvons assister, je pense, à l'organisation d'autres types de questionnements. Nous avons des informations en plusieurs dimensions, d'une part sur les individus de niveaux différents, d'autre part, sur un questionnement à partir de plusieurs points de vue, et pour terminer, sur l'influence de la culture sur le même questionnement. Ce sont ces raisons qui nous poussent à chercher encore des réponses à un certain nombre de questions posées sur les travaux actuels.

Les étudiants en France et en Turquie :

Pour les niveaux universitaires, nous avons fait une analyse de lexique sur les 1^{er} et 3^{ième} questions. A partir de ces résultats, nous pouvons mettre en place les termes suivants :

Les étudiants français et stagiaires pour la 1^{er} question :

Les étudiants de DESS+Maîtrise :

Force, puissance, forme, énergie de qqch., solaire, chaleur...

Les étudiants de DEUG :

Chaleur, force, l'énergie de qqch., puissance, travail, lumière...

Les étudiants de Sciences Physiques :

Chaleur, travail, force, transfert, puissance, matière, forme, échange, chimique, mécanique, potentiel, cinétique...

Les stagiaires de l'IUFM :

Energie de qqch., travail, force, physique, potentiel, cinétique, chaleur, grandeur, puissance, mécanique, électrique...

Quant à la question, « qu'évoque l'énergie pour vous », les réponses des étudiants sont centrées sur les autres concepts de physique ou sur les formes d'énergie et sur les sources d'énergie, comme nous l'avons constaté à partir des analyses pour la première question citée plus haut. Ce que nous pouvons ajouter à partir de ce point, c'est que le degré d'abstraction de représentation des élèves a tendance à croître, surtout au niveau des stagiaires.

Pour la 3^{ième} question sur l'énergie :

A sujet des étudiants de DESS+Maîtrise :

Soleil, énergie de qqch., flèches, éclair, rayonnement, nuage, bombe...

Les étudiants de DEUG :

soleil, fonction, système, échange, courant, chaleur, flèche, forme, nuage...

Les étudiants de Sciences Physiques :

Soleil, énergie de qqch., d'abstrait, flèches, fluide, chaleur, bombe, explosion, ampoule, éclair...

Les stagiaires de l'IUFM :

Energie de qqch., éclair, soleil, explosion, lumière, chaleur, flèches, ampoule...

Concernant la 3^{ème} question sur l'énergie : « comment dessinez-vous l'énergie ou comment la représentez-vous », les réponses sont centrées, d'une part sur les sources d'énergie, d'autre part sur nos perceptions visuelles à partir des perceptions éventuelles journalières, à savoir, le soleil, l'éclair, la bombe... et enfin sur les objets mathématiques qui représentent l'énergie ou le fonctionnement de l'énergie (système, fonction, échange...) le flux d'énergie (fluide, courant...), la grandeur de l'énergie (flèches, système..), de même pour la forme d'énergie (travail, chaleur, rayonnement...). En conséquence, nous pouvons dire que les reflets des perceptions sont plus élevés que l'abstraction, alors que pour la 1^{ère} question, l'abstraction était au centre par rapport à la perception.

Les étudiants en Turquie pour la 1^{ère} question :

Au sujet des futurs professeurs de Physique 1 :

Soleil, vie, force, énergie de qqch., réservoir, mouvement, cinétique, potentiel dynamique....

Physique 3 :

Mouvement, force, puissance, concept abstrait, invisible, temps, grandeur....

Physique 5 :

Mouvement, capacité, doping, vivacité, sprint...

Les futurs professeurs de Chimie 1 :

Mouvement, soleil, potentiel, cinétique, électricité, ondes, activité...

Chimie 3 :

Mouvement, activité, soleil, vie, système, température...

Chimie 5 :

Mouvement, chimique, nucléaire, explosion, soleil, force....

Pour chaque groupe, le premier mot cité par ces étudiants est toujours « mouvement », par la suite, vie, vivacité, capacité, action... Tels ou tels mots plus employés sont liés aux activités humaines, cela veut dire qu'ils sont centrés plutôt, en premier lieu, sur les activités humaines, comme au niveau du secondaire. Les élèves turcs, en deuxième lieu, sont centrés sur les perceptions qui proviennent des activités quotidiennes et à partir des expériences scientifiques.

Pour la 3^{ème} question sur l'énergie :

La répartition des représentations des étudiants est beaucoup plus dispersés par rapport aux autres groupes, c'est-à-dire que nous pouvons rencontrer tous les types de réponses, mais les activités sont, la plupart du temps, liées à l'individu, soit à partir des activités extra-scolaires soit à partir des activités scolaires. La deuxième tendance des représentations de ces étudiants provient des phénomènes naturels ou artificiels qui nous entourent.

La dispersion des réponses, qui est valable aussi pour les étudiants en France, met en évidence que les étudiants commencent à comprendre à partir du moment où l'énergie n'est pas quelque chose de concret, mais qu'elle est liée au phénomène ou à une activité humaine. Ceci veut dire que l'objet, le sujet ou les phénomènes eux-mêmes ne représentent pas l'énergie. Elle est avant tout une fonction mathématique et une construction intellectuelle. C'est pourquoi les étudiants la considèrent comme une fonction qui gère beaucoup de phénomènes intrinsèques et extrinsèques, visibles et invisibles liés à la matière et à l'individu. Je dirais plutôt que c'est un outil à la fois scientifique et intellectuel, le côté scientifique dérive des expériences scientifiques, le côté intellectuel, des expériences intellectuelles. Donc, elle a au moins deux dimensions. En conséquence, comme nous l'avons mentionné plusieurs fois dans notre recherche, le meilleur moyen de comprendre est de les articuler. En procédant ainsi nous pouvons prolonger notre limite de perception dès le départ de l'enseignement scientifique et non à la fin des études.

5.1.1.5 Conclusion

Tout au long du questionnement sur l'énergie, il y avait beaucoup d'interrogations sur les concepts et en particulier sur ce concept d'énergie. D'une part, l'énergie est un bon exemple pour travailler sur un concept complexe, d'autre part, l'énergie est un concept intégrateur et relationnel pour les autres concepts, surtout en sciences physiques. Ces deux finalités nous ont poussé, à faire ce type de travail. En conséquence, nous sommes arrivé à déterminer un certain nombre de points obscurs. Ces constatations se résument dans les lignes suivantes :

- Un concept a un immense contenu (le concept d'énergie est un bon exemple pour confirmer cette constatation), soit au niveau mental, soit au niveau perceptif.
- Un concept s'installe du sensoriel au catégoriel, c'est pourquoi il comporte un large spectre d'abstraction à des niveaux différents. Comme les autres concepts, l'énergie est un concept abstrait, mais le degré de l'abstraction varie selon le niveau des élèves et de leurs constructions intellectuelles.
- Le premier facteur déterminant pour le degré de l'abstraction est **l'expérience**. Plus un objet et les propriétés des objets sont accessibles à nos outils de perception, moins les concepts accompagnant ces propriétés deviennent abstraits. Même pour certains étudiants et élèves l'énergie est quelque chose de concret on peut la voir directement. Dans tous les cas, il faut bien distinguer les propriétés des concepts. Nous savons qu'un concept est quelque chose de totalement mental, il ne faut pas le chercher dans la vie actuelle et sur les objets. Un concept, comme nous l'avons montré tout au long de notre recherche, est un ensemble complètement mental qui représente un certain nombre de qualités des objets et de leur articulation avec nos outils perceptifs et mentaux. C'est pourquoi, voir l'énergie ne représente pas grand chose pour nous, par contre percevoir un certain nombre de qualités des objets à l'aide d'un concept « énergie » sera beaucoup plus logique. Cela veut dire que plus nous prolongeons l'ensemble de ce réseau conceptuel d'énergie, mieux nous percevons ce qui se passe autour de nous.
- Quand nous faisons une analyse sur le contenu conceptuel de l'énergie, nous pouvons voir que l'ensemble des sens du concept ne varie pas beaucoup. Par contre la place de l'élément de chaque contenu peut varier entre eux, c'est pourquoi certaines relations entre signifiés et signifiants peuvent également varier en fonction du temps et de l'élargissement de la limite de la perception des individus. C'est la raison pour laquelle au lieu de parler de changement conceptuel, il sera plus juste de parler de changement du contenu conceptuel. Ce changement se passe entre les éléments du contenu, par exemple, l'un diminue, l'autre augmente. Parallèlement, certaines interrelations, communication mentale et perceptive du concept avec notre activité cognitive, peuvent être remplacées par de nouvelles.
- La formation du contenu conceptuel n'est pas totalement une organisation scientifique. Nous pouvons dire que tout ce que nous faisons, tant au niveau scientifique qu'au niveau quotidien, contribue à cette formation. C'est pourquoi, il faut absolument traiter ce sujet dans plusieurs contextes. A propos de ce constat, nous avons rencontré trois types de concepts, concept scientifique, concept quotidien et enfin l'intégration de ces derniers.

5.1.2 Représentation de l'atome

5.1.2.1 Présentation de la question et des participants

Question 2	modèles mentaux d'atome	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<p>✚ Selon le Prof. P.W. ATKINS (Professeur de chimie à l'Université d'Oxford) « Les molécules ont une taille et une forme. Si on arrive à ce que les étudiants (ou même le grand public) pensent aux molécules comme à des objets tangibles, réels, ayant une taille et une forme définies, on peut surmonter l'abstraction, revenir à la réalité »</p> <p>✚ Est-ce que de la même manière, vous vous représentez les concepts : atome, noyau, proton, électron, comme des objets ? Si oui, dessinez votre représentation. Si non, explicitez quelle démarche mentale vous utilisez pour surmonter l'abstraction de ces concepts.</p>	B

5.1.2.2 Objectifs

Atome	Atome, noyau, proton, électron...	Imaginer/concevoir/Représenter/abstraire
-------	-----------------------------------	--

5.1.2.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question

L'objectif de cette question est de voir, d'une part, les relations entre l'atome de l'expérience scientifique et l'atome de notre représentation, d'autre part, d'observer la répartition des représentations des étudiants aux différents niveaux des études supérieures. Notre analyse de cette question comporte trois étapes consécutives : en premier lieu, nous avons analysé combien d'étudiants ont donné une réponse par « un dessin », combien par « une analogie » combien ont dit « je n'arrive pas à le représenter », et enfin « pas d'information ». En deuxième lieu, nous allons montrer ces résultats dans le tableau et les graphiques suivants. Ensuite, nous allons fusionner tous les types de représentations, soit par le dessin (à l'aide des modes atomiques), soit par l'analogie, soit les deux ensemble, dans de nouveaux tableaux (**en annexe 4**). Enfin, nous présenterons quelques exemples à partir de ces tableaux afin de pouvoir les montrer visuellement.

5.1.2.4 Présentations des résultats

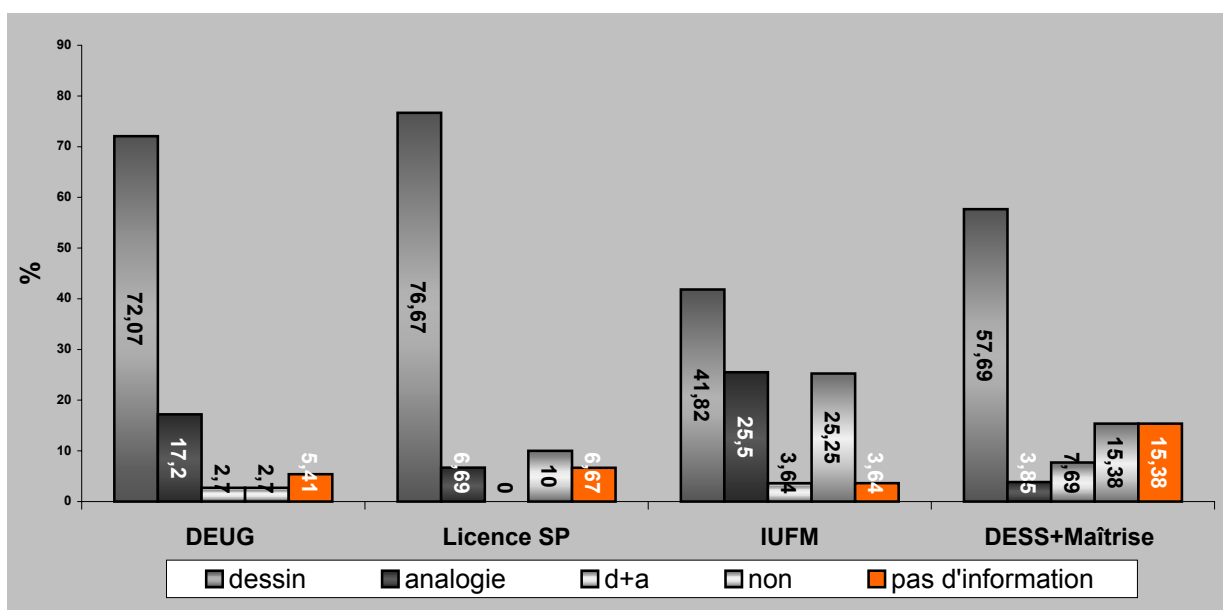
Je commence en montrant la répartition des représentations des étudiants dans le tableau suivant afin d'avoir un point de vue récapitulatif.

Tableau 5.13 : Répartition de type de représentation d'atome

EN FRANCE	Niveaux des étudiants	Nombre des étudiants	Type de représentation de l'atome									
			ceux qui disent "oui"						ceux qui disent "non"		pas d'information	
			dessin		Analogie		dessin analogie +					
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
université	DEUG	111	80	72,07	19	17,2	3	2,7	3	2,7	6	5,41
	Licence SP	30	23	76,67	2	6,69	0	0	3	10	2	6,67
	IUFM	55	23	41,82	14	25,5	2	3,64	14	25,25	2	3,64
	DESS+Maîtrise	26	15	57,69	1	3,85	2	7,69	4	15,38	4	15,38

DESS : communication scientifique, MAITRISE: des sciences de l'éducation

Figure 5.14 : Répartition des représentations de l'atome



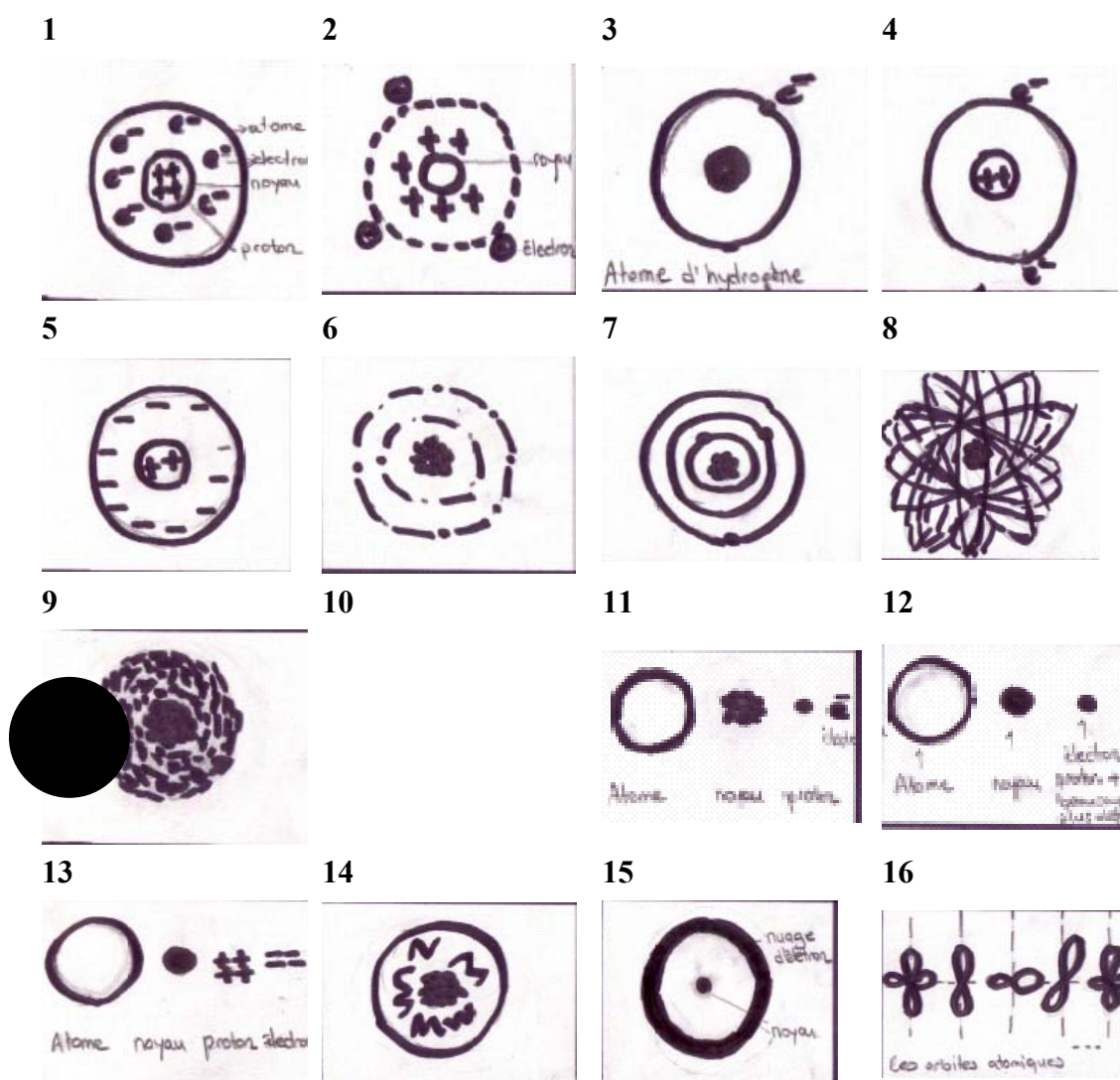
A partir de ces tableaux et graphiques, nous pouvons déduire que les représentations par un dessin sont supérieures aux autres types de représentations pour tous les groupes. Les réponses par un dessin sont à peu près les mêmes au niveau DEUG et au niveau de la licence de Sciences Physiques et varient de 72,07% à 76,67%. Par contre, pour les stagiaires, le taux est de 41,82%, c'est-à-dire en baisse, pour les « DESS+ maîtrise », il est au milieu avec 57,69%.

Les représentations par analogie sont visibles à tous les niveaux avec un taux moins élevé, mais, pour les stagiaires, ce taux est assez considérable 25,50%. Par la suite, les réponses par le dessin+l'analogie varient de 0 à 7,69%. Cependant, 25,25% de stagiaires disent que nous ne pouvons pas surmonter l'abstraction de l'atome, ce taux est plus élevé par rapport aux autres groupes. Cela veut dire que pour encore 25% de stagiaires, l'atome est quelque chose de totalement abstrait, leur manière de raisonner est encore loin des expériences scientifiques. A vrai dire, si nous n'arrivons

pas à voir un objet, celui-ci est loin de notre limite de conception. Par contre pour les autres groupes, dans la plupart des cas, ils ont tenté de surmonter plus ou moins, l'abstraction de l'atome par un dessin, c'est-à-dire à l'aide d'un modèle atomique. Le dernier point, le taux de « pas d'information » varie de 3,64 à 15,38% d'un niveau à l'autre.

A partir des représentations des étudiants, nous devons mettre en évidence quelques aspects sur l'origine de ces représentations par le dessin. Ceux-ci proviennent d'une part directement d'un modèle atomique utilisé dans notre enseignement, d'autre part de la construction des individus (modèles mentaux d'atome), ou d'un bon assemblage des deux. Nous allons voir l'ensemble de ces modèles dans le tableau suivant :

Tableau 5.14 : Les modèles utilisés par les étudiants et stagiaires:



Au total, nous avons 16 sous-groupes de modèles d'atome, nous pourrions encore les réduire, mais au départ, travailler sur une échelle plus vaste est efficace pour couvrir la totalité des représentations. Comme nous l'avons précisé plus haut, il y a trois types de tendances, ceux qui proviennent des modèles scientifiques d'atomes, ceux de la construction mentale de l'individu et encore la co-construction des deux.

En partant de cette grille d'analyse conçue à partir des réponses des étudiants, nous allons présenter la totalité de la répartition des représentations des étudiants.

Résultats :

Le taux de représentations des étudiants varie d'un niveau à l'autre en fonction de la construction de leurs connaissances. Comme pour la question de l'énergie, nous pouvons rencontrer tous les types de représentations, mais il y a des déplacements d'un type à l'autre dans le contenu. Les réponses les plus fréquentes (plus de 10%), sont dans l'ordre suivant :

Pour les étudiants de DEUG, sont assemblé sur **1,2,4 et 7**. Les étudiants de DESS+Maîtrise : **3,8,9 et 12**

Les étudiants de Licence de Sciences Physiques : **4,5,7,8 et 12**

Les stagiaires de l'IUFM : **1,2,3,8 et 12**

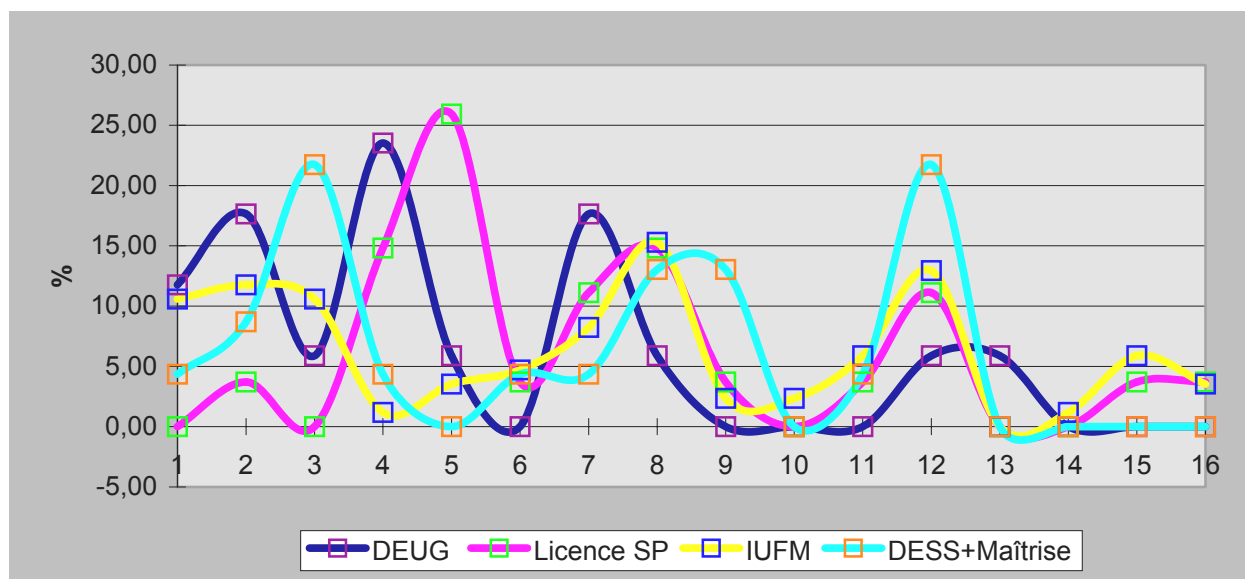
En conséquence : les taux de représentation de **1,2,3,4, 8 et 12** montrent une tendance générale entre les groupes, mais les pourcentages sont plus ou moins différents.

Tableau 5.15 :

PAYS	Niveaux des étudiants	Répartition des modèles de l'atome															total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16
		<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>		<i>n</i>
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		%
FRANCE	DEUG	2	3	1	4	1	0	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	17
		11,76	17,65	5,88	23,53	5,88	0,00	17,65	5,88	0,00	0,00	0,00	5,88	5,88	0,00	0,00	0,00	100
	Licence SP	0	1	0	4	7	1	3	4	1	0	1	3	0	0	1	1	27
		0,00	3,70	0,00	14,81	25,93	3,70	11,11	14,81	3,70	0,00	3,70	11,11	0,00	0,00	3,70	3,70	100
IUFM	9	10	9	1	3	4	7	13	2	2	5	11	0	1	5	3	85	
	10,59	11,76	10,59	1,18	3,53	4,71	8,24	15,29	2,35	2,35	5,88	12,94	0,00	1,18	5,88	3,53	100	
DESS+Maîtrise	1	2	5	1	0	1	1	3	3	0	1	5	0	0	0	0	23	
	4,35	8,70	21,74	4,35	0,00	4,35	4,35	13,04	13,04	0,00	4,35	21,74	0,00	0,00	0,00	0,00	100	

Les rouges montrent les taux de réponses, plus de 10%

Figure 5.15 :



Des exemples à partir des modèles mentaux des étudiants à propos de l'atome pour chaque

groupe (cf. en annexe 4.2 :totalité des représentations des étudiants):

Quand il s'agit d'un exemple de représentation des étudiants, nous pouvons nous référer à l'annexe 4 afin de voir la totalité de leurs réponses. Ci-dessous, quelques exemples intéressants pour avoir une idée d'une manière détaillée.

LES ETUDIANTS FRANÇAIS ET STAGIAIRES : REPRESENTATION D'ATOME

DESS et maîtrise (N :26)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1	d	2, ce sont des objets réels « infiniment petits »	Un exemple
3	d+a	3B, le proton beaucoup plus abstrait, j'imagine simplement une charge positive	Le degré de l'abstraction est trop élevé pour le proton
2	d	1	Un exemple
6	d	9	Un bon exemple
8	Non*	Ce ne sont pas des objets pour moi juste des schèmes, très vagues dans des livres d'école	Des choses abstraites
22	d	3, pour le proton pas de concrétisation	Le proton n'est pas concret, un exemple
24	d+a	2, un atome ressemble à un système solaire dont les planètes =électrons dont le noyau serait le soleil	Analogie avec le système solaire

**Non : je ne peux pas le représenter*

Remarques :

Par exemple : Pour le 3^{ème} et le 22^{ème} étudiants, le proton n'est pas concret. Ils arrivent à concrétiser les autres particules, mais pas le proton. D'une part, plus la particule est petite, plus le degré de l'abstraction est élevé pour les individus, d'autre part, nous rencontrons moins la particule de « proton » par rapport aux autres, car elle est dans le noyau, de ce fait, nous nous y intéressons moins.

Un autre point est l'utilisation d'une analogie avec le système solaire. Cette analogie est toujours dominante dans notre système éducatif, nous pouvons même voir les reflets de cette analogie dans la plupart des dessins des étudiants.

Les étudiants de licence science physiques (n :30)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
4	d	7 (électron classique) + (électron comme une onde, physique quantique)	Deux représentations ensemble, un exemple
7	d	12	Un exemple
8	d	15	Une représentation nouvelle
14	d	15, on peut les représenter comme la théorie de l'orbital moléculaire, chacune a une forme différente	Ressemblance aux modèles moléculaires
16	d	2 + zoom on peut apercevoir la structure du noyau	Le facteur de ZOOM
26	a	pour moi, on peut matérialiser un atome ou un noyau comme une sphère infiniment petite, tellement petite qu'on ne peut pas la voir. Seul un assemblage de ces sphères est visible. Par exemple, l'eau est un assemblage compact.	Une sphère infiniment petite, non- visible
30	Non	On ne se représente pas un atome, un noyau ou un électron sous une forme concrète. On imagine l'ensemble du système, c'est-à-dire un atome est constitué d'un noyau formé par un certain nombre de protons et entourés par le même nombre d'électrons.	Une construction imaginaire

Remarques :

Le 26^{ème} étudiant a commencé à construire quelque chose à partir de l'invisible : même si nous n'arrivons pas à voir les petits objets, à partir d'une certaine quantité, ceux-ci deviennent visibles. Cette idée est assez importante pour approfondir davantage, pour montrer qu'il y a encore toujours des particules moins lourdes par rapport aux particules plus grandes. Ne pas voir ne veut pas dire que c'est abstrait que cela n'existe pas, simplement c'est sont loin de notre limite de perception. Nous pouvons toujours nous rapprocher des limites de notre perception.

Pour le 30^{ème} étudiant, si nous n'arrivons pas à voir, nous pouvons construire d'une manière imaginaire, ceci est vrai, mais nous devons utiliser la construction imaginaire hors de notre limite de perception, mais ceci ne s'applique pas tout le monde. Jusqu'à une certaine limite, nous devons toujours tenter de faire l'expérience et d'accéder à la mesure de la quantité de particules. Ceci veut dire que constructions expérimentale et intellectuelle ne doivent pas être confondues, il faut articuler ces deux aspects pour que notre connaissance soit accessible, à la fois aux organisations mentales et sensorielles.

Les étudiants du DEUG de la science de la matière (n :111)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1	a	...Préciser les modèles en fonction de l'observable...j'essaye également de « métaphoriser » différents concepts. On ne peut en voir la structure réelle, mais on peut en mesurer les effets	métaphoriser
3	a	J'utilise également à la fois des concepts et des représentations, ... Ainsi les particules ne sont pas à la fois des ondes et des corps. On dit qu'il convient de les étudier comme un corps ou comme une onde dans tel ou tel cas. La vérité est sans doute quelque chose entre les deux.	Concept et représentation ensemble + la dualité onde-corpuscules
18	a	Seul le noyau me paraît matériel (neutrons et protons) cependant (l'électron semble être ni matériel ni onde) je me le représente plutôt énergétique. Autour du noyau se trouvait plutôt une sphère énergétique que un électron décrivant des orbites	Seul le noyau est matériel
20	a	Pour aller plus loin, on se les représente comme des billes de tailles différentes, mais si on n'a rien d'autre à faire, on peut s'amuser à se représenter les quarks, des orbites atomiques, ...	Les quarks
28	d	16, des orbitales s, p, d, f	Des orbitales
33	d	Proton, neutron et électron, pas de noyau	Un exemple
38	d	On fait toc toc et on rentre dans l'atome, en faisant zoom	Un exemple
56	d+a	1A, on se représente ces concepts avec une géométrie connue comme pour diminuer ça, pour de l'inconnu tout en sachant avec le temps que ces concepts ne répondent pas à une géométrie certaine	Un exemple
57	d	12	Un bon exemple
62	r	Un atome serait une sorte de boule(modèles moléculaires) le reste trop abstrait, je ne me le représente pas	Sauf l'atome, le reste trop abstrait
67	d	7 + un passage aux modèles moléculaires	Un exemple
77	a	J'ai envie de me représenter les orbitales atomiques. Cette densité de probabilité de présence représente pour moi l'atome. Les électrons je me les représente comme des fluctuations. Le noyau est une zone plus ou moins précise avec une grande densité de neutrons. L'autre (proton) est une barrière énergétique, ne laissant pénétrer presque rien.	Influence de la physique quantique
78	d	1 + un modèle moléculaire	Un exemple
79	d+r	8 +le système solaire avec le soleil comme noyau et les planètes comme électrons	Un exemple
81	d	Oui, on peut les représenter comme des objets mais pour moi, ils sont invisibles à l'œil nu	Un exemple
82	d	16	Nuage d'électrons ;un bon exemple
85	d	9, j'ai beaucoup de mal à imaginer qu'on est constitué en majorité de vide	Un exemple
86	d	Pour l'atome et le noyau, oui mais le proton et l'électron n'ont à mon avis pas de réelle qualification d'objet, ce sont juste des composants de la matière.	Un exemple
87	d	9	Un exemple
90	a	Les concepts d'atome, de noyau, de proton et d'électron ne sont en fait que des représentations pour que l'on puisse les étudier mais à la base tout n'est qu'énergie	ENERGIE
93	a	1	Un exemple
98	a	La matière est constituée de particules infiniment petites et invisibles, constituées elles-mêmes par d'autres éléments encore plus petits. Car comment pouvons-nous expliquer la présence de chaleur ou du vent.	Un exemple
100	d	Un dessin différent des autres + l'abstraction on ne la surmonte pas, l'électron tout comme le photon à une dualité onde – corpuscule	Un bon exemple

Remarques :

Dans cette partie, les étudiants sont sous l'influence de la physique quantique. Pour eux, la physique quantique explique la structure atomique, par rapport à cette physique, nous n'avons pas besoin de surmonter l'abstraction. En effet, toutes les particules microscopiques ont un caractère à la fois de corpuscule et d'ondes, c'est pourquoi, ces particules ne sont ni matière et ni onde, elles représentent quelque chose entre les deux.

A ce niveau, les étudiants ont commencé à représenter différemment la matière, l'influence de la physique quantique a enrichi leur raisonnement. Un raisonnement énergétique avec le nuage d'électrons est apparu à ce niveau, mais l'application de ces connaissances n'est pas encore évidente. Ils disent que ces particules ne sont ni onde, ni matière, mais ils ne savent pas exactement en quoi consiste la construction des ensembles invisibles. Il me semble que leur pensée sur la physique quantique n'est pas encore construite d'une manière articulée par rapport à leur connaissance antérieure.

Le facteur de ZOOM est une idée très brillante, qui reflète totalement le paradigme des sciences actuelles, car, plus on descend vers le micro-monde, plus on découvre des particules nouvelles, en faisant toujours **ZOOM** vers l'inconnu en partant des connus. Par l'intermédiaire de ce type de raisonnement, nous pouvons prolonger notre limite de perception et de nos outils. Mais, en procédant ainsi, nous devons toujours articuler ceux qui sont connus et ceux qui ne sont pas connus.

La dernière remarque est l'influence des modèles moléculaires sur les représentations des étudiants. Ils tentent de construire leurs représentations à partir des modèles moléculaires. Il me semble que c'est un passage non valable, car l'ensemble ne caractérise pas totalement les propriétés des sous-ensembles.

Comme le montrent les remarques citées plus haut, les étudiants ont du à mal à se représenter le contenu du noyau. Il me semble que nous ne nous intéressons pas assez à la constitution de l'atome : il y a un manque d'articulation à ces niveaux, soit par rapport à leur composition, soit par rapport aux ordres de grandeur.

Les stagiaires de l'IUFM (n :55)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
2	d+r	Une boule en caoutchouc couverte de miel autour de laquelle tournent des mouches	Analogie, un exemple
4	d	6, modèle de BOHR, noyau + couche électronique : j'aime me représenter les choses car j'ai une mémoire plutôt visuelle	Un exemple
5	non	L'atome, et encore plus les particules élémentaires sont non-observables, nos représentations ne peuvent donc être que des modèles obéissant aux lois de la physique	Non-observables, les modèles physiques
6	non	Tout dessin d'atome, proton, molécule est un modèle. L'électron n'a pas de dimension	Modèle
9	non	L'atome est un modèle	Modèle
10	non	Je ne m'imagine pas de forme particulière à un électron mais plutôt une trajectoire (densité de probabilité).	Influence :physique quantique
11	non	Les atomes ne sont pas, pour moi, des objets réels. J'y pense en terme de représentation mathématique et j'ai beaucoup de mal à faire le lien avec quelque chose de réel.	Représentation mathématique
12	non	Atome, noyau, proton n'ont pas de véritable identité dans la réalité, ce ne sont que des modèles qui ont été adaptés pour interpréter certains faits.	Des modèles
12	non	Ce sont des représentations, des modèles auxquelles nous donnons une forme pour surmonter cette abstraction	Des modèles
17	non	Pas de représentation d'objet, ce sont des fonctions mathématiques	Abstrait :fonction mathématique
20	a	L'atome peut être représenté par un poupée russe dans laquelle existent d'autres poupées, l'un sera le noyau et ainsi de suite pour proton-électron	Analogie avec une poupée russe
24	non	En dessous du noyau, il n'y a plus de forme « réelle » en fait, on observe des effets. Je matérialise ces effets sous la forme de « sphères d'influence ».	Un exemple
25	non	Ces sont des constituants de la matière qui, considérés séparément, ont une représentation assez floue : dualité onde-corpuscule	Dualité onde-corpuscule
27	a	Les objets ont des formes relativement sphériques. Leur texture ressemble à celle de la fumée	Analogie avec la fumée
30	d+a	2, noyau : oeuf Kinder à l'intérieur dans lequel se trouve des billes (proton et neutron), autour du Kinder, il y a des mouches:électrons	Analogie+modèle
38	a	Un noyau contient des protons Des électrons gravitent autour du noyau Ils s'installent en probabilité de présence Je n'utilise pas le modèle de BOHR	Probabilité de présence Pas de modèle de BOHR
39	a	Atome :je pense à l'image donnée par un microscope électronique Noyau : j'imagine un concentré de matière Protons : j'imagine mal un proton Electron :je n'imagine pas l'électron : mais sa position (nuage électronique), on peut utiliser des modèles	L'ordre de l'imagination A partir d'une limite, on perd l'imagination
40	a	L'atome, le noyau et le proton peuvent être représentés de la même manière. Il suffit tout simplement de faire un changement d'échelle pour pouvoir comparer ces différentes particules. En ce qui concerne l'électron, on ne peut pas le représenter (cf. mécanique quantique)	L'électron est différent des autres particules. cf. :physique quantique
43	a	Electron:charge ponctuelle élémentaire Charge sphérique élémentaire Noyau :il y a des protons et neutrons Atome : un noyau avec des électrons autour qui ont une densité de probabilité de présence appelée orbitale	Une densité de probabilité de présence :approche QUANTIQUE
44	a	Atome, noyau, proton se représentent comme des boules Electron on le représente plus par une orbite, sur orbitale Vieux schème planétaire-système solaire	Modèle planétaire

Remarques :

La première remarque est que les stagiaires ne donnent pas de réponse immédiate à cette question, car ils savent que l'atome et ses composants ne sont pas totalement perceptibles par l'œil ou par des outils optiques ou spectroscopiques. Nous les avons construits à l'aide des expériences scientifiques et des théories adéquates à ces expériences et des outils qui renforcent notre imagination comme les modèles atomiques et les analogies.

Pour certains étudiants, il y a une limite pour notre conception, par exemple :

- le 39^{ème} étudiant a constaté un ordre d'imagination pour rapprocher l'atome et ses composants, il dit que :

« Atome : je pense à l'image donnée par un microscope électronique

Noyau : j'imagine un concentré de matière

Protons : j'imagine mal un proton

Electron : je n'imagine pas l'électron : mais sa position (nuage électronique), on peut utiliser des modèles »

- le 24^{ème} étudiant :

« En dessous du noyau, il n'y a plus de forme « réelle » en fait, on observe des effets. Je matérialise ces effets sous la forme de « sphères d'influence ». »

- pour le 17^{ème} étudiant, toutes ces particules ne sont que des fonctions mathématiques

« Pas de représentation d'objet, ils sont des fonctions mathématiques »

- pour les 9^{ème} et 6^{ème} étudiants : l'atome n'est qu'un atome

« L'atome est un modèle »

« Tout dessin d'atome, proton, molécule est un modèle. L'électron n'a pas dimension »

- le 38^{ème} et 43^{ème} étudiants sont déjà conscients de l'application de la physique quantique et ils ont dépassé le modèle classique du modèle atomique de BOHR :

« un noyau contient des protons,

Des électrons gravitent autour du noyau,

Ils s'installent en probabilité de présence

Je n'utilise pas le modèle de BOHR »

« Electron: charge ponctuelle élémentaire

Charge sphérique élémentaire

Noyau : il y a des protons et neutrons

Atome : un noyau avec des électrons autour qui ont une densité de probabilité de présence appelée orbitale »

Cependant, le modèle planétaire de l'atome est toujours présent dans la représentation des individus, même à la dernière étape de leur formation. A partir de cette limite, il n'y a aucune issue, ils vont appliquer ce qu'ils ont appris durant leur scolarité. Depuis plus d'un siècle, des théories

quantiques existent, mais leur application est toujours loin de notre formation, même s'il en est question dans les derniers discours scientifiques.

5.1.2.5 Conclusion

En fin de compte, nous avons vu que la construction mentale de l'atome est sous l'influence de la physique classique. Les individus n'arrivent presque jamais à une réponse expérimentale, « nous avons fait ceci ou cela ». Ils tentent de donner une réponse toujours par l'intermédiaire d'un modèle ou d'une analogie proposée par leur professeur ou par quelque chose de similaire. S'ils ne sont pas convaincus, ils n'arrivent pas à concevoir, ils disent « je ne peux pas », « je n'arrive pas à l'imaginer » ou pas d'imagination à propos d'atome et de ses composants.

Ma constatation à partir des représentations des étudiants et stagiaires est qu'au niveau microscopique et plus loin, les individus manquent d'expériences. Ils ne parlent pratiquement jamais d'un résultat d'une expérience pour justifier leur raisonnement. Les modèles mentaux de l'atome sont construits sur des bases théoriques à partir des acquis scolaires. Il me semble que l'effort principal dans l'avenir consistera à multiplier nos activités scientifiques, surtout en ce qui concerne le contact avec la matière aux petites échelles. De même nous devons prolonger les limites de nos expériences vers le monde microscopique et vers l'invisible, pour que nous puissions prolonger notre limite de perception et en parallèle, notre limite de conception.

5.1.3 Propriétés macroscopiques

5.1.3.1 Présentation de la question et des participants

Question 3.	propriétés macroscopiques	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Peut-on parler de 'mouillage' avec 1 µg d'eau ? ✚ Si on casse l'élément Or, à l'échelle de 100 nanomètres à peu près, la couleur reste-t-elle toujours la même ? Explicitez. ✚ Nous pouvons multiplier ces deux derniers exemples. Ce qu'on vous demande c'est s'il y a pour vous un sens explicite des propriétés macroscopiques ramenées à l'échelle microscopique et nanoscopique. Explicitez votre réponse. 	A et B

5.1.3.2. Objectifs

Propriétés macroscopiques	a	mouillage	Raisonner/Faire la relation du perçu et du conçu
	b	couleur	Raisonner/Faire la relation entre le perçu et le conçu
	c	Macro/micro/nano	Raisonnement transitif/Faire le lien entre l'échelle « micro » et « macro »

Dans cette question, il y a trois étapes consécutives afin d'observer les tendances des raisonnements des étudiants au cours des passages entre plusieurs échelles. Dans les lignes suivantes, nous allons voir comment les individus, à de niveaux différents de l'enseignement supérieur, raisonnent sur les propriétés de la matière dans le monde auquel nous appartenons.

Cette question sera un bon exemple afin de constater la répartition des représentations des étudiants du monde microscopique vers le monde macroscopique ou bien vice versa. N'importe quel passage entre ces deux niveaux nécessite des interventions d'un certain nombre d'activités, tant au niveau sensoriel qu'au niveau perceptif ou mental. Nous insistons toujours sur l'articulation et la coexistence de ces deux activités. La question principale, comment peut-on les faire ?

Répondre à ce type de question nécessite tout d'abord une reconnaissance des représentations des individus, par la suite, l'intégration de ces données aux théories actuelles et enfin l'harmonisation de toutes ces activités. C'est que nous allons faire au cours de l'analyse de cette question.

5.1.3.3 Présentation des outils d'évaluation

L'outil d'évaluation de cette question s'appuie plutôt sur un regroupement des réponses et de leurs argumentations. Notre regroupement se fera selon quatre ordres, premièrement les réponses qui comportent un jugement de type sur « oui » ou « non », deuxièmement, les réponses qui détiennent une condition, troisièmement les réponses ne donnant aucune information et pour terminer, les autres types de réponses. Toutes les analyses pour cette question s'appuient sur ces quatre ordres.

5.1.3.4 Présentations des résultats :

1^{er} partie de cette question :


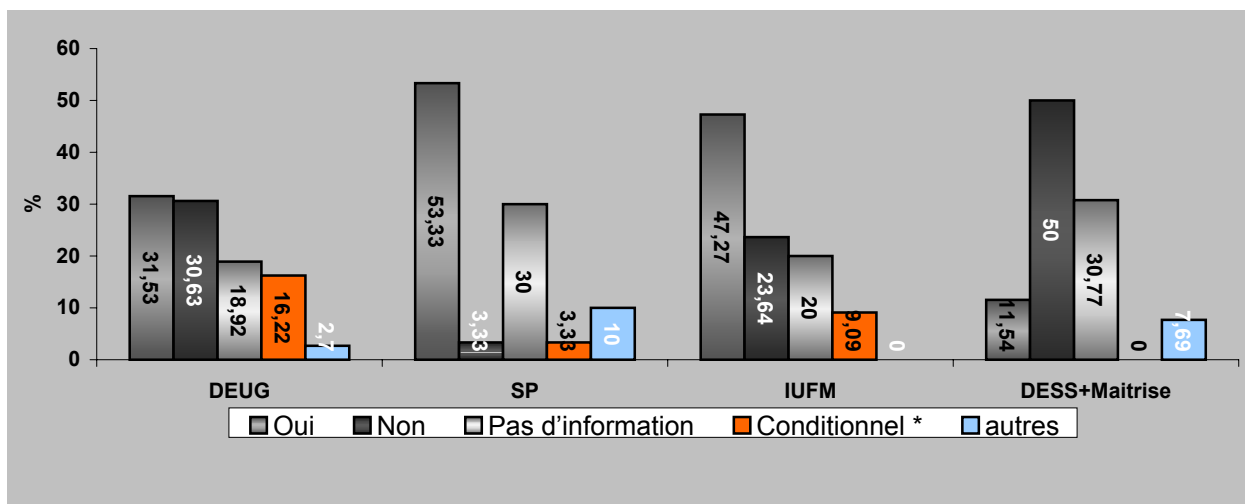
 Peut-on parler de 'mouillage' avec 1 µg d'eau ?

Tableau 5.16 :Les étudiants et stagiaires en France

Types de représentation	Groupes							
	DEUG		SP		IUFM		DESS+Maîtrise	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Oui	35	31,53	16	53,33	26	47,27	3	11,54
Non	34	30,63	1	3,33	13	23,64	13	50,00
Pas d'information	21	18,92	9	30,00	11	20,00	8	30,77
Conditionnel	18	16,22	1	3,33	5	9,09	0	0,00
autres	3	2,70	3	10,00	0	0	2	7,69
Totale	111	100,00	30	100,00	55	100,00	26	100,00

Figure 5.16:



Pour cette question, entre les groupes, il n'y a presque aucune ressemblance, chaque groupe a une façon de répondre à cette question. En général, ils ont du mal à répondre d'une manière identique. Nous savons que cette question, même pour les scientifiques, est ardue. Il me semble que c'est pour cette raison qu'il n'y pas de similitude entre les groupes.

Nous savons que, dans 1µg d'eau, il y a des milliers des molécules d'eau. Pour que cette somme possède une propriété de mouillage, nous avons besoin d'un certain nombre de molécules, mais, évidemment, plus la quantité est petite, moins on les perçoit. Par rapport aux critères scientifiques, la réponse à cette question est « oui ».

La réponse sous le groupe « pas d'information » est considérable et varie de 18,92% à 30,97%.

Une autre réponse dans un cadre scientifique est la réponse conditionnelle. Celle-ci a atteint 16,22% au niveau du DEUG. Ces étudiants donnent une réponse par l'intermédiaire d'une condition, ils prétendent que le mouillage dépend de la surface, du volume, de la quantité, de l'échelle et de la taille.... Après cette présentation récapitulative des réponses des étudiants, nous allons donner quelques exemples pour chaque type de réponse en vue de concrétiser davantage notre attention sur ce questionnement.

Quelques exemples pour ceux qui disent « OUI » :

Les étudiants de DEUG :

« *Mouiller c'est mettre en contact de l'eau, ben oui* » ;

« *Oui, très petit mouillage* » ;

« *Oui, même s'il n'est pas visible ou palpable, il est réel* » ;

« *Oui, il y a la même réaction* » ; car il y a une réaction chimique »

« *Oui, même en quantité minuscule, garde les prop. qu'elle mouille* ».

les étudiants de Licence de Sciences Physiques :

« *Oui, car même 1µg d'eau peut porter plusieurs millions de molécules de poudre* » ;

« *Oui, mais plutôt hydratation* ».

les stagiaires :

« *Oui, car, il y en a plusieurs* » ;

« Oui, mouillage faible » .

les étudiants de « DESS et Maîtrise » :

Pas d'argumentation pour la réponse « OUI ».

Pour ces étudiants, le mouillage ne dépend pas de la quantité, il est lié aux propriétés de la molécule d'eau, mais à cause de la limite de perception, certains disent qu'il y a peu de mouillage.

Ceux qui disent « NON » :

Les étudiants de DEUG :

« Non, car la molécule n'est pas sous la forme de liquide » ;forme

« Non, c'est trop peu pour être mouillé » ;quantité

« Non, on n'a pas la sensation avec une telle quantité » ;perception

« Non, si on considère ça pour nous, pour une fourmi c'est une inondation » ;échelle

« Non, on ne les sent pas » ; perception

« Non, il y a peu d'eau » ; quantité

« Non, je ne pense pas ». intuition

Les étudiants de Licence de Sciences Physiques :

« Non, car la quantité est très faible ».

Les stagiaires :

« Non, car le mouillage désigne plutôt un aspect ou une sensation » ;

« Non, le mouillage est une notion macroscopique » ;

« Non, pas de sensation physique ».

Les étudiants de « DESS et Maîtrise » :

« Non, pas de notre échelle ».

Pour ceux qui disent « non », il n'y a pas mouillage, ils expliquent que la quantité d'eau n'est pas suffisante ou la sensation du mouillage est loin de nos percepts. Même pour quelques étudiants, le mouillage est une notion macroscopique.

Ceux qui donnent une réponse par un raisonnement conditionnel :

Les étudiants de DEUG :

« Ça dépend de ce qu'on mouille » ;

« Ça dépend de l'échelle du mouillé » ;

« Cela dépend du volume » ;

« Cela dépend de la quantité de l'eau » ;

« Cela dépend de la composition atomique et de la masse de la matière qu'on veut mouiller ».

les étudiants de Licence de Sciences Physiques :

« Cela dépend de l'objet mouillé » ;

« Tout dépend de ce qu'on mouille ».

les stagiaires :

« Cela dépend de l'angle de contact entre liquide et la surface étudiée » ;

« Cela dépend du système qui est mouillé » ;

« Cela dépend de quoi on parle un m³ de terre –non, un mini cristal-oui ».

les étudiants de « DESS et Maîtrise » :

Pas de ce type de réponse.

Au total, le mouillage dépend de « la quantité » de l'eau, de « l'échelle » dans laquelle on se trouve, « le volume », de « la taille de l'objet qu'on veut mouiller » etc. Ce type de raisonnement est assez important pour pouvoir produire une argumentation raisonnable à ce type de questions, car cela nécessite un certain nombre de connaissances et d'expériences sur un phénomène et sur son processus.

Et en dernier, ceux qui donnent des réponses sous la catégorie « autres » :

« 1µg d'eau risque d'être une sphère parce qu'inobservable et ne mouillera sûrement pas grand chose » ;

« Je ne sais pas ce qu'est le mouillage » ;

« Pour moi, non mais, pour un microbe oui » ;

« pourquoi pas »...

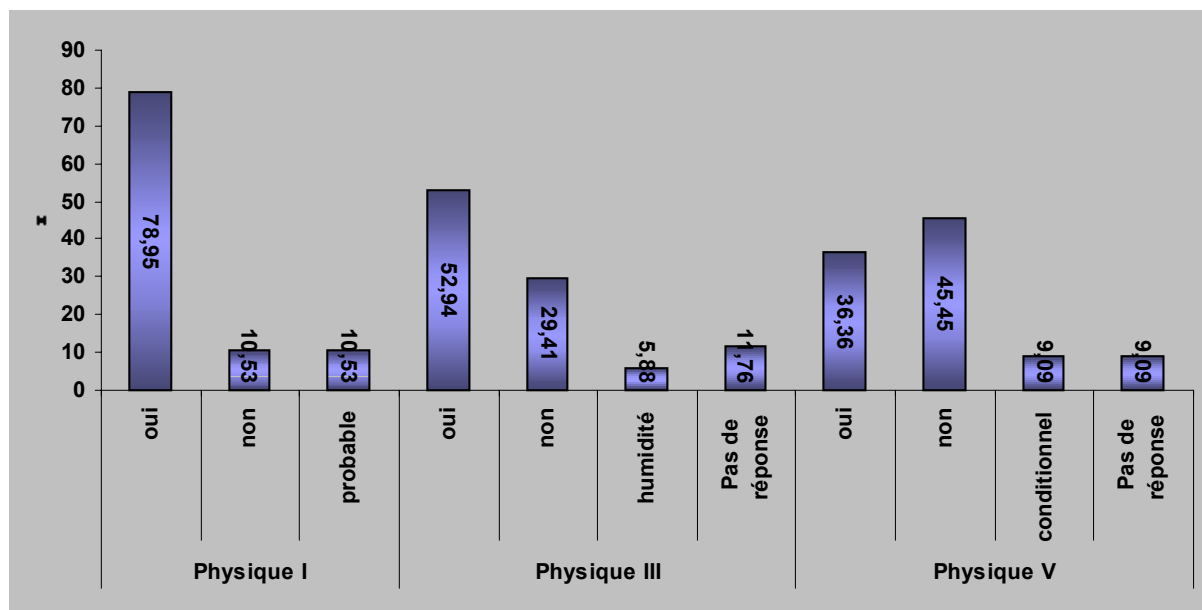
Toutes ces réponses sont un mélange de tout, nous pouvons retrouver l'effet de toutes les tendances, mais d'une manière aléatoire.

LES ETUDIANTS EN TURQUIE :

Les futurs professeurs de physique ;

Groupes	type de représentations	n	%	exemples
Physique I	oui	15	78,95	« C'est trop petit, mais cela existe » ; « Il ne dépend pas de la quantité » ; « Si la plus petite quantité n'a pas le mouillage, l'ensemble ne serait pas mouillé ».
	non	2	10,53	« Pas de mouillage » ; « On ne peut pas le sentir ».
	probable	2	10,53	« On peut le sentir par l'intermédiaire des outils spéciaux » ; « Cela doit être mais, on ne peut le sentir ».
Physique III	oui	9	52,94	« Le mouillage ne dépend pas de la quantité » ; « c'est impossible de le sentir, mais il y a du mouillage, même si très peu » ; « Le mouillage est proportionnel au volume ».
	non	5	29,41	« on ne peut le sentir » « il y en a très peu, c'est pourquoi on ne peut le sentir »
	humidité	1	5,88	« on peut parler seulement de L'HUMIDITE , cela veut dire c'est trop peu mouillé »
	Pas de réponse	2	11,76	-
Physique V	oui	4	36,36	« L'eau est toujours de l'eau » ; « cela dépend de la surface » ; « Il existe, mais on ne peut le percevoir ».
	non	5	45,45	« La quantité est trop petite, on ne peut pas le percevoir » ; « A cette échelle, du fait que la tension superficielle est grande, cette quantité ne fait pas le mouillage, ainsi, l'eau ne serait pas absorbée par d'autres matières. »
	conditionnel	1	9,09	« Le mouillage dépend de plusieurs facteurs, si ces facteurs se réalisent ensemble, c'est possible ».
	Pas de réponse	1	9,09	-

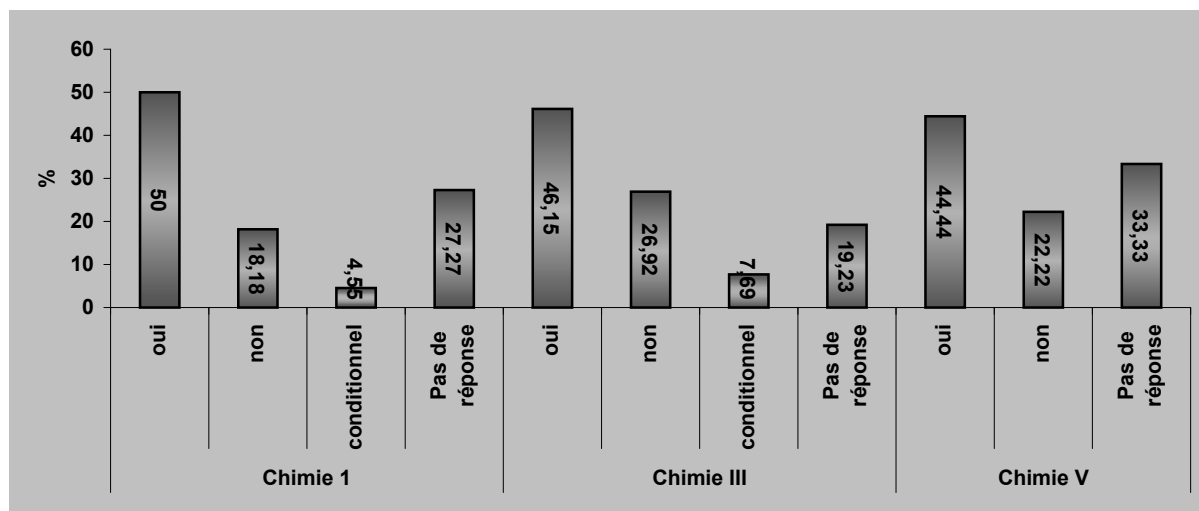
Figure 5.17 :



Les futurs professeurs de chimie :

Groupe s	type de représentations	n	%	exemples
Chimie I	oui	11	50,00	« Oui, car la base est toujours de l'eau » ; « Oui, le mouillage est dû aux molécules d'eau » ; « Oui, la quantité du mouillage dépend de la surface qu'on mouille ».
	non	4	18,18	« A cette échelle, on ne peut pas faire le mouillage ».
	conditionnel	1	4,55	« cela dépend du volume dans lequel on s'installe »
	Pas de réponse	6	27,27	-
Chimie III	oui	12	46,15	« Car, c'est est toujours de l'eau » ; « Il ne dépend pas de la quantité » ; « Il s'installe au très petit volume ».
	non	7	26,92	« Les propriétés physiques changent » ; « La propriété « mouillage » n'existe pas à cette échelle » ; « on ne peut pas le sentir ».
	conditionnel	2	7,69	« il varie selon l'échelle à laquelle on travaille »
	Pas de réponse	5	19,23	-
Chimie V	oui	4	44,44	« l'eau fait un mouillage, quelle que soit sa quantité » ; « le mouillage ne dépend pas de la quantité de l'eau ».
	non	2	22,22	« on doit le voir et sentir, sans voir et sentir, on ne peut parler d'un mouillage »
	Pas de réponse	3	33,33	-

Figure 5.18:



Résultats :

Comme pour les étudiants en France, le mouillage dépend de « la quantité » d'eau, de « l'échelle » dans laquelle l'objet se trouve, « du volume », de « la taille de l'objet qu'on veut mouiller » ... Si ces facteurs sont suffisants, la réponse est « oui », sinon « non » pour les autres. A partir du tableau ci-dessus ainsi que du graphique suivant, nous pouvons observer que la réponse « oui » décroît en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants, et le « non », croît. Cela veut dire que l'augmentation des acquis des individus en fonction du niveau d'études pourrait les éloigner d'un raisonnement perceptif vers d'autres types de raisonnements, **donc le mouillage ne s'installe pas totalement sur la perceptibilité.**

2^{ème} partie de cette question :

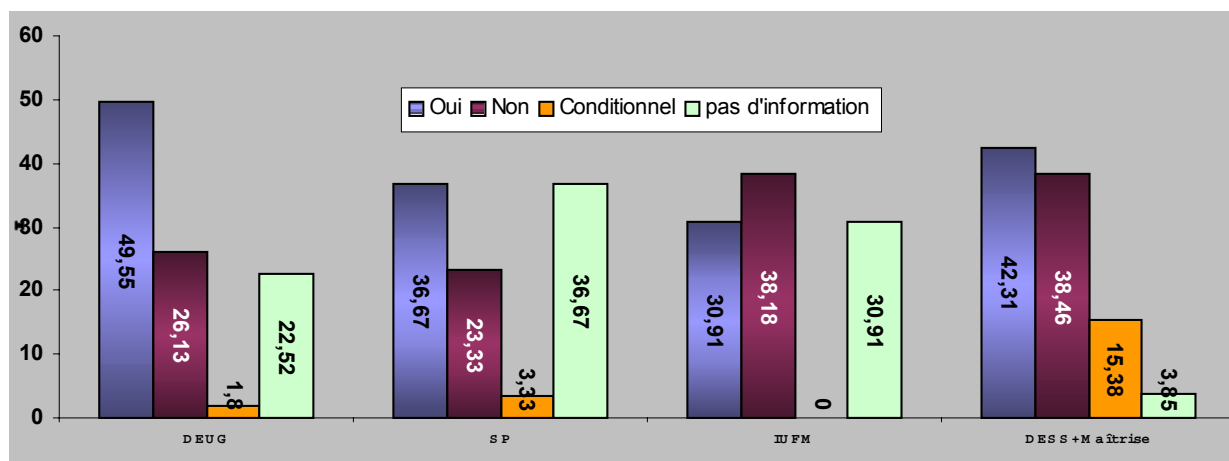
✚ Si on casse l'élément **Or**, à l'échelle de 100 nanomètres à peu près, la couleur reste-t-elle toujours la même ? Explicitez.

Par rapport aux jugements des scientifiques, la réponse à cette question est « **non** ». Car, à cette échelle, l'effet de la lumière (l'absorption, la réfraction, la réflexion) sur la matière n'est pas déterminant, de même que aux petites échelles, l'absorption et la réflexion, ainsi que la réfraction de la lumière sont totalement différentes d'un niveau à l'autre.

Tableau 5.17 : Les étudiants et stagiaires en France :

types de représentation	groupes							
	DEUG		SP		IUFM		DESS+Maîtrise	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Oui	55	49,55	11	36,67	17	30,91	11	42,31
Non	29	26,13	7	23,33	21	38,18	10	38,46
Conditionnel	2	1,80	1	3,33	0	0,00	4	15,38
Pas d'information	25	22,52	11	36,67	17	30,91	1	3,85
Total	111	100,00	30	100,00	55	100,00	26	100,00

Figure 5.19:



Ci-dessous, quelques exemples à partir des représentations des étudiants.

Pour ceux qui disent « OUI » :

DEUG

« Oui, il faudrait avoir de trop petits yeux » ;

« Oui, l'élément or absorbe les mêmes longueurs d'ondes mais ce n'est pas observable » ;

« Oui, on ne le voit pas à l'œil nu, mais si on utilise un instrument adapté, on verra toujours la même couleur à cause de la longueur d'onde » ;

« Oui, peu importe la taille, la couleur est toujours la même » ;

« Oui, car les propriétés ne changent pas » ;

« Le spectre d'absorption reste le même parce que la quantité d'or avec laquelle on fait l'expérience » ;

« Les atomes d'or auront tjs les mêmes propriétés physico-chimiques » ;

« Car, l'atome d'or est $<100\text{nm}$ » ;

« Oui, on ne le voit plus avec l'œil nu » ...

LICENCE DES SCIENCES PHYSIQUES

« Oui, parce que ce sont les atomes qui donnent les couleurs » ;

« Oui, la couleur est la même, c'est notre perception sensorielle qui nous empêche de la voir » ;

« Oui, elle ne dépend pas de la taille de l'élément » ;

« Car, la structure est la même » ;

« Oui, les mêmes couleurs, les longueurs d'ondes seront tjs les mêmes »...

IUFM

« Oui, la perception visuelle est limitée » ;

« Oui, car les propriétés ne changent pas ;

« Oui, il y a plusieurs atomes, cette couleur est tjs liée aux transitions électroniques, la couleur restera la même » ;

« Oui, on ne la verra pas pareil » ;

« Oui, il existe toujours tjs des liaisons métalliques à cette échelle, alors la couleur ne change pas »....

DESS+MAITRISE

« Oui, naturellement » ;

« Car, la couleur dépend de la composition de la matière » ;

« A cette échelle d'un atome, la longueur d'onde de la lumière diffusée est la même » ;

« oui, la couleur sera plus ou moins la même »...

pour ceux qui disent «NON» :

DEUG

« Non, l'œil voit les couleurs, ne voit pas à l'échelle du nanomètre ! Le microscope, lui, c'est une autre histoire » ;
« Non, la quantité est petite » ;
« Non, l'absorption est différente, la couleur est différente » ;
« Il n'y a pas d'absorption à cette échelle » ;
« Non, ils n'ont plus les mêmes propriétés » ;
« Car, pour moi, la surface n'est pas la même, l'absorption qu'on a de la couleur n'est pas la même » ;
« Car, il n'y a pas d'assez de molécules pour refléter des photons de la même longueur d'onde et donc faire de la couleur » ;
« Car, à l'œil nu, il n'est pas possible de discerner la couleur des objets micro »...

LICENCE DES SCIENCES PHYSIQUES

« Non, à l'œil nu, probablement pas » ;
« Non, la couleur ne change que s'il y a un mélange avec un autre élément » ;
« Non, la couleur d'or, est la perception que nous avons de l'or, une goutte d'eau n'est pas bleue »

IUFM

« Non, invisible à l'œil humain » ;
« Non, 100nm ne sont pas visibles à l'œil nu, la couleur est une propriété macroscopique, c'est un concept macro » ;
« Non, pas d'absorption de la lumière à cette échelle » ;
« Non, l'espèce chimique a une couleur, non l'élément chimique » ;
« La couleur est un phénomène macro » ;
« non, parce qu'ils n'ont pas les mêmes propriétés vis-à-vis de la lumière »...

DESS+MAITRISE

« Non, car l'œil humain, ne peut pas le voir » ;
« Pour une puce oui, mais pour l'or nous ne voyons rien » ;
« Non, car la couleur est une propriété macroscopique » ;
« non, le rayonnement est très faible »...

Conditionnel

DEUG :

« Peut-être, je ne sais pas à partir de la quelle échelle, le corps ont des couleurs, mais à partir d'une certaine densité du photon font apparaître des couleurs » ;

SF :

« Il y a deux possibilités, 100>taille d'un atome oui, 100nm <la taille d'un atome non, car fission nucléaire – changement d'atome - changement de la couleur ».

IUFM :

« la couleur correspond aux changements de niveau d'énergie d'électron, si l'élément Or est cassé, l'électron n'est plus là »

DESS+MAITRISE :

« Si on brise une glace en petit bout, on obtient une poudre, les propriétés changent ».

Résultats :

A la suite de la présentation de l'analyse de cette partie de la question, nous arrivons aux résultats suivants :

La réponse correcte « non », a une tendance à croître en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants.

Si « la propriété » ;	« la quantité » ;	« la perception sensorielle »
ne change pas ;	est suffisante ;	est fonctionnelle dans cette échelle

La réponse est « oui », sinon « non ».

Cependant, la réponse qui ne porte aucune information varie de 3,85% à 36,87% et est assez élevée, Cela veut dire que donner une réponse à cette question pose un problème pour la plupart des étudiants, tant au niveau conceptuel qu'au niveau perceptif, et surtout au niveau expérimental. Ils n'ont pas assez de connaissances et d'expérience au niveau microscopique.

Nous pouvons le montrer par les exemples suivants :

« *Aucune idée, jamais fait l'expérience* », un étudiant en DEUG :

« *Les propriétés macroscopiques ne s'appliquent pas à l'échelle microscopique* », un stagiaire de l'IUFM.

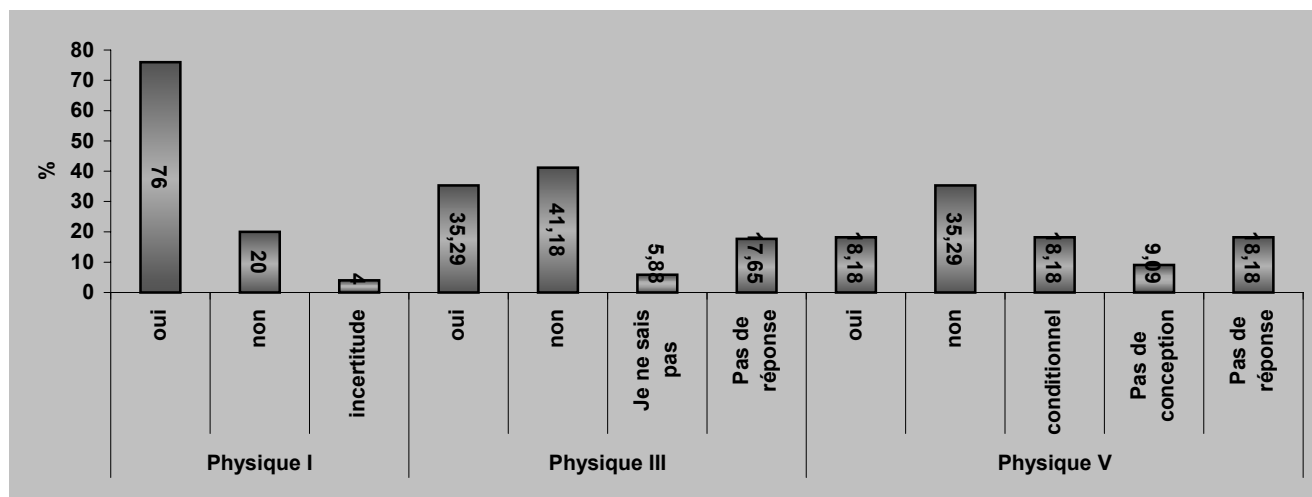
LES ETUDIANTS EN TURQUIE :

Les futurs professeurs de physique ;

Groupes	types de représentation	n	%	exemples
Physique I	oui	19	76	« Oui, il y aura peu de changement » ; « Oui, la couleur ne dépend pas de la taille » ; « oui, mais il est difficile de la percevoir surtout à l'œil nu »...
	non	5	20	« Non, par exemple, l'or en poudre a une couleur de la terre » ; « Non, même si l'atome et ses propriétés chimiques ne changent pas »..
	incertitude	1	4	-
Physique III	oui	6	35,29	« Oui, mais, on ne peut pas la percevoir; à cause de la quantité; à cause de la limite de notre perception visuelle » ; « oui, les propriétés physiques changent mais les propriétés chimiques ne changent pas »...
	non	7	41,18	Pas d'argumentation
	Je ne sais pas	1	5,88	« je ne peux pas concevoir les propriétés de l'or à cette échelle »
	Pas de réponse	3	17,65	-
Physique V	oui	2	18,18	« Oui ,car, la totalité des parties fait l'ensemble » ; « Oui, seule l'échelle change, les propriétés sont les mêmes ».
	non	4	36,36	Pas d'argumentation
	conditionnel	2	18,18	« La couleur dépend de plusieurs conditions » ; « Car, si à cette échelle l'élément devient opaque, la couleur disparaît, c'est-à-dire la couleur ne porte aucune sens, elle dépend de la quantité ».
	Pas de conception	1	9,09	« je ne peux pas concevoir, si on utilise un microscope, je peux dire quelque chose ».
	Pas de réponse	2	18,18	-

Autres : « je ne sais pas ce qui se passera à cette échelle », un étudiant de physique III.

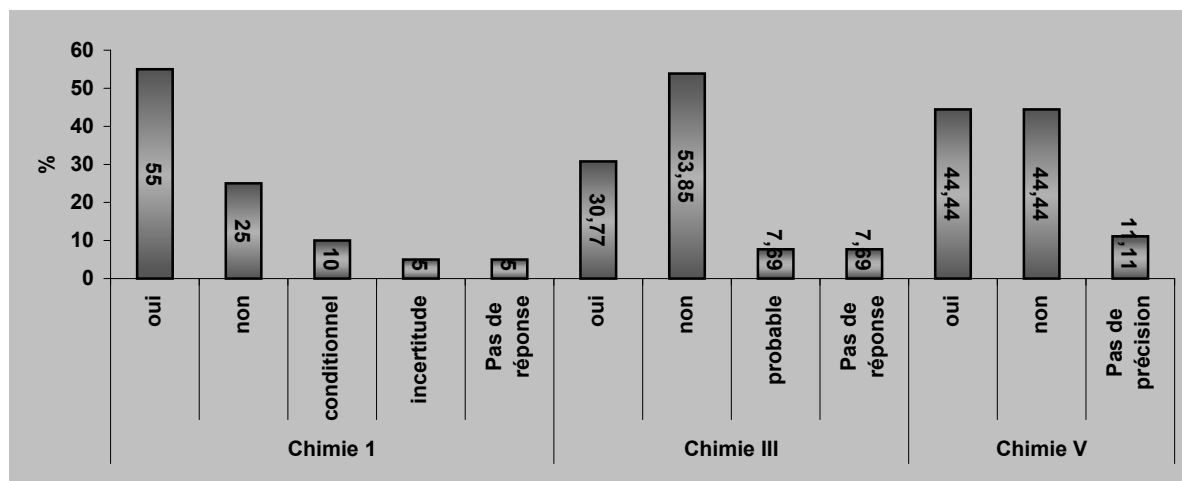
Figure 5.20 :



Les futurs professeurs de chimie :

Groupes	type de représentations	n	%	exemples
Chimie I	oui	11	55	« Oui, les propriétés chimiques ne changent pas » ; « Oui, on peut voir la couleur de l'or à cette échelle à l'aide des outils adaptés ».
	non	5	25	« Car, l'œil perçoit différemment, quand il s'agit d'un ensemble »
	conditionnel	2	10	« Ça dépend des propriétés chimiques et physiques ».
	incertitude	1	5	« On ne peut pas percevoir exactement cette couleur »
	Pas de réponse	1	5	-
Chimie III	oui	8	30,77	« Oui, c'est la même matière » ; « Oui, du fait que la construction chimique ne change pas, la propriété chimique ne change pas non plus » ; « Oui, car c'est la même construction »...
	non	14	53,85	« Non, mais ça change un peu » ; « La construction chimique ne change pas, mais la couleur change ».
	probable	2	7,69	« C'est possible mais je n'ai pas vu, la compréhension de ces passages nécessite des expériences »..
	Pas de réponse	2	7,69	-
Chimie V	oui	4	44,44	« Oui, la définition de la couleur est toujours la même, ne dépend pas de la taille ».
	non	4	44,44	« Non, car, la matière ne reflète pas la lumière à cette échelle ».
	Pas de précision	1	11,11	« C'est impossible de donner une réponse à cette question sans avoir recours à un processus d'expérience ».

Figure 5.21 :



Résultats :

A partir des tableaux et des graphiques ci-dessus, nous pouvons dire qu'il y a une tendance à la croissance de la réponse correcte en fonction des niveaux des étudiants, futurs professeurs de physique, ou de chimie, surtout entre chimie I et III et physique I et III. Vers les dernières années de la formation, nous n'avons pas constaté un changement considérable à concernant le taux de réponses correctes.

Pour ces étudiants, la couleur dépend de l'échelle dans laquelle on se trouve, de la propriété chimique et de la propriété physique de la matière, et enfin de notre perception. Si la réponse est « oui », c'est-à-dire qu'il n'y a pas de changement de la couleur **Or**, pour ce type de réponse, il y a un certain nombre d'argumentations, comme les suivantes : les propriétés physiques ou chimiques ne changent pas, la couleur est la même, mais nous n'arrivons pas à la percevoir à cause de la petite échelle. Si la réponse est « non » c'est le cas de la réponse correcte : les argumentations, les propriétés chimiques ou physiques changent par rapport à l'échelle ou pas d'argumentation.

Pour ces deux groupes, il n'y a pas de grande différence entre les propriétés chimiques et physiques, c'est pourquoi, si la réponse indique « oui », ils l'argumentent par « les propriétés chimiques ne changent pas à cette échelle ». Si la réponse est « non », ils argumentent que les propriétés chimiques changent. De même, pour les deux cas l'argumentation est valable pour les propriétés physiques. Donc ils n'arrivent pas à distinguer dans la plupart des cas, les propriétés chimiques des propriétés physiques.

Une autre réponse des étudiants en France, « je ne peux pas concevoir les propriétés de l'or à cette échelle. » Ils ont du mal à élaborer un raisonnement à cette échelle, car celle-ci est loin de notre perception habituelle et de nos activités expérimentales. Par exemple : « *c'est possible mais, je n'ai pas vu, la compréhension de ce passage nécessite des expériences* ».

Dernier point, un certain nombre d'étudiants propose une réponse sous certaines conditions, il me semble que c'est la meilleure façon de répondre à ce type de question. Ils disent que « la couleur dépend de plusieurs facteurs : de la constitution de la matière, de l'échelle dans laquelle on se trouve, de la limite de notre perception par exemple. »

3^{ème} partie de cette question :

✚ Nous pouvons multiplier ces deux derniers exemples. Ce qu'on vous demande c'est s'il y a pour vous un sens explicite des propriétés macroscopiques ramenées à l'échelle microscopique et nanoscopique. Explicitiez votre réponse.

LES ETUDIANTS EN FRANCE : DEUG

type de représentations	n	%	Exemples
Oui : <i>transposition par un raisonnement inductif</i>	17	15,32	« Oui, les propriétés sont facilement transposables même jusqu'à 10^9 m » ; « Oui, mais, ce n' est pas évident :les propriétés macro trouvent leur cause dans le monde micro » ; « Oui, on peut tjs ramener à l'échelle macro » ; « Oui, tant que les échelles sont bien définies on arrive tjs à faire un rapport avec l'échelle qui nous intéresse » ; « Oui, on peut tjs bien imaginer que tous les objets sont des assemblages de milliards d'atomes microscopiques » ; « Oui, ce qui se voit à l'échelle macro s'explique par des études à l'échelle micro » ...

Les types d'argumentation des étudiants sont centrés sur les types de raisonnements suivants :
Conditionnel, scientifique, causal et dialectique.

Non : <i>Pas de transposition : les lois sont différentes, les perceptions sont différents</i>	14	12,61	« Non, car les lois sont différentes à cette échelle » ; « Non, car celles-ci n'obéissent pas tjs aux mêmes lois, mais on peut tjs procéder par analogie, par imagination pour nous rendre les phénomènes plus concrets » ; « Non, il n'y a pas de sens explicite car les notions de mouillage et de couleur sont liées à notre perception du monde, or nous ne percevons pas ce qui est microscopique » ; « Non, c'est pour cela qu'on applique la physique quantique à cette échelle » ; « Les lois sont valables dans le macro, ne sont plus valables dans le micro » ; « Non, toutes les propriétés ne sont pas universelles, certaines particules se comportent d'une manière différente » ; « Non, car, ce n'est pas la même origine de grandeur »....
Indifférent : <i>transposition conditionnelle</i>	30	27,03	« Les concepts sont toujours abstraits, sont difficiles à expliquer en se ramenant à un sens explicite macro » ; « Impossible, je n'arrive pas à mélanger le monde micro et le monde macro » ; « C'est souvent à l'aide des propriétés micro qu'on explique, en chimie les phénomènes observés à l'échelle macroscopique » ; « Aucune comparaison possible à ces échelles différentes, les propriétés et les observables sont différentes » ; « C'est assez difficile de faire une transposition et pas facile à concevoir » ; « A l'échelle, des mesures comportent des incertitudes » ; « En général, ce qui est valable à une échelle ne l'est pas tjs à une autre » ; « le lien n'est pas toujours évident entre ces deux mondes » ; « cela dépend du moyen d'observation mis à disposition »....
Pas d'information	50	45,05	

LICENCE DE SCIENCE PHYSIQUES :

Oui : <i>transposition par l'induction</i>	7	23,33	« Oui, il faut de l'imagination » ; « Oui, bien sûr, les prop. macro sont les résultats des propriétés micro » ; « Oui, ce qui est vrai dans le macro l'est aussi dans la micro mais nous ne sommes pas équipés naturellement pour pouvoir faire l'analogie » ...
Non : <i>pas de transposition, car les deux niveaux sont différents</i>	2	6,67	« Non, pas systématiquement « tout est plus que la somme de ses parties » » ; « Non, pour moi, les mondes sont différents, celui du visible, du perceptible, du donné et celui du théorique et de l'invisible » ;
Indifférent : <i>transposition conditionnelle</i>	11	36,67	« Difficile à représenter » ; « je ne sais pas, même s'il doit y avoir des exceptions, peut-être l'effet macroscopique est-il la somme des propriétés microscopiques »
Pas d'information	10	33,33	-

Types d'argumentation : scientifique, inductif, perceptif,

IUFM

Oui : <i>transposition par l'induction ou une théorie adéquate</i>	3	5,45	« Oui, en utilisant, les théories adéquates » ; Oui, les propriétés macroscopiques peuvent être expliquées par des phénomènes micro » ; « Oui, mais, l'échelle de la molécule, en dessous, nos sens ne sont pas développés pour percevoir qqch.
Non : <i>pas de transposition</i>	6	10,91	« Non, les interactions sont d'un ordre différent » ; « Non, certains concepts sont représentés dans le monde macroscopique, et ne sont plus valables dans le monde microscopique » ; « non, les lois varient à l'échelle microscopique »...
Indifférent : <i>pas de transposition les propriétés ne sont pas transposables</i>	16	29,09	« on n'apprend pas toutes ces propriétés là » ; « c'est pas pareil » ; « effet microscopique pas forcément cumulatif » ; « les prop. macro sont liées à l'état micro, mais la couleur est purement macroscopique » ; « à l'échelle micro, les propriétés des choses sont individuelles, mais à l'échelle macro les propriétés sont celles de l'ensemble » ; « difficile de se représenter la microscopie à notre échelle » ; « les propriétés peuvent être différentes, cela dépend certainement des cas »...
Pas d'information	30	54,55	-

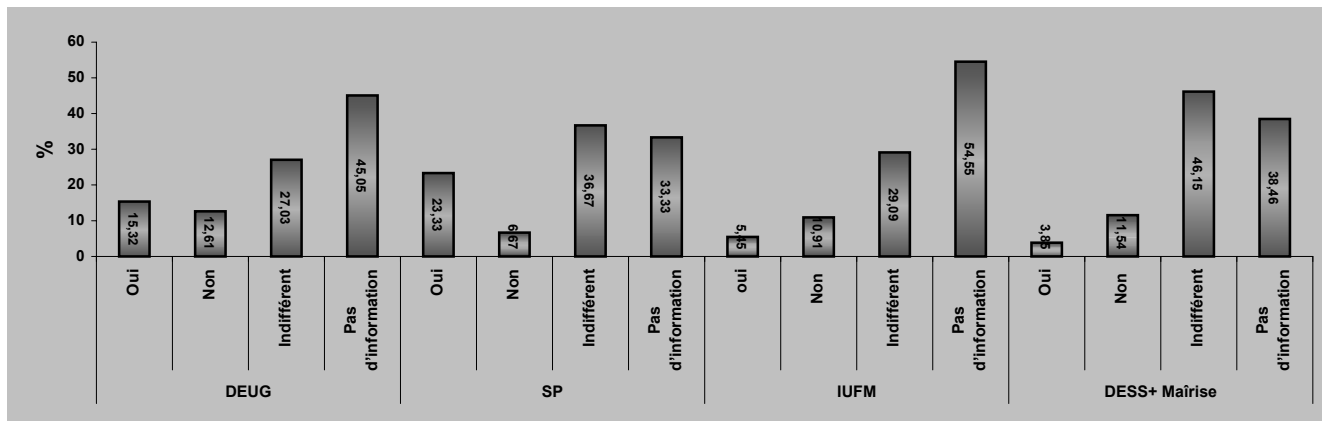
Type d'argumentation : scientifique, inductif, dialectique, causal

DESS+Maîtrise

Oui : <i>transposition par l'induction</i>	1	3,85	« C'est l'agencement et les prop. des atomes et molécules au niveau microscopique qui sont responsables des propriétés au niveau macroscopique ».
Non : <i>pas de transposition, car les deux mondes sont distingués.</i>	3	11,54	« Non, je ne sais pas pourquoi » ; « Non, on ne peut pas lier les prop. macro aux prop. macro » ; « non pas réellement, car la vision des choses est différente »...
Indifférent : <i>transposable sous certaines conditions</i>	12	46,15	« Les règles ou lois macro ne sont pas tjs applicables au niveau du nano (mécanique classique et quantique) ; « La thermodynamique s'applique aux prop. macro et pas tout à fait à l'échelle micro, il y a une différence entre les 2, mais on peut imaginer qu'on trouve des liaisons entre les deux mondes » ; « les propriétés d'un élément changent selon l'échelle » « pas vraiment, mais les propriétés de la matière ne changent pas »...
Pas d'information	10	38,46	-

Types d'argumentation : Scientifique, perceptive, expérimentale, causale..

Figure 5.22 :



Résultats :

Nous allons voir ci-dessous quelques résultats importants issus de notre analyse : nous pouvons les énumérer ainsi :

- A partir d'un moment les perceptions disparaissent, du même coup on perd la conception ;
- Au niveau des petites échelles, il y a un manque de connaissances, et d'expérience. Pour la plupart des étudiants, il est difficile de se représenter quelque chose à petite échelle, en deçà de l'échelle «micro » ;
- les propriétés macro sont la somme des propriétés micro, il me semble que c'est « un obstacle » ;
- les propriétés micro sont transitives au macro, mais pas l'inverse ;
- il n'y a pas de continuité entre les échelles microscopique et macroscopique ;
- on peut trouver des liens entre les deux mondes avec des théories adéquates ;
- certain concepts existent seulement en macro ;
- difficile d'accéder à l'échelle « micro » par notre sens
- les propriétés de la matière dépendent de l'échelle et du phénomène ;

LES ETUDIANTS EN TURQUIE :

Physique I

types de représentation	n	%	exemples
Oui : <i>transposition par l'induction</i>	7	36,84	« <i>Oui, ne pas voir ne veut pas dire que cela n'existe pas, comme le savoir d'intelligence</i> » ; « <i>Oui, car dans notre univers, toutes les choses sont faites de petites choses</i> » ; « <i>Les propriétés microscopiques se construisent à partir des propriétés macroscopiques</i> » ; « <i>Le micro et le macro sont en relation pour maintenir la totalité de l'univers</i> »....
non	0	0,00	-
Indifférent : <i>transposition conditionnelle</i>	5	26,32	« <i>On n'a pas fait l'expérience c'est pourquoi je peux répondre à cette question seulement avec des nombres</i> » ; « <i>Pour les sciences exactes, ce passage est très important, de ce fait les microscopes sont inventés</i> »..
Pas d'information	7	36,84	-

Physique III

Oui : <i>Trans. par l'induction</i>	8	47,06	« Oui, car, les deux mondes, l'un s'installe sur l'autre » « <i>Oui, certaines propriétés macroscopiques dépendent des propriétés microscopiques</i> » ; « <i>La nature est l'induction, les causes des phénomènes macroscopiques proviennent des résultats des phénomènes microscopiques</i> » ; « <i>Oui, le micro produit le macro</i> » ;
non	2	11,76	*« Pas de sens explicite, car l'ensemble des faits microscopiques fait les phénomènes macro », c'est pourquoi, ce qui est plus logique, c'est de chercher un sens aux propriétés micro dans le monde macro ».
Indifférent	0	0,00	« <i>Cela change en fonction des propriétés auxquelles on s'intéresse</i> »..
Pas d'information	7	41,18	-

*un raisonnement distinct par rapport aux autres étudiants

Physique V

oui	4	36,36	« <i>Oui, car le micro produit le macro</i> » ; « <i>Oui, les phénomènes sont en interaction entre les deux niveaux</i> » ;
Non : <i>la perception n'empêche la transposition</i>	5	45,45	« Non, plus on descend vers l'échelle plus petite, plus on perd le sens du macro » ; « <i>Non, si nous allons plus bas à l'échelle des particules, certaines propriétés disparaissent</i> » ; « <i>non, tant que nous allons de l'ensemble vers les particules, les propriétés commencent à différencier, c'est pourquoi, certaines propriétés disparaissent au bout d'un certain temps, ainsi les particules se comportent du mouvement libre les unes des autres</i> », comme la physique de statistique »...
Indifférent	0	0,00	-
Pas d'information	2	18,18	-

raisonnement dialectique, perceptif

Chimie I

oui	4	19,05	« Oui, la meilleure preuve est la chimie » ; « Oui, certaines propriétés changent mais il faut les expérimenter »..
non	3	14,29	« Non, on ne peut les percevoir à l'œil nu » ; « Non, car tous les concepts sont différents, je ne sais pas leur vrai sens ».
Indifférent	2	9,52	« je n'ai pas assez de connaissance pour répondre à ce type de question »
Pas d'information	12	57,14	-

* la chimie est une discipline passerelle pour l'intégration de ce monde.

Chimie III

Oui : transposition par l'induction	8	30,77	« Oui, l'existence du nombre d'Avogadro est une preuve » ; « Les parties ayant constitué l'ensemble ont un sens dans l'ensemble ».
Non : La perception empêche la transposition	3	11,54	« Non, car on ne peut pas voir à l'œil nu » ; « non, d'ailleurs la matière à petite échelle ou grande échelle est la même »
Indifférent	0	0,00	« Le monde macro montre le monde , le monde micro l'aise et le monde nano, la Turquie ».
Pas d'information	15	57,69	-

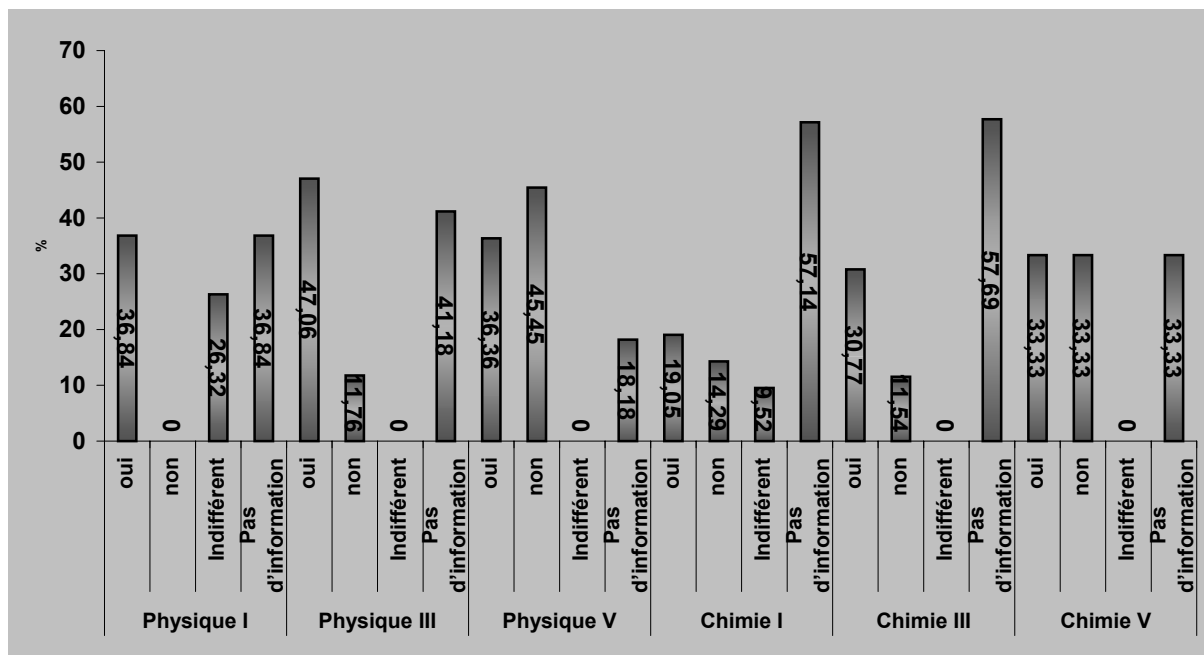
* l'importance du nombre d'Avogadro pour l'intégration du macro et du micro.

Chimie V

Oui : transposition par l'induction	3	33,33	« Oui, les expériences le prouvent » ; « Oui, les particules petites comportent un certain nombre de propriétés semblables avec les particules macroscopiques ».
non	3	33,33	« Non, les ensembles montrent des propriétés différentes de celles des parties. « Non, on ne peut pas faire geler une molécule d'eau à 0 C°.
Indifférent	-	0,00	-
Pas d'information	3	33,33	-

- un bon exemple

Figure 5.23 :



Résultats:

Il n'y a pas de changement considérable en ce qui concerne la répartition des résultats des réponses des étudiants en fonction de leur niveau :

S'il y a une transposition entre les échelles, les étudiants produisent un raisonnement par induction, ainsi les propriétés sont valables à tous les niveaux :

Si, il n'y a pas de transposition, la perception empêche la transposition ou les propriétés ne sont pas transposables. Par exemple : « *Non, plus on descend vers l'échelle plus petite, plus on perd le sens du macro* » ;

dans les autres cas, la transposition dépend d'un certain nombre de facteurs physiques et chimiques. Par ailleurs, les argumentations des étudiants en chimie sont plus précises, par exemple une des meilleures réponses :

« *Oui, la meilleure preuve est la chimie* » ;

« *Oui, l'existence du nombre d'Avogadro est une preuve* » ;

« *Oui, les expériences le prouvent* » .

5.1.3.5 Conclusion

Au total, nous pouvons récapituler les résultats de la manière suivante :

pour la 1^{ère} partie de cette question :

le mouillage dépend de « la quantité » de l'eau, de « l'échelle » dans laquelle l'objet se trouve, « du volume », de « la taille de l'objet qu'on veut mouiller » ...

Si ces facteurs sont suffisants, la réponse est « oui »,

Si cela ne dépend pas de ces facteurs, la réponse est « non » :

S'il y a un questionnement, la réponse est plutôt conditionnelle, si c'est...

Pour la 2^{ème} partie de cette question :

Si, la propriété de la matière ne change pas ;
l'effet de la lumière ne change pas ;
la quantité de la matière est élevée ;
s'il n'y a aucune perception sensorielle à partir des objets ou de leurs qualités ;
si la limite de l'expérience recouvre cette échelle ;
la réponse est « oui », sinon « non » ou pas de conception.

Les autres réponses dépendent d'avantage des autres conditions, mais ne comportent aucun jugement.

Enfin, pour la 3^{ième} partie de cette question :

S'il y a une transposition entre les deux niveaux, à savoir la réponse « oui », il s'ensuit une argumentation par induction ou par des résultats d'expériences.

Si non, pas de transposition entre les échelles, les argumentations sont les suivantes : les propriétés de la matière sont différentes à toutes les échelles, ou encore la limite de la perception visuelle empêche la transposition.

Si la réponse est suivie par une condition, les argumentations :

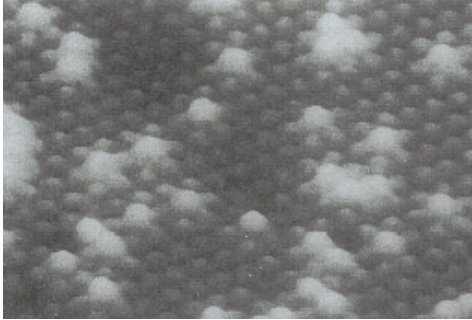
parmi plusieurs niveaux, nous devons avoir des connaissances sur les propriétés de la matière, ensuite nous devons faire des expériences pour arriver à un bon fonctionnement mental.

En conclusion et à la lumière des représentations des étudiants, nous pouvons mettre en évidence une fois de plus l'importance des constats ci-dessous :

- * « les propriétés des parties construisent les propriétés des ensembles », ce constat est très important, car le passage entre le monde micro et le monde macro rend utile ce type de raisonnement »,
- * « la perception sensorielle, surtout au niveau de l'œil, l'observation, l'expérience produisent un changement directement sur le mode de raisonnement des individus »,
- * « les propriétés chimiques et physiques sont une base pour la plupart des étudiants »,
- * « la limite du monde macroscopique et microscopique est déterminée par la vue et la perception ».
- * « **La chimie et ses expériences est une discipline clé au cours d'un passage du monde micro au monde macro ou vice versa.** »

5.1.4 Voir autrement

4.1.4.1 Présentation de la question et des participants

Question 4	voir autrement		Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	 <ul style="list-style-type: none"> ✚ Que voyez-vous sur cette photo ? ✚ Si vous n'avez pas d'idée précise, à quoi vous fait penser cette photo ? ✚ Avez-vous déjà vu une photo analogue ? Dans quel contexte ? ✚ Si vous n'en avez jamais vu, quelle est l'origine de votre réponse à la question 1 ou à la question 2 ? ✚ Avez-vous une idée de la vraie dimension de l'objet photographié ? 		Tous les étudiants et stagiaires en France

5.1.4.2. Objectifs

Voir autrement	a	Atomes/ molécules	Faire le rapport entre le perçu et le conçu
	b	Atomes/ molécules	Faire rassembler qqch.
	c	Atomes/ molécules	Faire l'analogie/imaginer
	d	Atomes/ molécules	argumenter
	e	Atomes/ molécules	Raisonnement transitif

L'objectif de cette question est, d'une part d'articuler ce que nous voyons avec ce que nous avons acquis ou de faire une relation entre le perçu et le conçu dans le cadre d'un raisonnement approprié à une démarche scientifique, d'autre part coté de reconnaître un objet à partir d'une image. Ces actes nécessitent de prendre en compte plusieurs facteurs, tant au niveau perceptif qu'au niveau mental. Ces deux niveaux nécessitent aussi de connaître un certain nombre de variables à propos de l'objet auquel nous nous intéressons et des activités mentales au cours du processus de perception.

5.1.4.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question

L'évaluation de cette question à plusieurs étapes nécessite l'application d'un certain nombre de grilles d'évaluations en vue d'énumérer les représentations des étudiants.

Pour la première et la deuxième questions, nous avons précisé deux tendances à partir de cette photo : cette photo est, d'une part liée à un objet à grande échelle, comme macroscopique (nuage, une ruche d'abeille, une structure macro ou surface, des cercles....) ou liée à un objet à petite échelle, comme microscopique, nanoscopique, mésoscopique... nous allons les énumérer sous les catégories suivantes :

- 1 : atomes agrandis par un moyen ;*
- 2 : molécules ou groupe de molécules ou macromolécules agrandies par un moyen ;*
- 3 : structure d'un être microscopique ou d'une cellule ;*
- 4 : un agrandissement d'une structure de la matière ;*
- 5 : surface d'un matériau ;*
- 6 : autres (sans contextes/imprécis/ modèles moléculaires....)*

Pour la troisième question :

- 1 : enseignement/cours/activités scientifiques***
- 2 : médias/musées/conférences/visites scientifiques***
- 3 : observation et expérience***
- 4 : livres scolaires/revues scientifiques/magazines scientifiques***
- 5 : autres***

pour la quatrième question :

- 0 : pas d'information ;*
- 1 : représentation/capacité intellectuelle/idée... ;*
- 2 : imagination/supposition/intuition... ;*
- 3 : études scolaires/manuels scolaires et les ouvrages pour l'enseignement/ connaissance acquises... ;*
- 4 : observation/perception/démonstration/vécus extra-scolaires.. ;*
- 5 : modélisation ;*
- 6 : analogie/ressemblance ;*

pour la dernière question :

- 0 : pas d'information*
- 1 : macro ;*
- 2 : vraie dimension ;*
- 3 : micro/minuscule/très petit/invisible à l'œil nu...ou \leq ...*
- 4 : A° ou \leq*
- 5 : nanomètre ou \leq*
- 6 : autres (picomètre ou \leq , difficile à concevoir...)*

Suite à la construction de ces grilles, nous allons présenter la répartition du contenu des représentations des étudiants liés à leurs perceptions à partir d'une image.

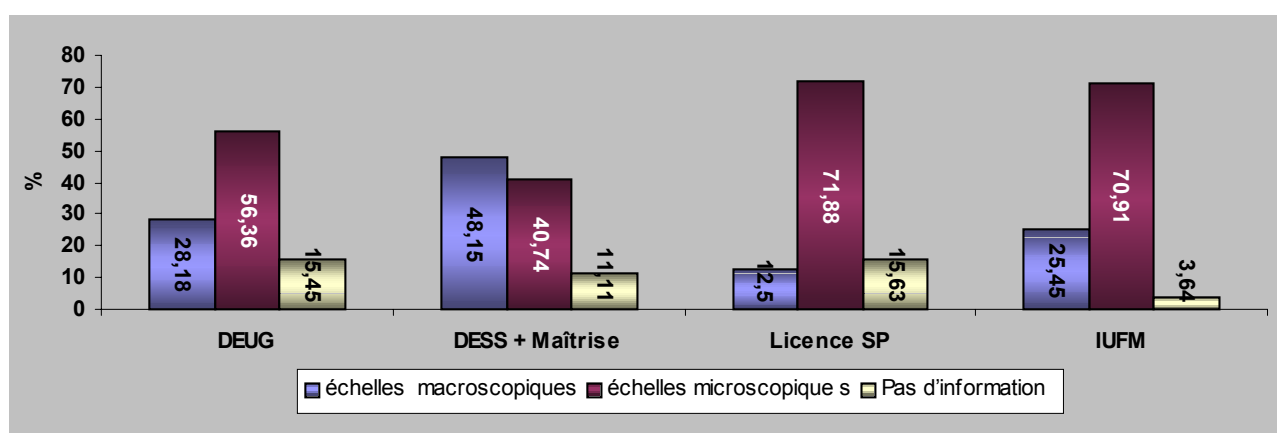
5.1.4.4 Présentations des résultats :

pour la première question :

Tableau 5.18 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	Répartition des réponses					
				échelles macroscopiques		échelles microscopiques		Pas d'information	
				n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	110	31	28,18	62	56,36	17	15,45
	DESS + Maîtrise	26	27	13	48,15	11	40,74	3	11,11
	Licence SP	30	32	4	12,50	23	71,88	5	15,63
	IUFM	55	55	14	25,45	39	70,91	2	3,64

Figure 5.24:



Quelques exemples à partir de ceux qui donnent une réponse à cette question que « cet objet appartient à l'échelles macroscopiques » :

pour le DEUG :

des billes, une ruche d'abeille, un papillon, un rayon de miel, une peau de serpent, le phénomène d'ébullition, des objets ronds, des montagnes, un vieux tricot, nuages, des sphères, du relief...

pour la DESS+ Maîtrise

une poule, des sphères, des billes avec de la mousse, des framboises et du sucre, nuages, des tapis de mousse ondulée, une surface ondulée...

pour la licence de Sciences Physiques :

Nuage, une ruche d'abeilles, une structure macro, surface.

pour les Stagiaires de l'IUFM

Nuages, maquette, une surface granulée, des ruches, des formes sphériques, des dunes, des boules, mais....

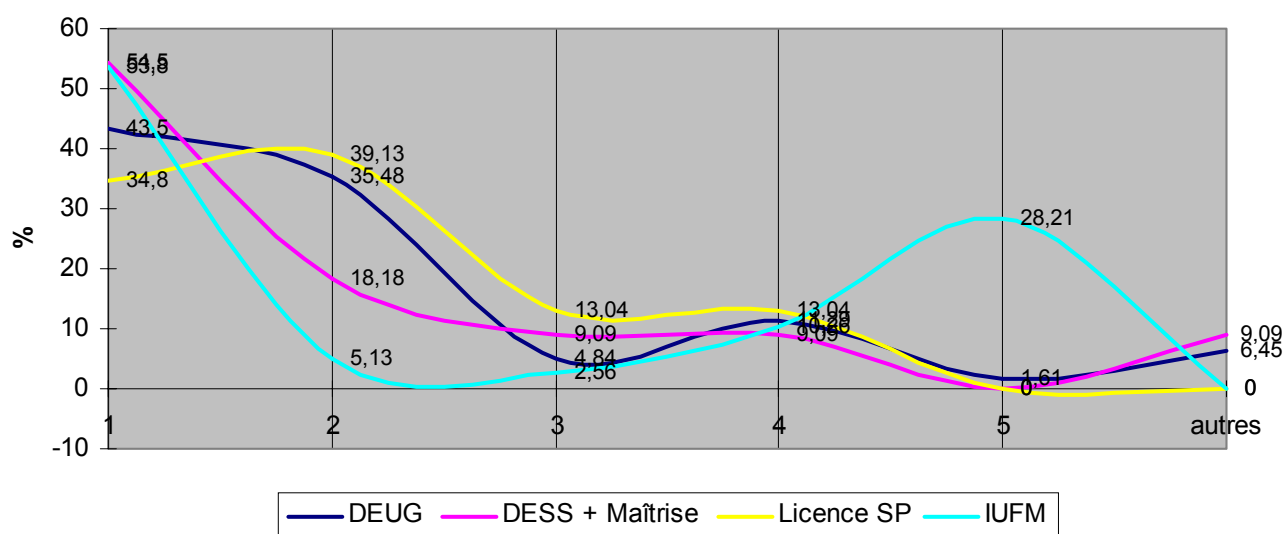
A partir des résultats ci-dessus, nous avons constaté qu'entre les étudiants en DEUG et de Licence des sciences physiques, les taux des raisonnements à propos des objets microscopiques ont tendance à croître. Pour la réponse que « cet objet appartient à l'échelle microscopique », les étudiants ont commencé à observer plutôt des objets microscopiques. Nous pouvons dire qu'il y a un décalage de la perception du sens commun vers une perception liée aux acquis scientifiques ou les acquis perceptives sur les objets minuscules ont tendance à augmenter. A la suite de ces

résultats, nous allons montrer la répartition des représentations appartenant aux échelles microscopiques.

Tableau 5.19 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations pour l'échelle microscopique											
				1		2		3		4		5		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
France	DEUG	110	62	27	43,5	22	35,48	3	4,84	7	11,29	1	1,61	4	6,45
	DESS + Maîtrise	26	11	6	54,5	2	18,18	1	9,09	1	9,09	0	0,00	1	9,09
	Licence SP	30	23	8	34,8	9	39,13	3	13,04	3	13,04	0	0,00	0	0,00
	IUFM	55	39	21	53,8	2	5,13	1	2,56	4	10,26	11	28,21	0	0,00

Figure 5.25:



Résultats:

A partir du tableau et du graphique qui le suit, nous avons constaté que les tendances des étudiants pour cette question sont centrées sur 1 et 2, ainsi que « atomes agrandis par un moyen ou molécules ou groupes de molécules ou macromolécules »... Les tendances des groupes sont à peu près identiques sauf pour les stagiaires de l'IUFM, mais leurs pourcentages sont plus ou moins différents. Quant aux stagiaires, ils ont déjà vu ce type de photo ou quelque chose de proche, car cette photo représente bien la surface d'un matériau à l'échelle atomique.

Pour la deuxième question :

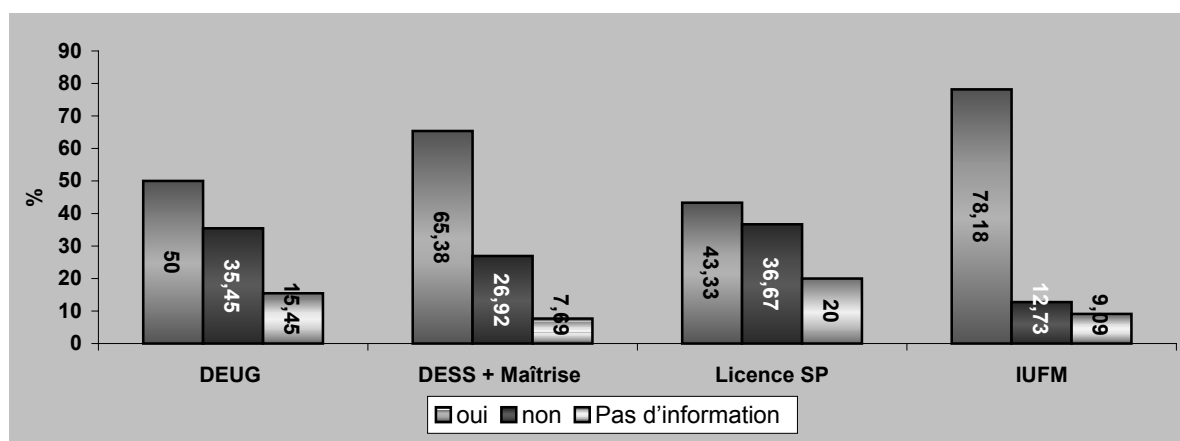
Cette question est une autre version de la première, mais les étudiants ont donné une réponse presque juste à la première étape à cette question. C'est pourquoi la deuxième question n'est pas très intéressante pour avoir une idée d'une manière plus détaillée.

Pour la troisième question :

Tableau 5.20 :

PAYS	Niveaux des étudiants	nombre d'élèves	Répartition des réponses					
			oui		non		Pas d'information	
			n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	55	50,00	39	35,45	17	15,45
	DESS + Maîtrise	26	17	65,38	7	26,92	2	7,69
	Licence SP	30	13	43,33	11	36,67	6	20,00
	IUFM	55	43	78,18	7	12,73	5	9,09

Figure 5.26 :

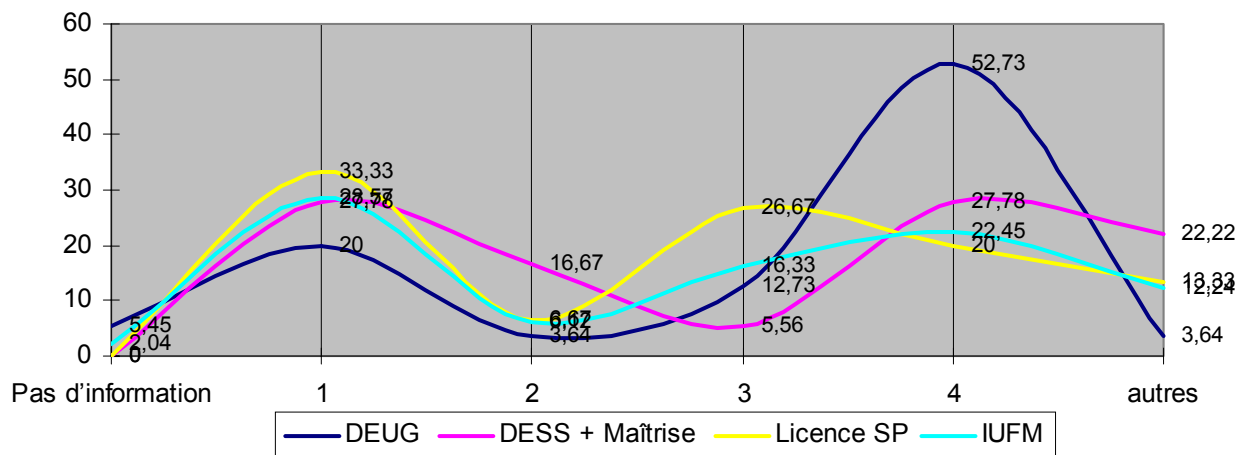


Sauf pour les étudiants de licence des sciences physiques, les représentations des étudiants ont tendance à augmenter pour la réponse : « on a déjà vu une photo similaire ou quelque chose qui lui correspond ». Nous observons que plus le niveau est élevé, plus la reconnaissance des étudiants a augmenté, ceci montre aussi que la limite de notre perception se déplace en fonction de l'augmentation de nos acquis.

Tableau 5.21 :

Pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations pour l'échelle microscopique											
				Pas d'information		1		2		3		4		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
France	DEUG	110	55	3	5,45	11	20,00	2	3,64	7	12,73	29	52,73	2	3,64
	DESS + Maîtrise	26	18	0	0,00	5	27,78	3	16,67	1	5,56	5	27,78	4	22,22
	Licence SP	30	15	0	0,00	5	33,33	1	6,67	4	26,67	3	20,00	2	13,33
	IUFM	55	49	1	2,04	14	28,57	3	6,12	8	16,33	11	22,45	6	12,24

Figure 5.27 :



Résultats:

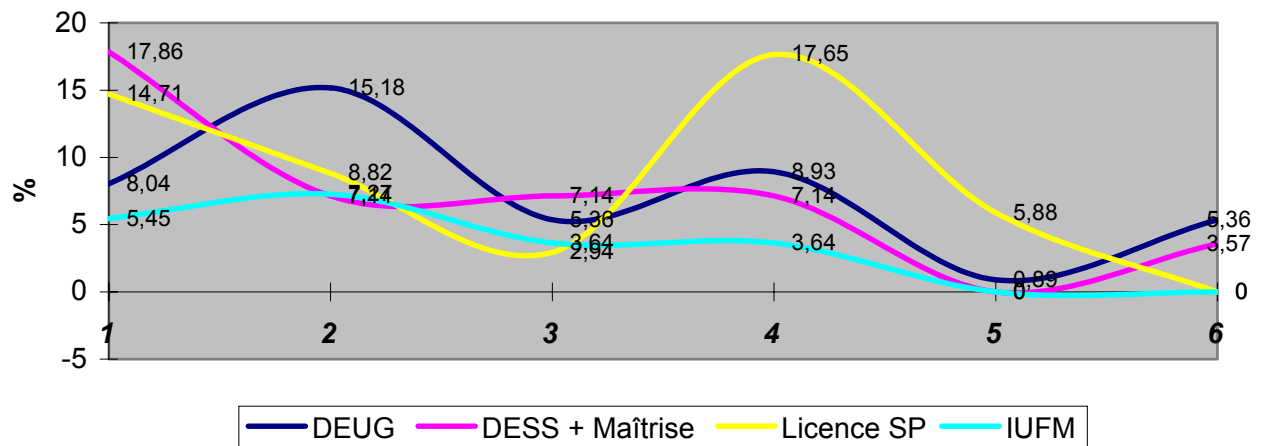
A partir du tableau et du graphique qui le suit, nous pouvons observer que les étudiants sont centrés sur les tendances, 1,3 et 4 mais aussi que les origines de notre représentation sont « 1 :enseignement actuel/cours/activités scientifiques ; 2 : livres scolaires, les revues scientifiques, manuels scientifiques...3 :observation et l'expérience »...nous pouvons dire que la source principale des représentations des étudiants s'appuie fortement sur les activités scientifiques et scolaires.

Pour la quatrième question :

Tableau 5.22 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations													
				0		1		2		3		4		5		6	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
France	DEUG	110	112	63	55,36	9	8,04	17	15,18	6	5,36	10	8,93	1	0,89	6	5,36
	DESS + Maîtrise	26	28	16	57,14	5	17,86	2	7,14	2	7,14	2	7,14	0	0,00	1	3,57
	Licence SP	30	34	17	50,00	5	14,71	3	8,82	1	2,94	6	17,65	2	5,88	0	0,00
	IUFM	55	55	44	80,00	3	5,45	4	7,27	2	3,64	2	3,64	0	0,00	0	0,00

Figure 5.28 :



Résultats :

Cette fois, s'ils n'ont pas vu une photo semblable auparavant, comment ont-ils répondu à cette question ? Cette activité nécessite plus d'interventions d'activités mentales

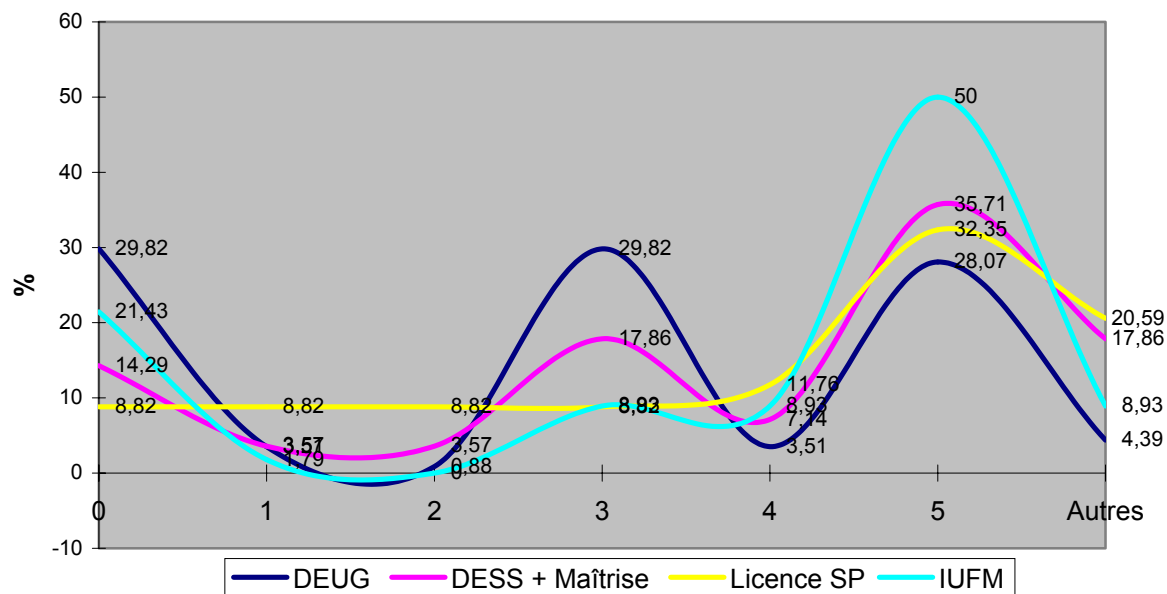
A partir du tableau et des graphiques qui le suivent, nous pouvons observer que plus les étudiants ont vu une photo semblable auparavant, moins ils répondent à cette question. Si on ne compte pas les taux des réponses « **pas d'information** », les tendances des étudiants et les stagiaires sont centrés sur **1, 2, et 4** ainsi que « **1 : représentation/capacité intellectuelle/idée** », « **2 : imagination /supposition/ intuition** », et **4 : observation/perception/démonstration/vécu extra scolaire** » Nous pouvons enfin dire que les tendances sont plus ou moins identiques, mais les taux de répartitions ne sont pas comparables les unes aux autres. Surtout quand il s'agit d'activités cognitives, il y a moins de consensus entre les groupes. Il me semble que cela provient, d'une part de la complexité de ces activités et d'autre part, du fait que nous ne les connaissons pas beaucoup.

Pour la cinquième question :

Tableau 5.23 :

Pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations													
				0		1		2		3		4		5		Autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
France	DEUG	110	114	34	29,82	4	3,51	1	0,88	34	29,82	4	3,51	32	28,07	5	4,39
	DESS + Maîtrise	26	28	4	14,29	1	3,57	1	3,57	5	17,86	2	7,14	10	35,71	5	17,86
	Licence SP	30	34	3	8,82	3	8,82	3	8,82	3	8,82	4	11,76	11	32,35	7	20,59
	IUFM	55	56	12	21,43	1	1,79	0	0,00	5	8,93	5	8,93	28	50,00	5	8,93

Figure 5.29 :



Résultats :

La dernière étape de cette question est de reconnaître l'échelle de cette photo à partir des informations données. Nous avons constaté que les étudiants sont centrés sur l'échelle « **5 : nanomètre (5)** » et « **3 : microscopique/minuscule/très petit/invisible à l'œil nu** ». Ces tendances sont identiques pour tous les groupes, mais leurs pourcentages sont plus ou moins différents. Même si cette photo a été présentée visuellement dans cette question, la plupart des étudiants se sont rendu compte que celle-ci appartient réellement aux échelles plus petites. Du fait que la majorité a donné une réponse à cette question et que « *cette photo peut être atomes ou molécules* », leurs argumentations en ce qui concerne des échelles des atomes ou les molécules correspondent pratiquement à leurs raisonnements.

Pour les exemples (cf. annexe 5.1).

5.1.4.5 Conclusion

Poser des questions à plusieurs dimensions à partir du même objet ou phénomène produit aussi des informations sur plusieurs dimensions à propos de l'objet auquel nous nous intéressons et à propos des sujets en question. Car, chaque interrogation déclenche une autre activité, tant au niveau perceptif qu'au niveau cognitif.


La photo que nous avons présentée pour cette question ne comportait pas beaucoup d'informations, c'est la raison pour laquelle toutes les réponses étaient bienvenues. Mais nous avons aussi vu qu'un certain nombre d'étudiants et stagiaires d'IUFM défendent qu'il est « difficile d'imaginer et de concevoir sans avoir davantage d'informations. » Il me semble qu'ils ont totalement raison. Car reconnaître un objet nécessite absolument un enchaînement entre le perçu et le conçu. Faire une relation entre le perçu et le conçu nous oblige à avoir un certain nombre de références à propos de l'objet. Par exemple : l'échelle réelle de l'objet, l'échelle dans laquelle nous nous trouvons, par

quel moyen nous avons transporté l'objet à notre échelle. Il s'agit plutôt de l'appareil que nous avons utilisé en vue d'avoir des informations à partir de l'objet, ensuite combien de fois, à été agrandi et réduit l'objet, est-ce que cette photo montre quelque chose de visuel et de visualisé (à partir des effets de l'objet)

Or, nous avons vu que « l'enseignement scientifique », « les documents scientifiques et scolaires » et « l'observation et l'expérience » sont toujours les ressources principales pour la construction des connaissances scientifiques chez les individus.

5.1.5 Une image

5.1.5.1 Présentation de la question et des participants

Question 5	une image	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	 <p> + + </p> <p> + + </p> <p>Que voyez –vous sur cette photo ? Quelque chose sur cette photo vous fait-t-il penser à un (ou des) concept(s) physique(s) ? Lequel (lesquels) ? Pourquoi ?</p>	A et B

5.1.5.2 Objectifs :

Une image	a	Image	Faire le lien entre le perçu et le réel
	b	Concepts physiques	Raisonnement transitif

L'objectif de cette question est, d'une part de faire un lien entre ce que nous voyons sur ce cliché et ce que nous ne pouvons pas voir, d'autre part de faire un raisonnement transitif entre les phénomènes connus et les théories et concepts adéquats à ces théories.

Or, l'origine de cette question est basée sur la réflexion de la physique au monde macro. Mais comme nous allons le voir, les représentations des étudiants nous ait emmené vers un tout autre horizon, à savoir à quelle distance l'un de l'autre sont le perçu, le conçu et le réel ?

5.1.5.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question

L'outil d'évaluation de cette question sera un classement de représentations d'étudiants de tous les niveaux avec des exemples et explications, comme dans le cas de l'énergie : détermination du contenu des représentations des étudiants, après la présentation des répartitions de ce contenu. Mais évidemment pour chaque question, nous avons un certain nombre d'adaptations selon les variations

du questionnement. Les individus, sur quel type de réponses sont-ils centrés et comment les argumentent-ils ?

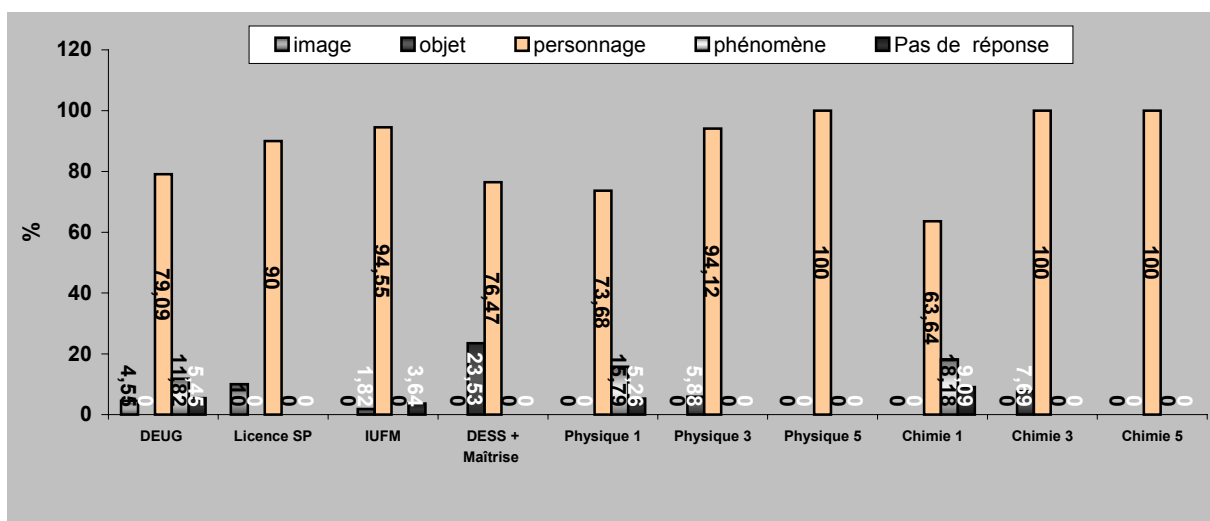
5.1.5.4. Répartition des représentations des étudiants, exemples

1^{ère} partie de cette question :

Tableau 5.24 : La répartition des réponses des étudiants de tous les niveaux :

pays	Niveaux des étudiants	nombre d'élèves	entité	contenu conceptuel									
				image		objet		personnage		phénomène		Pas de réponse	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
France	DEUG	110	110	5	4,55	0	0,00	87	79,09	13	11,82	6	5,45
	Licence SP	30	30	3	10,00	0	0,00	27	90,00	0	0,00	0	0,00
	IUFM	55	55	0	0,00	1	1,82	52	94,55	0	0,00	2	3,64
	DESS + Maîtrise	26	34	0	0,00	8	23,53	26	76,47	0	0,00	0	0,00
Turquie	Physique 1	19	19	0	0,00	0	0,00	14	73,68	3	15,79	1	5,26
	Physique 3	17	17	0	0,00	1	5,88	16	94,12	0	0,00	0	0,00
	Physique 5	11	11	0	0,00	0	0,00	11	100,00	0	0,00	0	0,00
	Chimie 1	22	22	0	0,00	0	0,00	14	63,64	4	18,18	2	9,09
	Chimie 3	26	26	0	0,00	2	7,69	26	100,00	0	0,00	0	0,00
	Chimie 5	9	9	0	0,00	0	0,00	9	100,00	0	0,00	0	0,00

Figure 5.30:



A partir de cette partie de la question, nous avons constaté que les étudiants à tous les niveaux sont quasiment centrés sur les personnages (de 63,64% à 100%) qui se trouvent dans l'image. Il y en a peu d'entre eux qui se sont intéressés à l'image (de 0 à 10%), à l'objet dans l'image (0 à 23,53%), au phénomène (de 0 à 18,18%) et enfin les réponses : aucune information (de 0 à 9,09%).

Exemples : les réponses des étudiants en DEUG

Du monde en train de se régaler en lançant n'importe quoi.
 Des hommes joyeux, des feuilles qui tombent du ciel.
 Des personnes qui fêtent quelque chose
 Une foule qui lance des billets
 Des gens
 Des gens

Des gens qui participent à une fête
 Des personnes en état d'allégresse
 La fête...

Au cours de la construction de cette question, nous nous étions intéressé à la netteté de l'image, car au cours de la prise de photo, il y avait un dysfonctionnement. Les personnes et les objets étaient en plein mouvement. Pouvait-on montrer les mouvements des objets et des personnages sur la photo en prenant une photo nette ? La réponse est « non », car les deux qualités provenant du même objet n'apparaissent pas avec les mêmes précisions dans un temps limité. Par exemple, dans cette photo, nous avons montré que les personnes et les objets sont en mouvement, mais, nous avons perdu la netteté de l'image, scientifiquement, l'emplacement exact des objets dans l'espace et dans le temps.

La première partie de notre question va nous diriger vers d'autres questionnements. La plupart des individus n'ont pas pu percevoir la netteté, du fait que **l'origine du questionnement s'installe sur cette apparence.**

A présent, nous allons passer à la deuxième étape de notre question, comment les individus ont-ils répondu à cette partie de la question, après la première perception sur les personnages ?

2^{ème} partie de cette question :

Dans la deuxième étape de cette question, il s'agit de faire un lien entre ce que nous percevons et notre connaissance des concepts physiques ainsi que leur place dans un phénomène connu ou inconnu. Nous allons voir d'après le tableau ci-dessous la répartition du contenu perceptif des étudiants, ensuite nous allons les représenter à l'aide d'un graphique. Enfin nous allons interpréter ces résultats en donnant des exemples pour chaque population.

Tableau 5.25 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	Contenu perceptif													
				0		A		B		C		D		E		F	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	121	43	35,54	36	29,75	1	0,83	3	2,48	12	9,92	16	13,22	10	8,26
	Licence SP	30	45	6	13,33	7	15,56	4	8,89	10	22,22	8	17,78	10	22,22	0	0,00
	IUFM	55	56	17	30,36	9	16,07	20	35,71	3	5,36	2	3,57	5	8,93	0	0,00
	DESS + Maîtrise	26	37	3	8,11	17	45,95	0	0,00	3	8,11	6	16,22	8	21,62	0	0,00

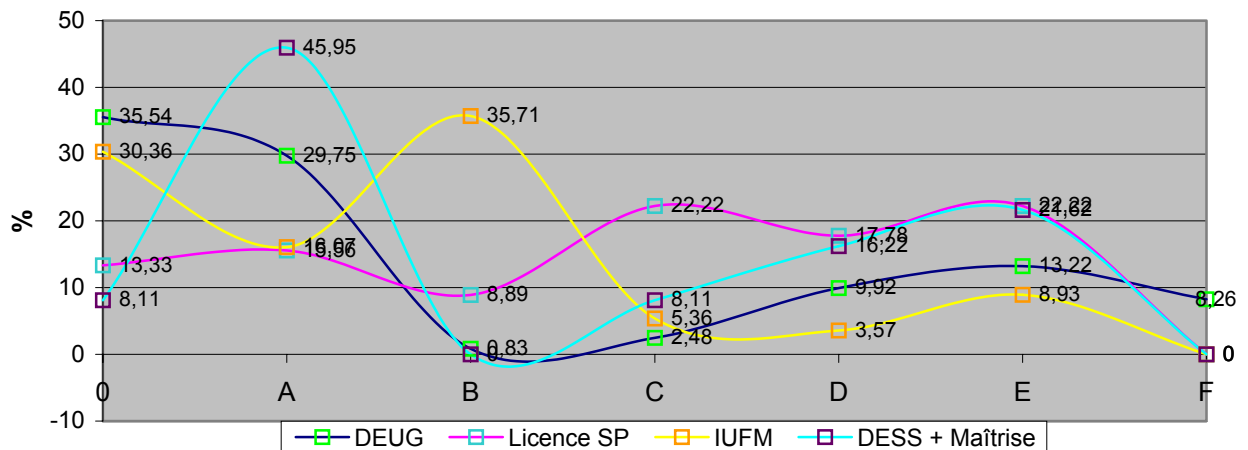
0 : pas d'information ; A : gravitation/attraction terrestre/chute libre ; B : Entropie/désordre ; C : son/voix/vibration/onde ; D : Mouvement/interaction/processus ; E : un concept ou un phénomène ; F : énergie ou qqch. lié à l'énergie ;

***: deux étudiants en DEUG: **le principe de Heisenberg**

1. Oui, le principe d'incertitude d'Heisenberg. On ne peut connaître la vitesse et la position d'une particule à un instant même. Ici, on ne peut connaître la position des confettis.. Malgré tout, ce principe ne s'applique pas ici et n'est qu'une image.

2. Le principe d'incertitude

Figure 5.31 :



Résultats :

A partir du tableau et du graphique ci-dessus, nous pouvons arriver aux résultats suivants : quand il s'agit d'une transposition ou d'une relation entre le conçu et le perçu, les résultats ne sont pas compatibles avec nos attentes. Les individus arrivent à trouver des relations par rapport à leurs acquis scientifiques. Ce qu'ils voyaient, c'est ce qu'ils connaissent mieux en fonction de leurs niveaux d'études. Ces résultats, une fois de plus montrent que la connaissance acquise est aussi importante que l'expérience habituelle et scientifique.

Les tendances des perceptions des étudiants, sauf quelques cas, sont compatibles entre elles.

Les étudiants en DEUG (45,95%) et DESS (29,75%) pour A : *gravitation/attraction terrestre/chute libre*,

ceux de la Licence des sciences physiques (22,22%) pour C : *son/voix/vibration/onde*,

et enfin les stagiaires de L'IUFM (35,71%) pour B : *Entropie/désordre*.

Au total, la répartition des perceptions des étudiants sur la deuxième partie de cette question est dans l'ordre suivant : **A>0>E>D>B>C>F**.

Ainsi, l'attraction terrestre/ gravitation est le premier niveau au cours du processus de perception.

Après cette présentation, nous allons voir quelques exemples concernant les perceptions de ces individus à différents niveaux universitaires.

Exemples :

Licence de Sciences Physiques :

Représentations des étudiants	Contenu perceptif
Les bras levés, l'énergie, désordre : entropie	B
Propagation, vibration (concernant le vent), diffusion	C
Un gaz en train de s'évaporer	E
Des papiers qui tombent du ciel, ils sont attirés par le centre de la terre (force de pesanteur) et les cris peuvent être représentés par des vibrations.	A,E
Energie pour moi, entropie, parce que c'est le " bordel ", interaction (entre homme- homme, homme – confettis.	E,B,D
La chute des papiers: la pesanteur, cris : propagation des ondes	A,C
le désordre, l'entropie	B
Le fait que les confettis tombent du ciel me font penser à l'attraction vers le centre de la terre d'objets en chute libre : ils tombent plus ou moins vite en fonction de certaines forces qui ralentissent ou accélèrent leur chute (poids, frottements de l'air, force de pesanteur,...)	A,E
Les son, l'oreille, le mouvement on a l'impression que les personnes sont en train de crier, de se mouvoir.	C,D,E
l'état condensé de la matière,. Dans les classes antérieures, on nous avait expliqué les différents états avec la matière en analogie avec le regroupement de personnes dans un stade. Etat solide : les personnes se sont serrées dans le stade comme les molécules dans la matière, état liquide : les gens commencent à se lever, les molécules sont plus libres (état désordonné), état gazeux : les gens sont partis : les molécules sont très éloignées les unes des autres.	E

DEUG

Représentations des étudiants	Contenu perceptif
A la chute des corps à cause des bouts de papiers qui tombent !	D
A la gravité	A
A de l'énergie, les personnes ont l'air de beaucoup s'agiter..	E,D
Atomes agités par des photons	E,D
aux exercices de mécanique avec des corps soumis aux forces de frottements	D,E
Cela me fait penser à une photo que l'on aurait miniaturisée car certaines parties ne sont pas visibles et tombent très éloignées.	E
Cette photo me fait penser à la propagation d'une onde	C
Cette photo montre l'énergie, la puissance d'un grand nombre de personnes, d'un énorme groupe, c'est peut-être comme une bombe qui explose	E,D
Chute libre, car les billets sont en chute libre	A
Concept d'énergie avec la foule, les cris, les mouvements	E

IUFM

Représentations des étudiants	Contenu perceptif
Désordre, entropie	B
2 ^{ème} principe de thermodynamique, le désordre augmentent pour les confettis et le public	B
Augmentation de l'entropie dans l'univers	B
Champ magnétique, agitation moléculaire	E,B
Chaos	E,B
chute donc la pesanteur	E,B
Chute libre	A
Des papiers volent dans tous les sens : augmentation du désordre ? augmentation de l'entropie	A
Désordre, entropie	A,B
Energie, gagnant l'énergie, perdant l'énergie, en énergie potentielle, ensemble de l'énergie, dynamisme	E
Désordre, entropie	B

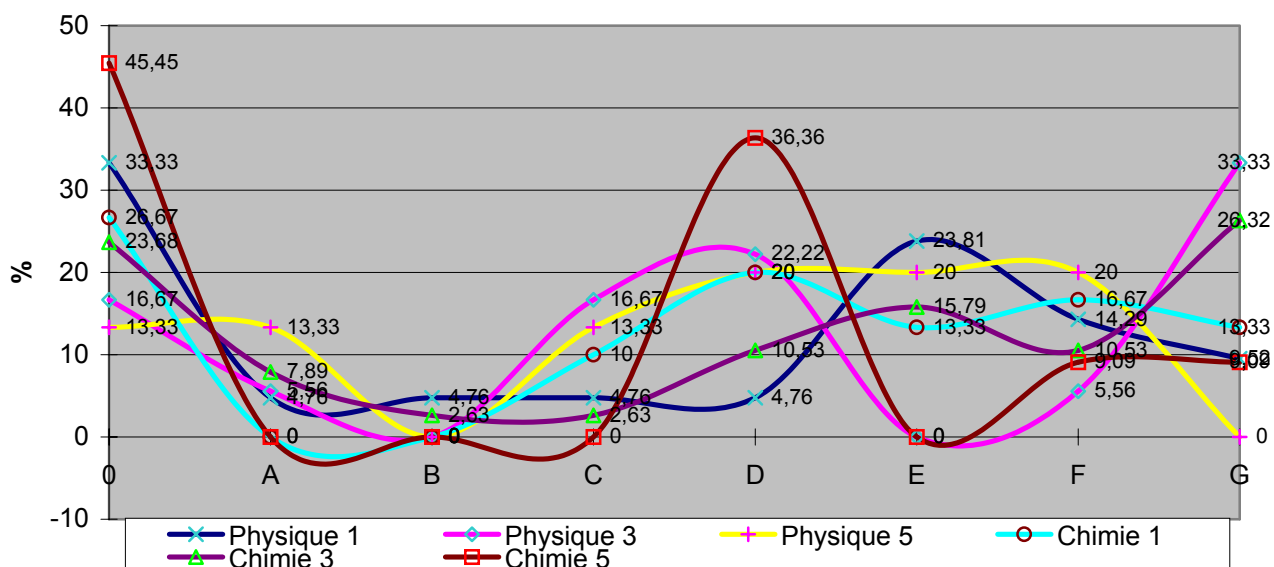
Représentations des étudiants	Contenu perceptif
La gravitation, il y a des papiers qui tombent du ciel	A,E
La chute libre	A
Non	0
La gravité, les papiers retombent	A
Le son(de la voix), la gravité (les papiers qui tombent au sol)	C,A
Non	0
La chute des corps par les objets qui tombent après avoir été lancés en l'air	A,E
Peut-être un atome avec toute l'activité qu'il y a dedans, entre les électrons (papier) et les photos (gens). A la gravitation aussi, les papiers veulent retomber au sol.	E,D,E,A
1 : mouvement : Les papiers jetés en l'air, 2 : propagation du son : les gens crient	D,C
La pesanteur	A
La gravitation, il y a des papiers qui tombent du ciel	A,E
.....	...

Tableau 5. 26 : Les étudiants en Turquie

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	Contenu perceptif															
				0		A		B		C		D		E		F		G	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
TURQUIE	Physique 1	19	21	7	33,33	1	4,76	1	4,76	1	4,76	1	4,76	5	23,81	3	14,29	2	9,52
	Physique 3	17	18	3	16,67	1	5,56	0	0,00	3	16,67	4	22,22	0	0,00	1	5,56	6	33,33
	Physique 5	11	15	2	13,33	2	13,33	0	0,00	2	13,33	3	20,00	3	20,00	3	20,00	0	0,00
	Chimie 1	22	30	8	26,67	0	0,00	0	0,00	3	10,00	6	20,00	4	13,33	5	16,67	4	13,33
	Chimie 3	26	38	9	23,68	3	7,89	1	2,63	1	2,63	4	10,53	6	15,79	4	10,53	10	26,32
	Chimie 5	9	11	5	45,45	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	36,36	0	0,00	1	9,09	1	9,09

0 : pas d'information ; A : gravitation/attraction terrestre/chute libre ; B : Entropie/désordre ; C : son/voix/vibration/onde ; D : Mouvement/interaction/processus ; E : un concept ou un phénomène ; F : énergie ou qqch. lié à l'énergie ; G : autres : action - réaction, comportement lié à l'individu

Figure 5.32 :



Résultats :

Nous pouvons observer en premier lieu, à partir du tableau, puis du graphique, que les tendances des représentations des étudiants sont très différentes de celles des étudiants en France. De plus, le contenu pour les groupes est un peu différent de celui de la France. Ici, le G, « autres : action - réaction, comportement lié à l'individu », est apparue, par contre le B, « entropie/désordre », est pratiquement invisible. Au total : l'ordre de la répartition des perceptions est dans le suivant : **0>D>G>F>E>C>A>B :**

Cela veut dire que les niveaux sont importants sur le fonctionnement mental au cours des perceptions des étudiants, mais aussi sur la culture, l'acquis perceptif s'étant développé dans des environnements différents, ce qui constitue le principal facteur de la construction mentale des acquis perceptifs.

5.1.5. 5. Conclusion

En fin de compte, nous avons vu que:

Les perceptions visuelles à partir des phénomènes visuels sont dominants au cours de l'observation ;


le milieu est un facteur très important dans le processus des perceptions des individus ;

la construction de la perception des individus sont intimement liée à la construction théorique de nos connaissances acquises ;

le but principal de cette question est de voir les résultats de la physique quantique dans le monde macroscopique, mais ce n'est pas le cas, car cette activité est encore loin de notre réflexion habituelle. Sauf pour deux étudiants, aucun étudiant n'a pu percevoir qu'il y a un lien entre cette photo et le principe d'incertitude d'Heisenberg.

5.1.6 : Interactions

5.1.6.1 Présentation de la question et des participants

Question 6	interactions	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Énoncé 1 : On parle de l'existence de quatre forces ou bien de quatre interactions dans la nature : les interactions électromagnétiques, les interactions fortes, les interactions faibles et la gravitation.</p> <p>Énoncé 2 : Lorsqu'on pousse une bille immobile sur une table on constate qu'elle roule pendant un certain temps puis elle s'arrête ou, si elle arrive au bout de la table, elle tombe.</p> <p> + Que signifie pour vous le terme de « force » ? + Faites-vous une relation entre les deux énoncés ci-dessus ? Explicitez-la. </p>	A et B

5.1.6.2 Objectifs

Interactions	a	force	Evoquer/concevoir
	b	interactions	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)

L'objectif de cette question est, d'une part de comprendre le développement des représentations des étudiants durant leur formation à propos du concept de force, d'autre part d'observer des liens éventuels entre le perçu et le conçu (construits avec les théories scientifiques), plus particulièrement, l'emplacement d'une force dans un phénomène connu.

5.1.6.3 Présentation des outils d'évaluation

Nous avons préparé deux grilles d'évaluation pour chaque question en vue d'observer les taux de la répartition du contenu, de la représentation des étudiants en faisant une lecture rapide et une analyse préliminaire à partir de leurs réponses.

La grille d'évaluation pour la question se présente dans l'ordre suivant :

- 0 : pas d'information ;
- 1 : cause /effet /résultat d'un mouvement/impulsion/élan/qqch. d'abstrait ;
- 2 :interaction/action/attraction entre deux corps
- 3 : concepts liés aux autres concepts scientifiques/quotidiens (puissance, énergie, vitesse, accélération, ou bien des termes utilisés concernant le concept de la force)
- 4 :capacité (caractère intrinsèque) liée aux objets et aux individus
- 5 : transfert d'énergie ou de quelque chose
- 6 :modèle/modélisation/représentation (une abstraction)

7 : formule/unité/équation

8 : force est la cause de l'interaction pour les étudiants en Turquie

9 : inclassable

Pour la deuxième question, nous avons d'abord tenté d'observer un éventuel lien entre deux énoncés. Ensuite nous avons préparé une autre grille d'évaluation afin d'analyser ces relations. Cette grille se présente ainsi :

0 : pas d'information ;

1 : égalité/fusion

2 : cause/effet/conséquence

3 : phénomène physique/expérience : théorie/ application

4 : force à distance/force contact

5 : passage de la micro à la macro/transfert d'une force

6 : équilibre/déséquilibre

7 : inclassable

A la lumière de ces deux grilles, nous allons présenter les taux de la répartition du contenu des représentations des étudiants à tous les niveaux avec les tableaux et les graphiques suivants.

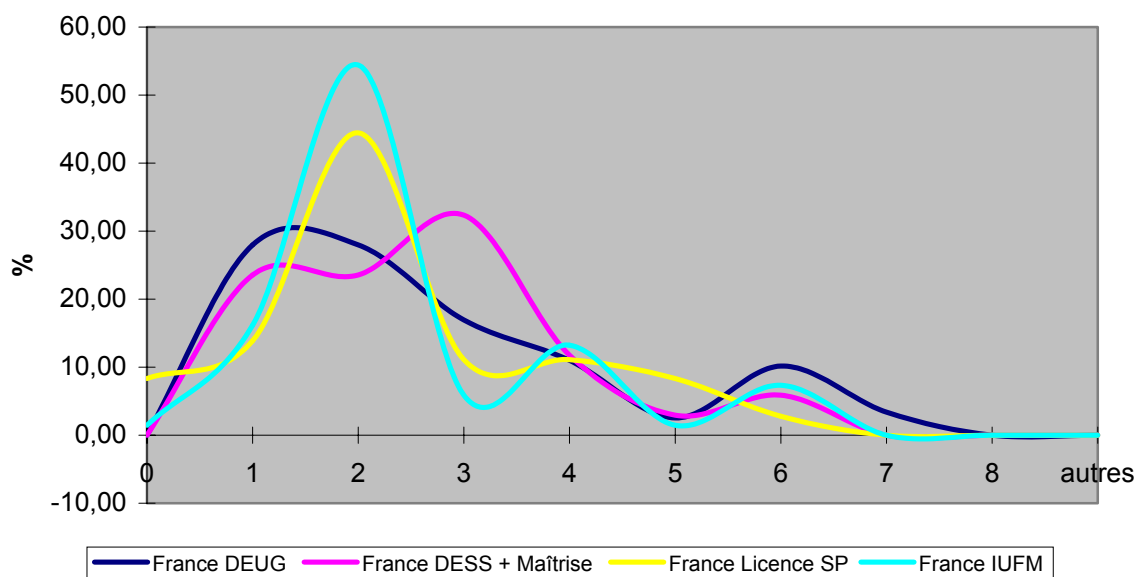
5.1.6.4 Présentations des résultats :

Pour la première question :

Tableau 5.27 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations																			
				0		1		2		3		4		5		6		7		8		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	118	0	0,00	33	27,97	33	27,97	20	16,95	13	11,02	3	2,54	12	10,17	4	3,39	0	0,00	0	0,00
	DESS + Maîtrise	26	34	0	0,00	8	23,53	8	23,53	11	32,35	4	11,76	1	2,94	2	5,88	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Licence SP	30	36	3	8,33	5	13,89	16	44,44	4	11,11	4	11,11	3	8,33	1	2,78	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	IUFM	55	68	1	1,47	11	16,18	37	54,41	4	5,88	9	13,24	1	1,47	5	7,35	0	0,00	0	0,00	0	0,00
total		221	256	4	1,56	57	22,27	94	36,72	39	15,23	30	11,72	8	3,13	20	7,81	4	1,56	0	0,00	0	0,00

Figure 5.33:



Résultats pour les étudiants en France :

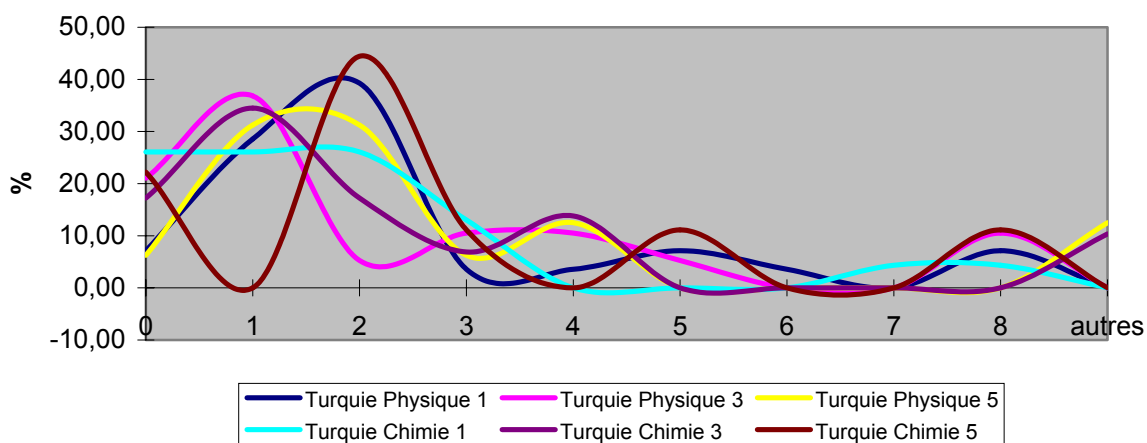
A partir du tableau et du graphique, nous pouvons observer que les taux de la répartition du contenu des représentations des étudiants se présentent comme dans l'ordre

suivant : 2>1>3>4>6>5>7, 0>8, autres. Cela veut dire que la force est « interaction/action/attraction entre deux corps » ou « cause /effet /résultat d'un mouvement/impulsion/élan/qqch. d'abstrait » ou « concept lié aux autres concepts scientifiques/quotidiens (puissance, énergie, vitesse, accélération ou bien des termes utilisés concernant le concept de la force) ». Du fait que le concept de force a été enseigné bien avant que l'enseignement supérieur, au cours de ce dernier, les représentations des étudiants ne montrent pas de changement considérable en fonction de leurs études supérieures.

Tableau 5.28 :

PAYS	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations des étudiants																			
				0		1		2		3		4		5		6		7		8		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
TURQUIE	Physique 1	19	28	2	7,14	8	28,57	11	39,29	1	3,57	1	3,57	2	7,14	1	3,57	0	0,00	2	7,14	0	0,00
	Physique 3	17	19	4	21,05	7	36,84	1	5,26	2	10,53	2	10,53	1	5,26	0	0,00	0	0,00	2	10,53	0	0,00
	Physique 5	11	16	1	6,25	5	31,25	5	31,25	1	6,25	2	12,50	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	12,50
	Chimie 1	22	23	6	26,09	6	26,09	6	26,09	3	13,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	4,35	1	4,35	0	0,00
	Chimie 3	26	29	5	17,24	10	34,48	5	17,24	2	6,90	4	13,79	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	10,34
	Chimie 5	9	9	2	22,22	0	0,00	4	44,44	1	11,11	0	0,00	1	11,11	0	0,00	0	0,00	1	11,11	0	0,00
total		104	124	20	16,13	36	29,03	32	25,81	10	8,06	9	7,26	4	3,23	1	0,81	1	0,81	6	4,84	5	4,03

Figure 5.34:

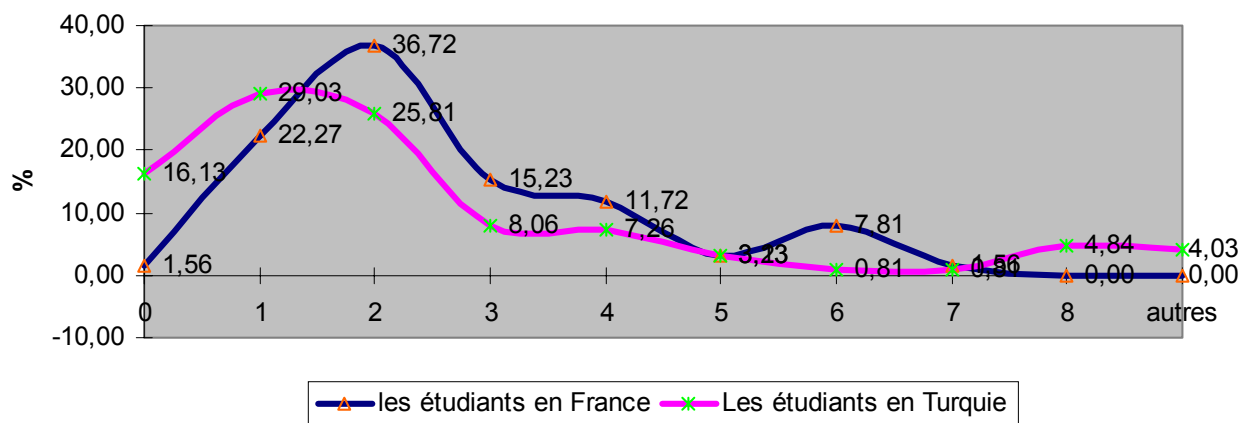


Résultats pour les étudiants en Turquie :

Cette fois, la répartition du contenu des représentations est dans l'ordre suivant : 1>2>0>3>4>8>autres>6>. La répartition est à peu près identique avec celle des étudiants en France. Cela veut dire que les tendances sont identiques, mais non les pourcentages. Nous pouvons le constater dans la comparaison mise en relief par le graphique suivant. Ainsi les

individus raisonnent d'une façon comparable entre les deux cultures. Or, la catégorie « 8 : la force et l'interaction sont deux concepts différents, l'une cause de l'autre » est présente dans les représentations des étudiants en Turquie.

Figure 5.35 :

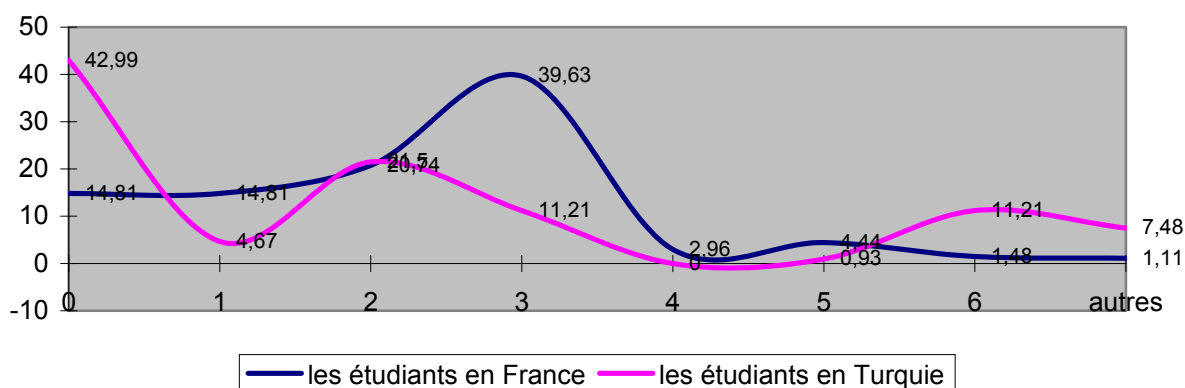


Pour la deuxième question :

Tableau 5.29 :

PAYS	Niveaux des étudiants	des nombre	entité	Répartition du contenu des représentations des étudiants															
				0		1		2		3		4		5		6		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	151	17	11,26	24	15,89	26	17,22	67	44,37	4	2,65	10	6,62	1	0,66	2	1,32
	DESS + Maîtrise	26	28	7	25,00	5	17,86	6	21,43	8	28,57	1	3,57	0	0,00	1	3,57	0	0,00
	Licence SP	30	37	5	13,51	7	18,92	7	18,92	15	40,54	0	0,00	1	2,70	1	2,70	1	2,70
	IUFM	55	54	11	20,37	4	7,41	17	31,48	17	31,48	3	5,56	1	1,85	1	1,85	0	0,00
total		221	270	40	14,81	40	14,81	56	20,74	107	39,63	8	2,96	12	4,44	4	1,48	3	1,11
TURQUIE	Physique 1	19	23	5	21,74	0	0,00	5	21,74	5	21,74	0	0,00	0	0,00	6	26,09	2	8,70
	Physique 3	17	17	8	47,06	2	11,76	4	23,53	1	5,88	0	0,00	0	0,00	2	11,76	0	0,00
	Physique 5	11	10	1	10,00	3	30,00	2	20,00	2	20,00	0	0,00	0	0,00	1	10,00	1	10,00
	Chimie 1	22	22	11	50,00	0	0,00	5	22,73	2	9,09	0	0,00	0	0,00	3	13,64	1	4,55
	Chimie 3	26	26	14	53,85	0	0,00	7	26,92	2	7,69	0	0,00	1	3,85	0	0,00	2	7,69
	Chimie 5	9	9	7	77,78	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	22,22
total		104	107	46	42,99	5	4,67	23	21,50	12	11,21	0	0,00	1	0,93	12	11,21	8	7,48

Figure 5.36 :



Résultats :

Par rapport à la première question, les résultats ne comportent pas une grande ressemblance entre les groupes. Cela veut dire que quand il s'agit de faire une relation entre le phénomène et le concept, les étudiants ne font pas tout à fait les mêmes constructions mentales. Les répartitions pour cette question pour deux groupes d'étudiants sont dans l'ordre suivant :

Pour les étudiants en France : $3 > 2 > 0,1 > 5 > 4 > 6 > \text{autres}$,

Pour les étudiants en Turquie : $0 > 2 > 6 > 3 > \text{autres} > 1 > 5 > 4$.

Mais, un point commun entre les deux groupes : le lien entre les énoncés est, que le premier montre les théories, le deuxième, leurs applications. Nous pouvons observer d'une façon plus détaillée ci-dessous les différences.

Figure 5.37 :

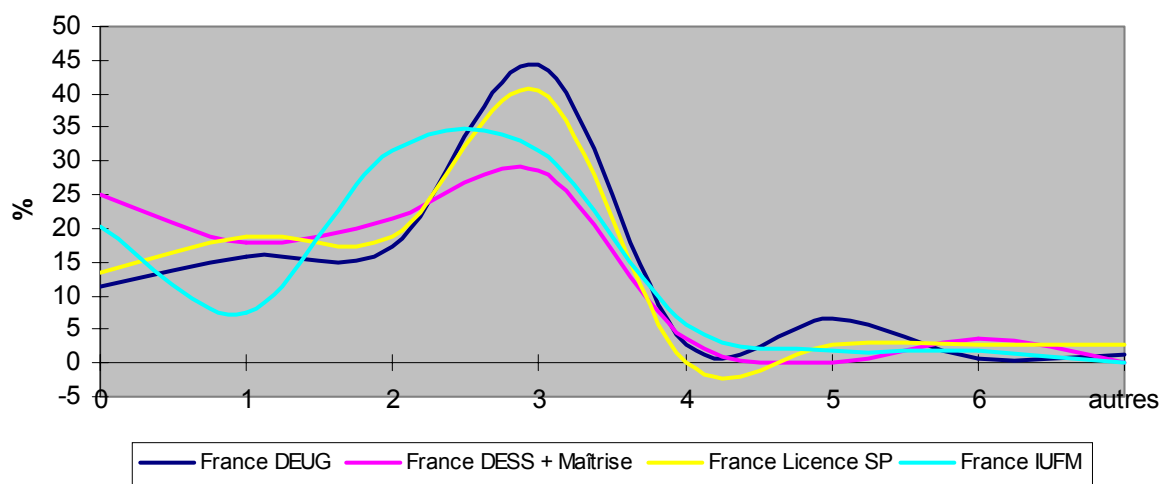
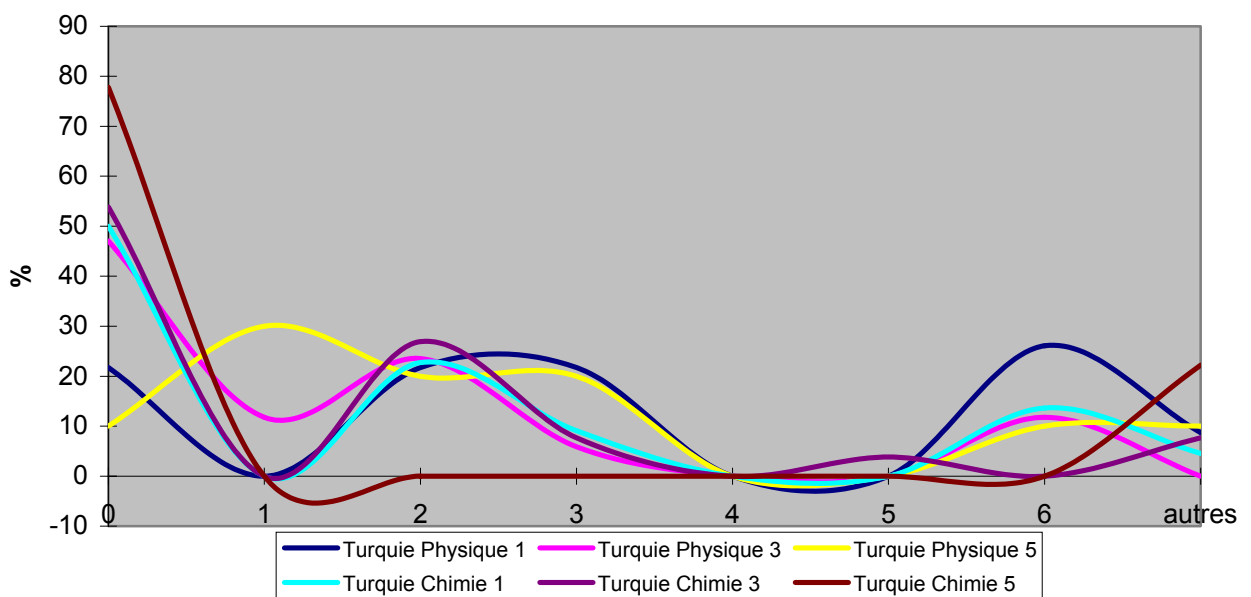


Figure 5.38:



A partir de ces résultats, la dernière remarque est que face à cette question, les représentations des étudiants en Turquie, par rapport à leurs niveaux sont moins stables que pour les étudiants de France. De plus, les étudiants, futurs professeurs de Chimie, à partir de 3^{ème} année, s'éloignent d'un raisonnement scientifique face aux phénomènes physiques. Ils ont du mal à interpréter ce genre de situation.

Pour les exemples (cf. annexe 5.2)

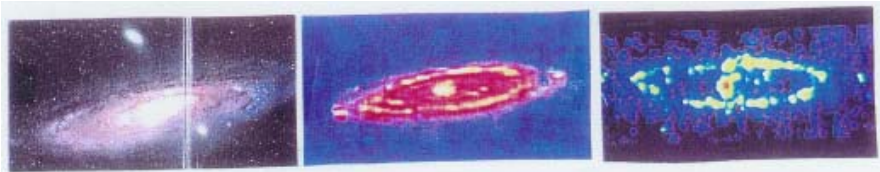
5.1.6.5 Conclusion

Quand nous avons fait une comparaison entre deux questions, nous avons constaté que les étudiants en Turquie et en France raisonnent d'une façon semblable au niveau conceptuel. Quant au niveau perceptif, c'est le cas de la deuxième question, on voit des changements considérables à propos de leurs raisonnements et de leurs argumentations.

Notamment pour la deuxième question, il s'agit de faire une relation entre le conçu et le perçu. Les étudiants n'arrivent à faire des relations que vers la fin de leur formation. Enfin, nous pouvons conclure que la construction conceptuelle augmente en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants et favorise le cadre perceptif de l'individu.

5.1.7 : Observer l'univers

5.1.7.1 Présentation de la question et des participants

Question 7	observer l'univers	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<p>✚ « ...Seules les ondes visibles et radio ne sont pas absorbées par l'atmosphère terrestre. Or, pour observer l'univers dans toute sa richesse, l'astronome a besoin de toutes les lumières existantes... »</p>  <p>✚ Que représentent, pour vous, ces clichés ? Quelle est, selon vous, l'origine des différences entre eux ?</p>	B

5.1.7.2 Objectifs

Observer l'univers	Lumière, ondes visibles et radio	Raisonnement descriptif et comparatif /argumenter
--------------------	----------------------------------	---

L'objectif de cette question est de trouver des liens entre plusieurs phénomènes semblables, qui représentent différents aspects de la même chose. Cette fois, nous remontons un peu plus haut vers le macrocosme. Comment les individus à des niveaux différents raisonnent –t-ils face à ces phénomènes ? Nous avons mis un petit extrait en vue de mieux permettre le raisonnement. Dans les lignes suivantes, nous allons suivre les étapes de leurs raisonnements, et voir de quelle manière ils argumentent.

5.1.7.3 Présentation des outils d'évaluation

Dans cette question, la première étape est de déterminer les taux des réponses, les étudiants pensent –ils que ces photos appartiennent à la même chose ou non ? La deuxième étape, cette fois, consiste à présenter la répartition du contenu de leurs perceptions sur ces questions. Pour cela, nous avons déterminé à l'avance les tendances de leurs perceptions en lisant toutes les réponses de ces étudiants. Nous avons construit ces catégories selon l'origine des différences.

Nous pouvons énumérer les arguments :

1. *Traitement ;*
2. *Appareil ;*
3. *Méthode/mesure ;*
4. *Type d'observation ; ou*
5. *Source des données ; (sont tous différents)*
0. *pas d'information.*

(ces chiffres sont repris dans le tableau 5.31 page 235)

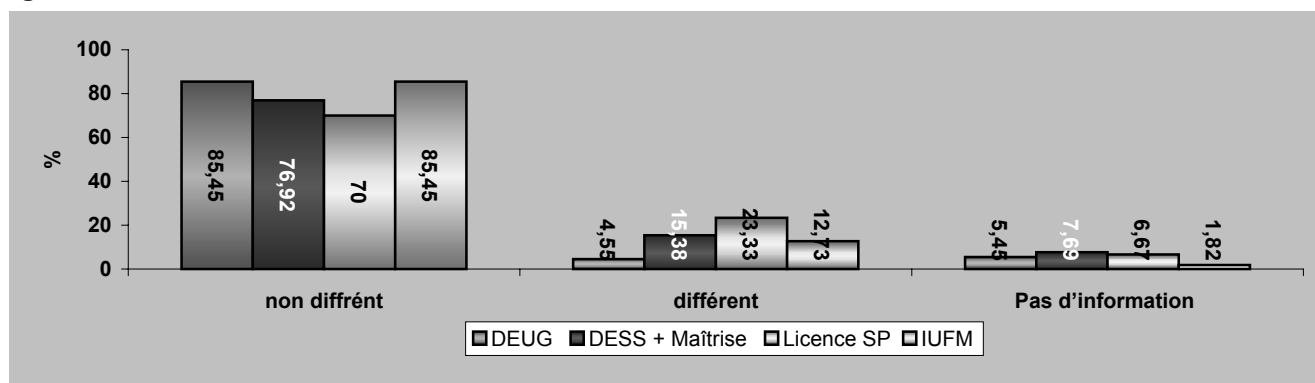
A la lumière de tendances, nous allons présenter ci-dessous la répartition du contenu des représentations des étudiants et des stagiaires.

5.1.7.4 Présentations des résultats :

Tableau 5.30 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	Répartition des réponses					
			indifférent		différent		Pas d'information	
			n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	94	85,45	5	4,55	6	5,45
	DESS + Maîtrise	26	20	76,92	4	15,38	2	7,69
	Licence SP	30	21	70,00	7	23,33	2	6,67
	IUFM	55	47	85,45	7	12,73	1	1,82

Figure 5.39:



Résultats :

Comme nous le constatons constaté à partir du tableau et du graphique, plus de 70% des étudiants ont répondu correctement à cette question par rapport à leur niveau, il n’y a pas de changement significatif. Nous allons voir des exemples de perceptions des ces étudiants à partir de leurs réponses :

Ceux qui ont répondu « non différent » donnent les réponses suivantes :

Galaxie, Cosmologie, Nébuleuse, Astres, Constellation, Voie lactée, Système solaire ; Univers, Etoiles, Planètes, Photon

Pour les réponses « non différent » :

Manque de connaissance, réponses incomplètes ;

1..... 2..... 3.....

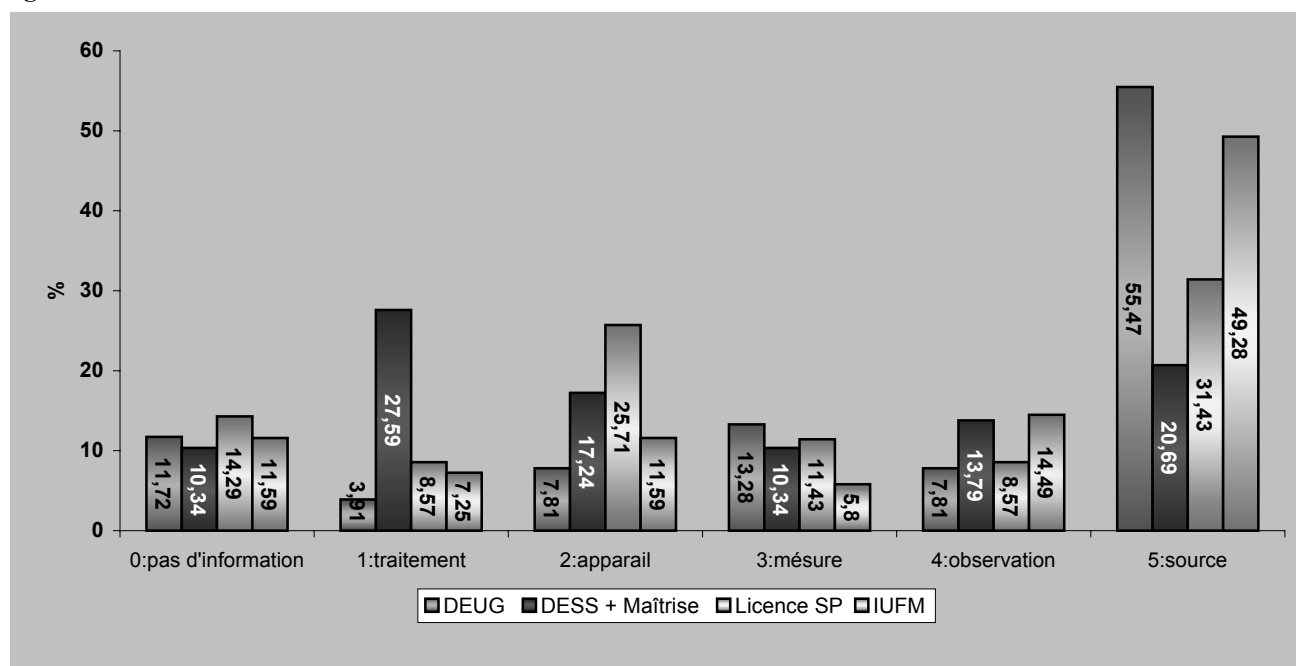
*Galaxie, supernova, ondes,
Pellicule superpose à différents degrés,
Astres, ultraviolet, chaleur,
Des trous variés,
Univers, galaxie, image médical,
1, une étoile, 2 et 3 ondes émises.*

L’argumentation est la suivante pour ceux qui donnent la réponse « l’origine de ces clichés est différente. »

Tableau 5.31 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	Répartition des argumentations des étudiants pour la réponse « différent e »											
				0		1		2		3		4		5	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	128	15	11,72	5	3,91	10	7,81	17	13,28	10	7,81	71	55,47
	DESS + Maîtrise	26	29	3	10,34	8	27,59	5	17,24	3	10,34	4	13,79	6	20,69
	Licence SP	30	35	5	14,29	3	8,57	9	25,71	4	11,43	3	8,57	11	31,43
	IUFM	55	69	8	11,59	5	7,25	8	11,59	4	5,80	10	14,49	34	49,28

Figure 5.40 :



A partir du tableau et du graphique, nous pouvons observer que l'ordre de la répartition des réponses des étudiants, du taux le plus élevé au moins élevé est : 5>2>0>1>4>3. La différence entre ces clichés provient premièrement de la différence de l'origine des photos, deuxièmement de l'« appareil » utilisé pour capter les images...

Quelques exemples complets à partir des réponses des étudiants :

Pour les étudiants du DEUG :

1. C'est une galaxie observée avec plusieurs objectifs visibles, infrarouge, UV...
2. Les clichés représentent l'infini des galaxies avec d'innombrables étoiles, ainsi que la voie lactée. Les différences proviennent des différentes absorptions de différentes lumières (rayon X, rayon g, infrarouge...)
3. Ces clichés représentent une galaxie observée avec différentes ondes.
4. **La voie lactée, la différence provient du mode d'observation, visible, infrarouge et autre (X, je ne sais pas exactement).**
5. Photoélectrique, de la voie lactée à partir d'un satellite
6. C'est une galaxie vue avec la lumière, les ondes radios et encore autre chose (chaleur ?)
7. La voie lactée ; la différence entre ces clichés provient des températures des galaxies et de la précision des ondes.
8. Des galaxies. Les longueurs d'ondes avec lesquelles les photos ont été prises

Pour DESS+Maîtrise :

1. Ces clichés représentent des galaxies. La différence provient du type d'appareil utilisé pour les présenter.
2. Un astre, des autres ? Une nébuleuse ? ... La différence pouvait venir des méthodes et appareils utilisés pour les révéler, les photographier.
3. Les clichés représentent la même photo mais traitée numériquement pour les 2 dernières : elles sont traitées en fonction des différences de chaleurs. C'est une vue de l'espace, peut-être une voie lactée.
4. **2 premiers quelque chose comme un système planétaire, un système autour d'une étoile... le dernier ? : une image abstraite, un œil. Origine des différences : ce qui est observé, photographié ou mesure.**
5. Des constellations, célestes vues de manières différentes (infrarouge...)
6. Ces clichés représentent une galaxie (ou une nébuleuse ?). Les différences entre les clichés sont dues à des différences de chaleur peut-être ? Ou de longueurs d'ondes émises ?
7. Une même galaxie représentée à partir de donnée des lumières différentes.
8. Le ciel, les étoiles, les photons sont différents car pris avec des filtres différents, ce ne sont pas les mêmes longueurs d'ondes qui sont observées.

9. *Vue télescope, galaxie ou voie cachée ou quelque chose comme ça, 2,3. Même chose mais, vue par l'analyse d'autres ondes que les ondes lumineuses. Peut-être à partir de satellites ou du sol.*

Pour la licence des Sciences Physiques :

1. *La voie lactée, les différences peuvent provenir du fait que l'appareil utilisé pour chacun n'est sensible qu'à un certain type d'ondes d'où des résultats différents.*
2. *1 photo d'un système planétaire (système héliocentrique par exemple, 2, même photo, mais seuls les rayons IR sont " filmés ", 3 ? origine des différences entre les clichés = différentes propriétés de l'appareil*
3. *Le premier dessin représente un déplacement très rapide d'étoiles ou de roches. Mais je ne sais pas ce que représentent les deux autres clichés.*
4. *Une galaxie, la différence est due aux différentes méthodes utilisées pour prendre ces clichés.*
5. *Ce sont des photos prises dans l'espace vue dans des appareils différents.*
6. *Une galaxie, c'est le même cliché vu à travers différents instruments.*
7. *Une galaxie, la première est une photo prise par un satellite et les autres sont des images par ordinateurs analysant les compositions de la galaxie.*

Pour IUFM :

1. *1^{er} photo : un système solaire : prise par Hubble peut être, 2ème vue avec un traitement différent, 3ème idem.*
2. *Ces images représentent une galaxie. Elles n'ont pas été obtenues par la même source d'image.*
3. *Ces clichés représentent la même galaxie, on change juste le domaine de longueur d'onde*
4. *Des galaxies photographiées par différents types d'appareil. La première est une photo est une photo moule, la seconde est une photo sensible aux IR. La troisième ne voit pas.*
5. *La galaxie dans une autre gamme de longueurs d'ondes.*
6. *Galaxie, la technique de prise des clichés est différente.*
7. *Ce sont des clichés de galaxies. Les récepteurs qui ont servi à réaliser ces clichés ne sont pas sensibles aux ondes électromagnétiques de mêmes longueurs d'ondes, visibles, IR, X*
8. *La voie lactée, différence à cause de la sensibilité de capteur à une gamme de longueurs d'ondes ou de température.*
9. *Ces clichés représentent l'image d'une galaxie toujours la même, mais observée dans les domaines de longueurs d'ondes différents à chaque fois, ce qui est la cause des différences observées entre ces différents clichés*

5.1.7.5 Conclusion

A partir de cette question, nous avons une fois de plus constaté que les perceptions acquises auparavant jouent un rôle crucial sur les représentations des étudiants. La plupart des étudiants ont donné une réponse correcte à cette question en disant que ces clichés à l'origine représentent la même chose, mais ont des argumentations plus au moins différentes.

Le deuxième groupe de réponses, est moins important que le premier (ceux qui disent que « l'origine de ces clichés est différente. »). A l'argumentation de ces réponses, nous avons constaté un certain nombre de facteurs pour lesquels nous devons faire attention, quand il s'agit de montrer un cliché ou une image aux étudiants. Ainsi que pour **la source des données, la façon d'observer le phénomène en cause, le type d'appareil utilisé pour capter l'image à partir de l'objet, la façon de mesurer et enfin la façon de traiter les données.** Il me semble que si nous prenons en considération toutes ces variables, les images visuelles ou visualisées contribuent mieux à la construction des connaissances.

5.1.8 : Vapeur d'eau et lumière

5.1.8.1 Présentation de la question et des participants

Question 8	vapeur d'eau et de lumière	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<p>✚ On observe que l'eau se vaporise au bout d'un certain temps quand on la chauffe. Il se dégage de la vapeur d'eau. On sait qu'il est impossible de voir la molécule d'eau à l'œil nu; que voit –on alors ?</p> <p>✚ On observe une diffusion de la lumière de la lampe quand on l'allume. Comme dans la phrase ci-dessus, on ne peut pas voir un seul photon de lumière à l'œil nu; que voit –on alors ?</p>	A et B

5.1.8.2 Objectifs

Vapeur d'eau et lumière	a. molécule	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)
	b. lumière	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)

Le premier objectif de cette question est d'observer, d'une part l'articulation entre la représentation et la perception à propos du monde invisible à travers le monde visible et visualisé, d'autre part de comparer les types des représentations des étudiants de niveaux différents et de cultures différentes face à deux phénomènes d'origines différentes.

5.1.8.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question

A partir des réponses des étudiants, nous avons fait une grille d'évaluation pour chaque question en vue d'observer les répartitions des représentations des étudiants.

La première grille d'évaluation comporte 5 catégories, celles-ci se présentent dans l'ordre suivant :

0 :pas d'information

1 : effets de la lumière(diffraction, réflexion, réfraction)

2 :eau liquide/minuscule d'eau/ gouttelettes d'eau/suspension de goût d'eau

3 :un ensemble de molécules d'eau/assemblage de molécules d'eau

4 : brouillard/vapeur d'eau/état gaz/fumée

autres : dégagement de l'énergie et de chaleur, particules en suspension, changement d'état de phase, ...

pour la deuxième question :

0 :pas d'information

1 :groupe de photons/photons

2 :assemblage d'ondes/ondes

3 :flux de lumière/ lumière

4 :effet de la lumière

5 : poussières/particules

6 :perception de l'œil

7 : autres (énergie, chaleur, radiation, rayonnement, interaction...)

Au vu de ces deux grilles d'évaluation, nous allons analyser les taux du contenu des représentations des étudiants.

5.1.8.4 Présentations des résultats :

Pour la première question :

Tableau 5.32 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations											
				0		1		2		3		4		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	116	11	9,48	7	6,03	13	11,21	38	32,76	42	36,21	5	4,31
	DESS + Maîtrise	26	28	2	7,14	3	10,71	1	3,57	13	46,43	9	32,14	0	0,00
	Licence SP	30	32	0	0,00	5	15,63	1	3,13	11	34,38	13	40,63	2	6,25
	IUFM	55	53	6	11,32	5	9,43	19	35,85	10	18,87	9	16,98	4	7,55
total		221	229	19	8,30	20	8,73	34	14,85	72	31,44	73	31,88	11	4,80

Figure 5.41 :

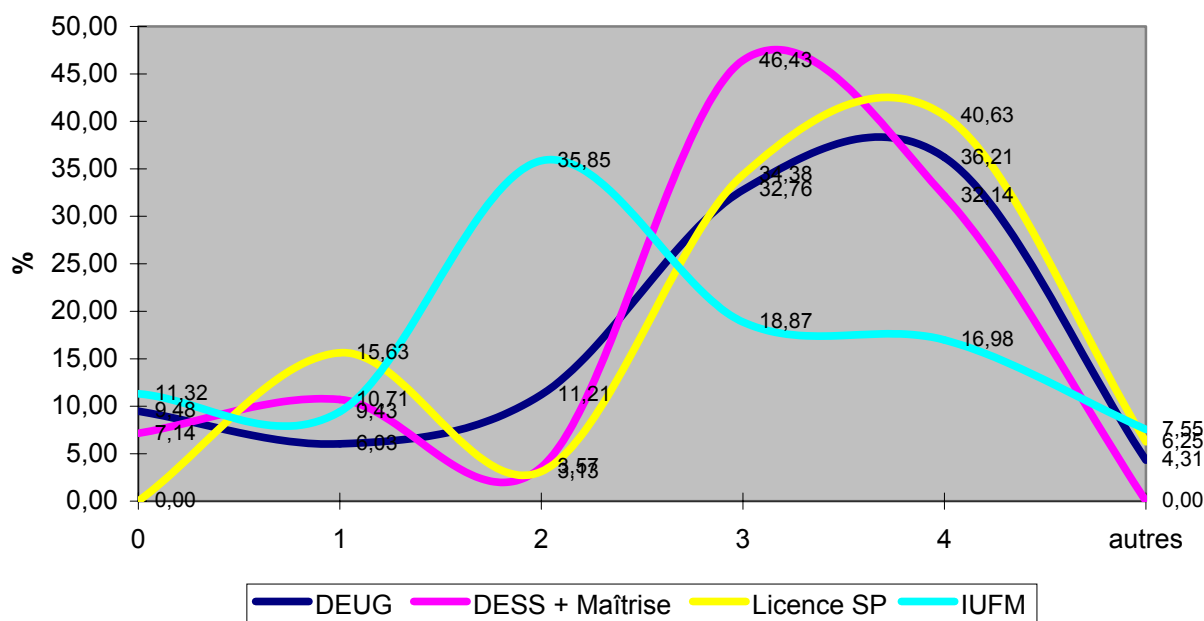
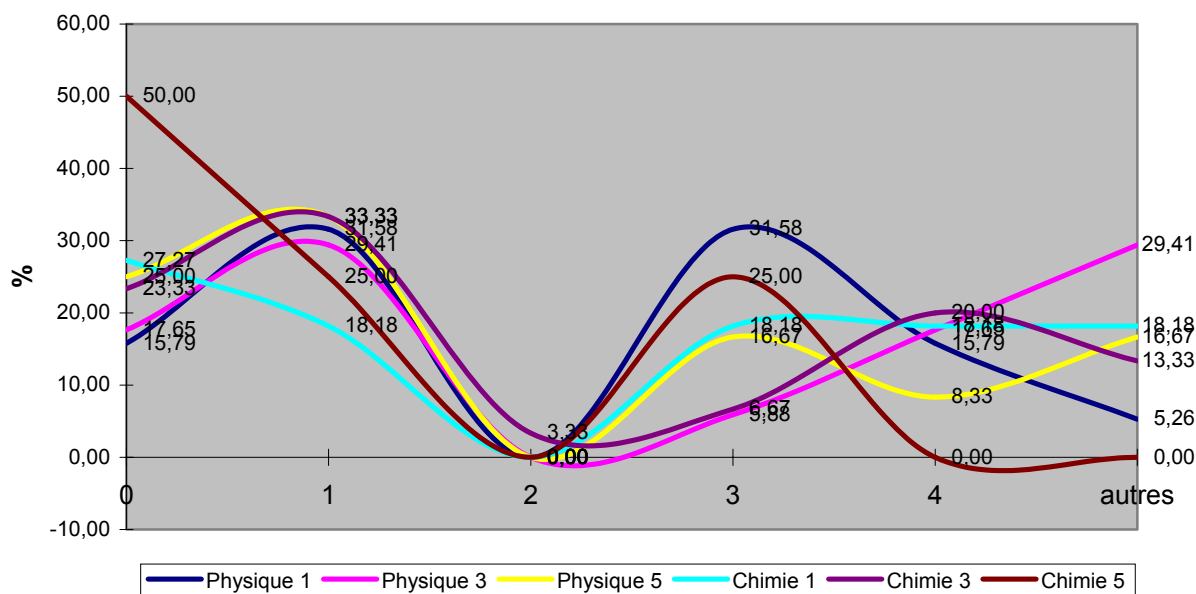


Tableau 5.33 :

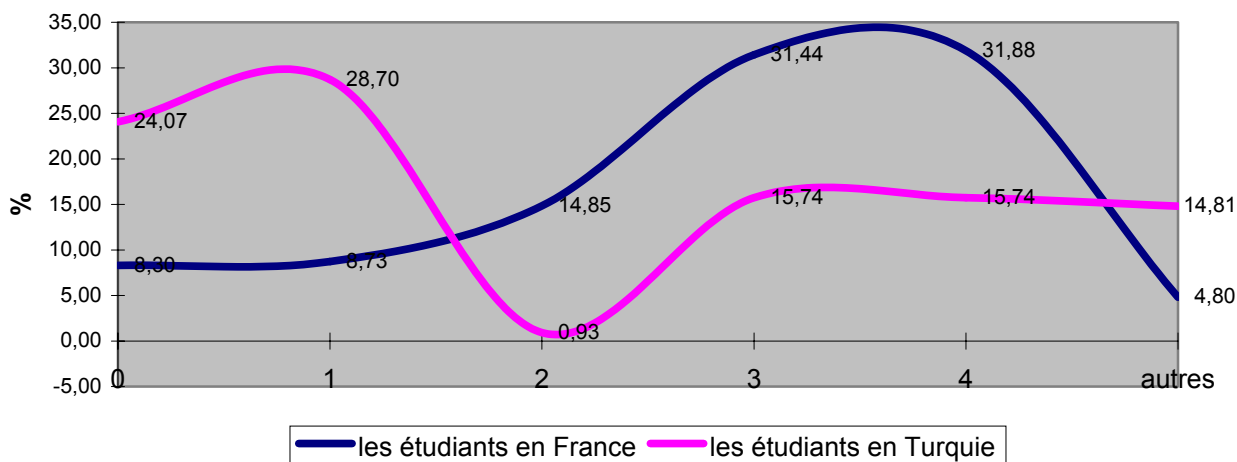
PAYS	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations des étudiants											
				0		1		2		3		4		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
TURQUIE	Physique 1	19	19	3	15,79	6	31,58	0	0,00	6	31,58	3	15,79	1	5,26
	Physique 3	17	17	3	17,65	5	29,41	0	0,00	1	5,88	3	17,65	5	29,41
	Physique 5	11	12	3	25,00	4	33,33	0	0,00	2	16,67	1	8,33	2	16,67
	Chimie 1	22	22	6	27,27	4	18,18	0	0,00	4	18,18	4	18,18	4	18,18
	Chimie 3	26	30	7	23,33	10	33,33	1	3,33	2	6,67	6	20,00	4	13,33
	Chimie 5	9	8	4	50,00	2	25,00	0	0,00	2	25,00	0	0,00	0	0,00
total		104	108	26	24,07	31	28,70	1	0,93	17	15,74	17	15,74	16	14,81

Figure 5.42 :



Résultat comparatif :

Figure 5.43 :



Résultats:

Pour la première question, les tendances communes des étudiants en France se présentent dans l'ordre suivant: 4> 3>2>1>0>autres.

Pour les étudiants en Turquie : 1>0>3,4>autres>2.

A partir de la distribution du contenu des représentations des étudiants, nous pouvons dire qu'il y a deux tendances différentes pour chaque culture.

Pour cette question, les représentations des étudiants en France sont centrées en premier lieu sur « **brouillard/vapeur d'eau/état gaz/fumée** », par contre **pour les étudiants en Turquie toujours sur « effets de lumière »**.

Cependant, il y a des changements de perceptions des individus en fonction de l'augmentation de leurs niveaux, surtout entre les étudiants du DEUG et les stagiaires de l'IUFM, les tendances sont très différentes. La même chose est vraie pour les étudiants turcs, futurs professeurs de physique et de chimie.

Pour la deuxième question :

Tableau 5.34 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations															
				0		1		2		3		4		5		6		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	118	21	17,80	39	33,05	0	0,00	27	22,88	12	10,17	8	6,78	3	2,54	8	6,78
	DESS + Maîtrise	26	27	2	7,41	13	48,15	0	0,00	3	11,11	4	14,81	1	3,70	0	0,00	4	14,81
	Licence SP	30	32	0	0,00	16	50,00	1	3,13	3	9,38	8	25,00	2	6,25	2	6,25	0	0,00
	IUFM	55	59	11	18,64	10	16,95	5	8,47	1	1,69	15	25,42	10	16,95	3	5,08	4	6,78
total		221	236	34	14,41	78	33,05	6	2,54	34	14,41	39	16,53	21	8,90	8	3,39	16	6,78

Figure 5.44 :

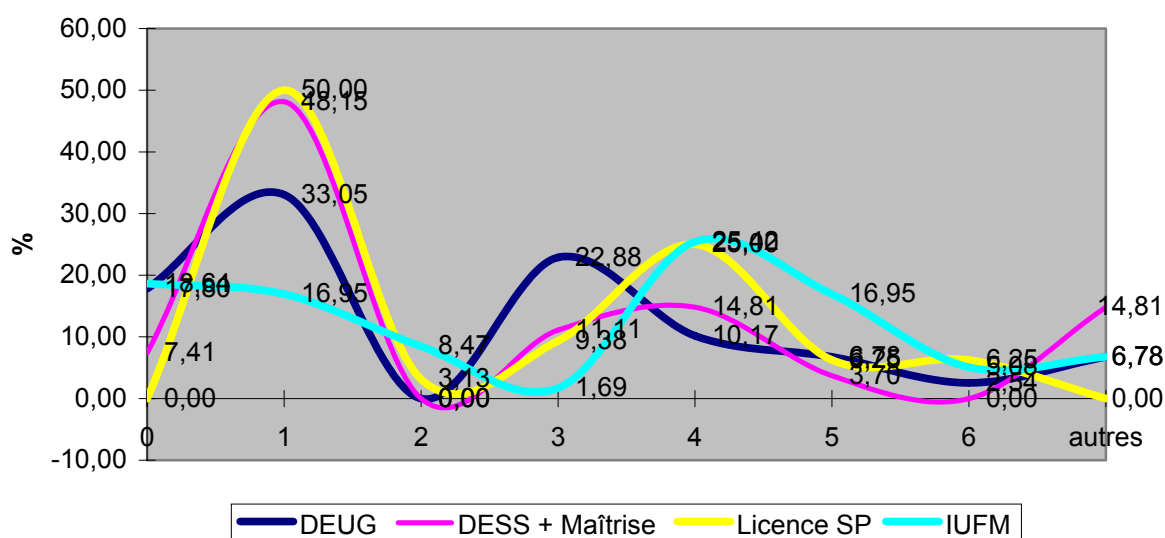
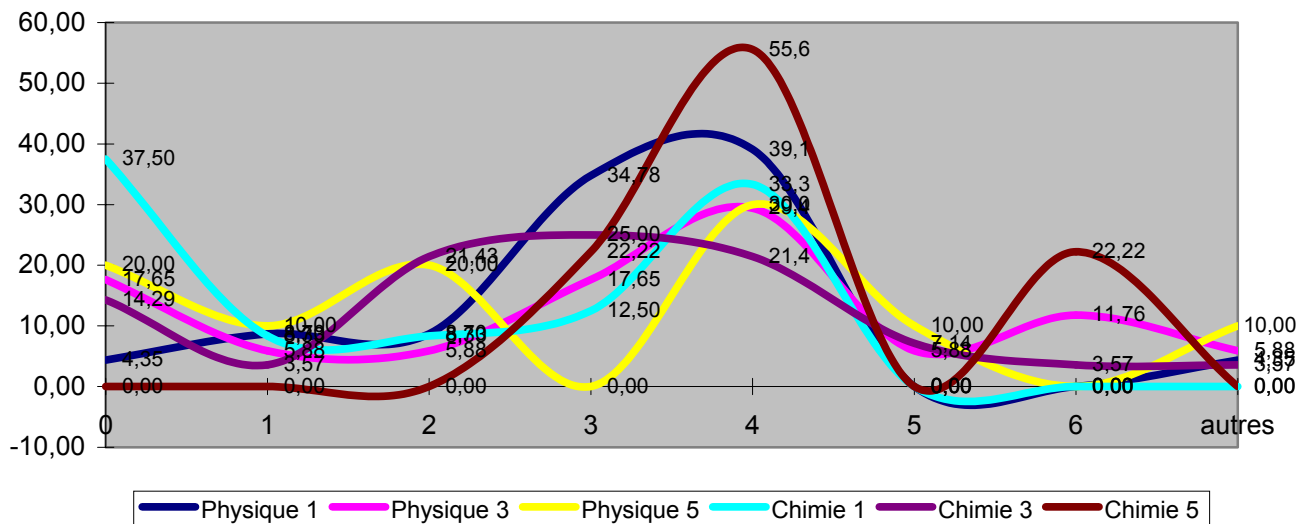


Tableau 5.35 :

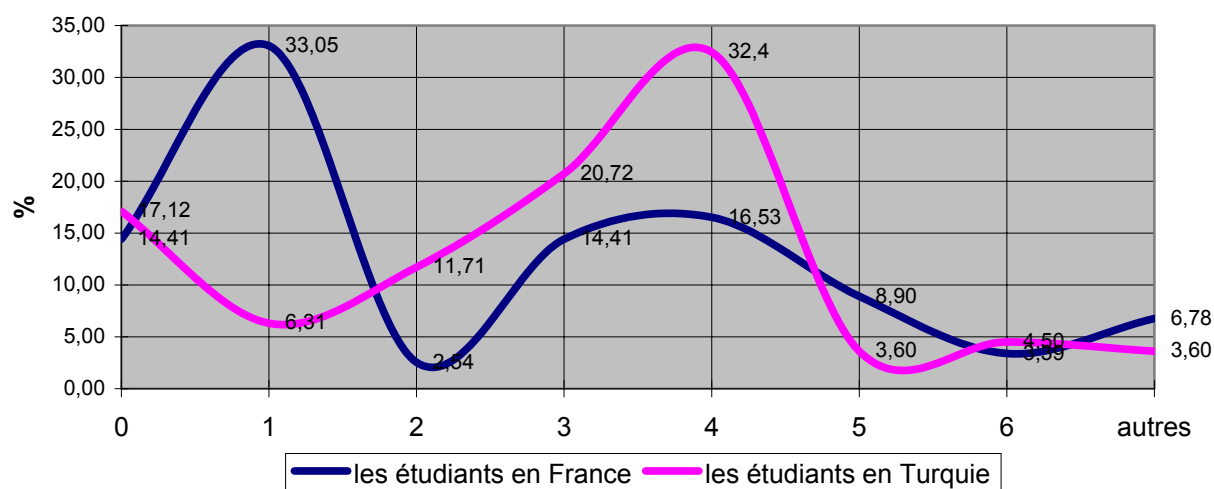
PAYS	Niveaux des étudiants	nombre	entité	Répartition du contenu des représentations des étudiants															
				0		1		2		3		4		5		6		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
TURQUIE	Physique 1	19	23	1	4,35	2	8,70	2	8,70	8	34,78	9	39,1	0	0,00	0	0,00	1	4,35
	Physique 3	17	17	3	17,65	1	5,88	1	5,88	3	17,65	5	29,4	1	5,88	2	11,76	1	5,88
	Physique 5	11	10	2	20,00	1	10,00	2	20,00	0	0,00	3	30,0	1	10,00	0	0,00	1	10,00
	Chimie 1	22	24	9	37,50	2	8,33	2	8,33	3	12,50	8	33,3	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Chimie 3	26	28	4	14,29	1	3,57	6	21,43	7	25,00	6	21,4	2	7,14	1	3,57	1	3,57
	Chimie 5	9	9	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	22,22	5	55,6	0	0,00	2	22,22	0	0,00
total		104	111	19	17,12	7	6,31	13	11,71	23	20,72	36	32,4	4	3,60	5	4,50	4	3,60

Figure 5.45 :



Résultat comparatif :

Figure 5.46 :



Résultats pour la deuxième question:

A partir des tableaux et des graphiques ci-dessus nous pouvons déduire les résultats suivants : les tendances pour les étudiants français se présentent dans l'ordre suivant : 1>4> 3,0>5>autres>6>2.

Pour les étudiants en Turquie, l'ordre du contenu des représentations des étudiants est le suivant : 4>3>0>2>1>6>5,autres.

Pour la même question, il y a deux perceptions différentes en fonction de deux cultures. La première perception, pour les étudiants en France est centrée sur « **les photons et le groupe de photons** », alors que pour ceux de la Turquie, sur **les effets de la lumière**.

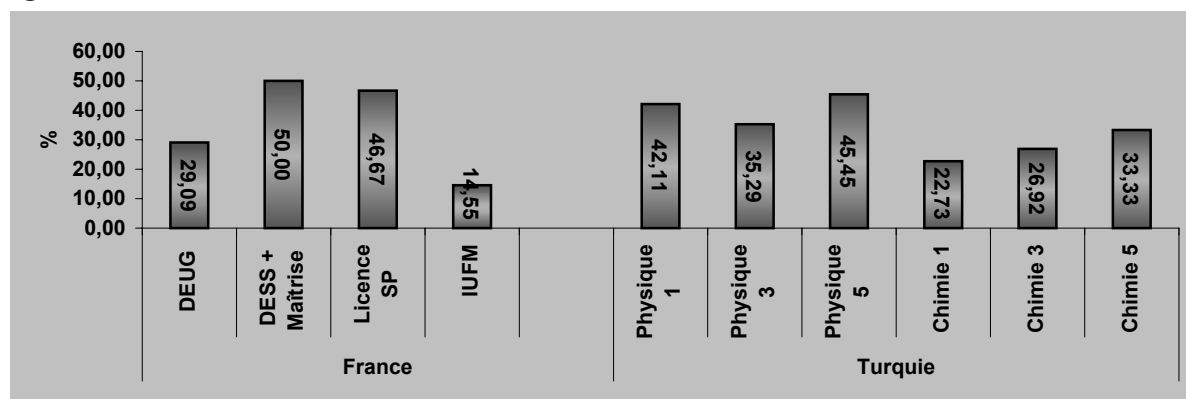
Cependant, il y a des changements de perception en fonction des niveaux des étudiants surtout, par exemple, entre le niveau du DEUG et le niveau de l'IUFM, il y a un changement considérable. Cela veut dire que la perception est d'une part liée aux acquis des individus et d'autre part, aux autres perceptions, celle des facteurs extra scolaires. Il me semble que le facteur culturel est aussi une variable à prendre en compte au cours de la construction mentale des individus.

La dernière étape est l'analyse comparative, ceux qui raisonnent de la même façon pour ces questions. Les résultats sont les suivants :

Tableau 5.36 :

pays	Niveaux des étudiants	nombre	Les mêmes types de raisonnement pour les deux questions	
			n	%
FRANCE	DEUG	110	32	29,09
	DESS + Maîtrise	26	13	50,00
	Licence SP	30	14	46,67
	IUFM	55	8	14,55
TURQUIE	Physique 1	19	8	42,11
	Physique 3	17	6	35,29
	Physique 5	11	5	45,45
	Chimie 1	22	5	22,73
	Chimie 3	26	7	26,92
	Chimie 5	9	3	33,33

Figure 5.47:



Résultats finaux:

Pour nous, la dernière étape de cette question est la plus importante. A partir des représentations des étudiants, nous avons analysé les taux de raisonnements identiques pour les deux questions et nous avons constaté que, sauf pour les stagiaires de l'IUFM, les tendances sont semblables, mais les taux sont différents pour chaque pays.

Seuls les stagiaires de l'IUFM ont interrogé ces deux questions plus que les autres groupes, la majorité des étudiants de l'IUFM n'ont pas raisonné d'une manière identique face à ces questions, c'est-à-dire comme nous le souhaitions.

Pour les exemples, nous pouvons nous référer à **l'annexe 5.3**

5.1.8.5 Conclusion

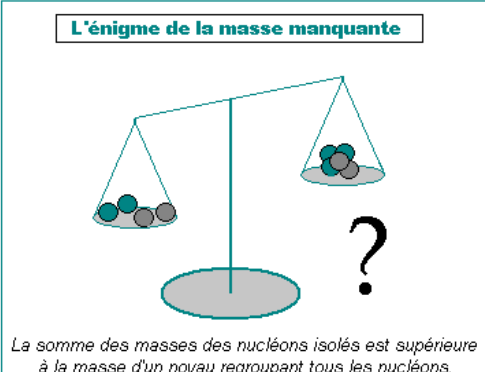
Les deux questions interrogent deux dimensions du même phénomène au cours du processus perceptif et mental : comment percevoir la lumière et comment percevoir la matière. Pour ces questions, il y a un point délicat: afin de percevoir la lumière, nous avons besoin de particules de poussières, pour percevoir les molécules d'eau, nous avons besoin de lumière. Ainsi il y a deux facteurs qui se complètent l'un l'autre. La question ne s'installe pas sur la causalité simple, mais sur le relationnel, car il y a toujours trois facteurs groupés : **la source** comme l'objet que nous voulons percevoir, **l'intermédiaire** qui porte des informations à partir d'un objet et **le capteur** (nos sens ou des outils). Voir ou percevoir quelque chose n'a pas de sens en soi si on ne rend pas compte de ces trois facteurs, car ils sont indispensables pour attribuer un sens à l'acte de « voir » ou de « percevoir ».

A partir de cette remarque, nous pouvons dire que l'acte de voir n'est que significatif à condition que l'objet et la lumière et le capteur soient présents. C'est pourquoi voir la lumière et les photons n'a pas sens en soi, mais détecter les effets de la lumière et des photons à partir des particules a un sens pour nous. Autrement dit, l'onde (*la lumière est une onde électromagnétique*) est significative avec le corpuscule, **l'onde a un moyen intermédiaire pour le processus de la vision entre l'objet et le sujet.**

En conséquence, connaître l'ordre du processus et les éléments au cours de l'acte de voir ou percevoir et prendre en compte l'existence d'un raisonnement relationnel entre les variables, favoriseront l'enchaînement entre le perçu et le conçu.

5.1.9 : Enigme de la masse manquante

5.1.9.1 Présentation de la question et des participants

Question 9	énigme de la masse manquante	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>L'énigme de la masse manquante</p>  <p><i>La somme des masses des nucléons isolés est supérieure à la masse d'un noyau regroupant tous les nucléons.</i></p> </div> <p>✚ La somme des masses des nucléons isolés est supérieure à la masse d'un noyau regroupant tous les nucléons. A votre avis, pourquoi ?</p>	B

5.1.9.2. Objectifs

Enigme de la masse manquante	nucléons	Raisonnement scientifique
------------------------------	----------	---------------------------

L'objectif de cette question est de connaître le mode de raisonnement des étudiants sur un phénomène purement scientifique. Ce type de faits en physique appartient totalement au monde minuscule et nécessite un raisonnement scientifique, ainsi qu'une connaissance spécifique. Evidemment nous pouvons rencontrer des effets macroscopiques de ces phénomènes, toutes sortes d'effets nucléaires autour de nous. Mais dans ce phénomène, toutes les causes sont cachées dans le monde minuscule. Cette question peut être considérée en quelque sorte comme une épreuve pour notre connaissance à propos des faits subatomiques.

5.1.9.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question

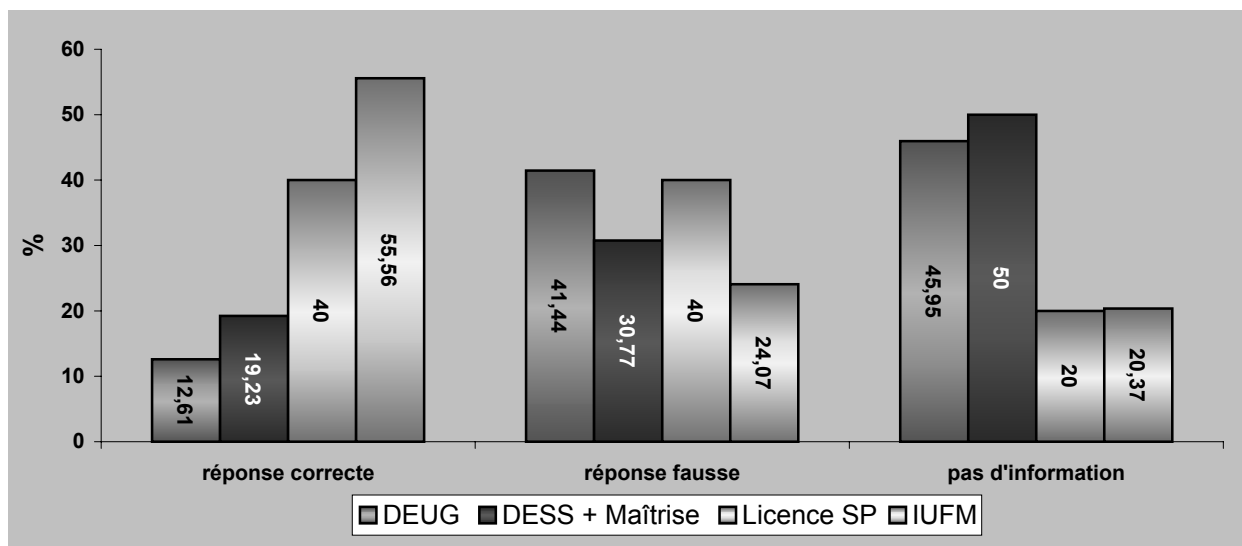
L'évaluation de cette question est construite sur trois thèmes : détermination de la répartition des réponses des étudiants, réponses correctes et fausses, ensuite pour chaque type de réponse, détermination de tendances de leurs raisonnements et de leurs argumentations et pour terminer, présentation des résultats à l'aide d'un tableau et d'un graphique.

5.1.9.4 Présentations des résultats :

Tableau 5.37 :

PAYS	Niveaux des étudiants	nombre d'élèves	Répartition des réponses					
			Réponse correcte		Réponse fausse		Pas d'information	
			n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	14	12,61	46	41,44	51	45,95
	DESS + Maîtrise	26	5	19,23	8	30,77	13	50
	Licence SP	30	12	40	12	40	6	20
	IUFM	55	30	55,56	13	24,07	11	20,37

Figure 5.48:



Résultats:

A partir du tableau puis du graphique, nous pouvons observer que, sauf les stagiaires, plus de 60 % étudiants n'arrivent pas à répondre correctement à cette question. En moyenne, la répartition des réponses pour tous les groupes est la suivante:

61/221 soit 22,60% de réponses correctes ;

79/221 soit 35,75% de réponses fausses ;

Et 81/221 soit 36,65% ne donnent pas d'information.

Comme nous l'avons constaté à partir des résultats, le seul point positif est l'augmentation des réponses correcte en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants. Autrement dit, cela dépend de l'augmentation des acquis des étudiants. Malgré cela, ce pourcentage ne dépasse pas 55%.

La réponse correcte à cette question pour un étudiant de DEUG est la suivante :

« Le phénomène est dû à l'équivalence entre la masse et l'énergie : lors de la formation d'un noyau, les nucléons perdent une certaine masse sous forme d'énergie pour la liaison des nucléons, c'est pourquoi les nucléons isolés ont une masse plus grande »

Quant aux raisonnements et aux argumentations des étudiants et des stagiaires, on a constaté les résultats suivants pour les réponses fausses:Le premier type de réponses fausses

s'installe sur un **manque de connaissance ou une faute d'interprétation de leurs acquis.** (cf. **annexe 5.4 pour les exemples**).

Le deuxième type de réponse fautive s'appuie sur un raisonnement sous l'influence de la **perception visuelle** ou du **sens commun** ou **une faute de transposition** entre les phénomènes macroscopiques et microscopiques ou **une analogie** avec les phénomènes macroscopiques. (cf. **annexe 5.4 pour les exemples**).

5.1.9.5 Conclusion

En général, pour tous les groupes, les étudiants sont loin d'un raisonnement scientifique pour cette question. Nous pouvons dire que plus les objets et les phénomènes sont loin de notre perception habituelle, plus notre raisonnement et notre façon d'argumenter sont éloignés de la réalité des connaissances scientifiques. Nous pouvons regrouper tout cela sous deux raisons principales : d'un côté la connaissance des individus sur le monde minuscule n'est pas bien construite ou est limitée, d'un autre côté ils sont sous l'influence d'un raisonnement perceptible à partir d'un monde visible ou du sens commun face à ce type de faits. C'est pourquoi ils essaient de répondre à cette question par une analogie qui n'est pas compatible entre les deux échelles (niveau perceptible et niveau atomique), autrement dit, **une faute de transposition**.

Quelques remarques à retenir :

A la lumière des réponses des étudiants, nous pouvons proposer quelques notes en vue de prolonger notre limite des expériences cognitives, perceptives ou sensorielles à petites échelles et avec de petit objet à propos du monde microscopique. Pour faire cela, il faut avoir

- ✗ une bonne connaissance sur les propriétés des objets et les phénomènes à des échelles différentes,
- ✗ connaître les rapports entre le concept d'énergie et de masse,
- ✗ une bonne transposition entre plusieurs échelles et reconnaître les points critiques entre les échelles (où les propriétés des objets ont tendance à changer),
- ✗ prolonger la limite des activités scientifiques tant au niveau théorique qu'un niveau perceptif ou qu'au niveau expérimental vers le monde microscopique,
- ✗ articuler des théories avec des expériences scientifiques et des applications scientifiques quotidiennes,
- ✗ articuler le visuel, le visualisé et le perceptif qui disposent de différentes informations à partir des qualités des objets.

5.1.10: Atome et molécule

5.1.10.1 Présentation de la question et des participants

Question 10	atome et molécule	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<p>✚ Si vous aviez la taille d'un atome, un noyau serait-il pour vous macro ou microscopique ? Explicitez votre réponse.</p> <p>✚ Qu'est-ce qui vous a convaincu que les atomes et les molécules existent ?</p>	A et B

5.1.10.2 Objectifs

Atome et molécule	a	Atome	Imagination scientifique/expérience cognitive
	b	Molécule	Raisonner/argumenter

L'objectif de cette question est, d'une part d'observer des liens entre l'imagination scientifique (imaginer l'atome) et l'expérience scientifique (comparer ce que l'on imagine), d'autre part, de voir comment différentes sources de connaissances influencent l'acquisition de la construction des connaissances jusqu'à engendrer la certitude de l'existence des atomes et des molécules.

5.1.10.3 Présentation des outils d'évaluation

Pour la première partie de cette question, nous avons tout d'abord déterminé la répartition des représentations des étudiants et nous allons les montrer dans un tableau, puis un graphique. Enfin nous avons regroupé les argumentations des étudiants.

Pour la deuxième partie de cette question, nous avons fait une autre grille à partir d'une lecture rapide de toutes les réponses des étudiants.

Pour l'argumentation de la deuxième question, nous avons déterminé les catégories suivantes pour mesurer la répartition des représentations des étudiants :

- 0: pas d'information ;
- 1: pas convaincu/rien ;
- 2: école/enseignement reçu/ les études
- 3: professeurs/ médiateurs scientifiques/chercheurs/savants
- 4: livres/documents/ modèles/images
- 5: expérience scientifique/démonstration/ le phénomène/observation personnelle
- 6: télévision/médias/culture scientifique/conférences/vulgarisations
- 7: conviction/ croyance/ curiosité/ observation personnelle/réflexion personnelle/logique personnelle
- 8: la structure particulière de la matière
- 9 :autres

A la lumière ces grilles, nous allons tenter d'observer la répartition des représentations des étudiants face à ce type de questionnements.

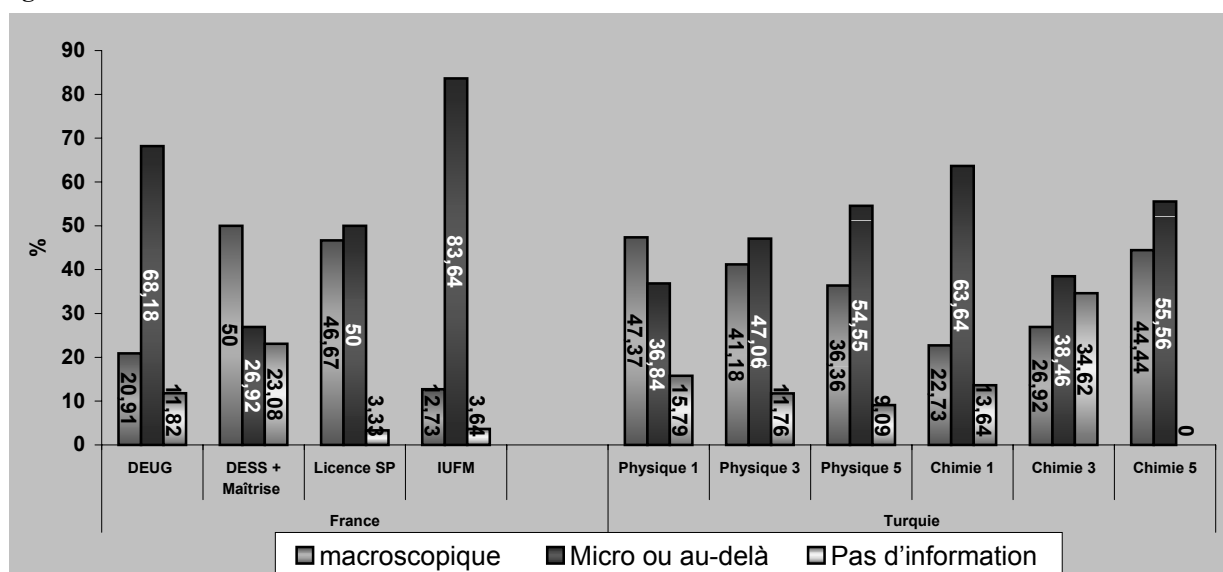
5.1.10.4 Présentations des résultats :

Pour la première question :

Tableau 5.38 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	Répartition du contenu des représentations des étudiants					
			macroscopique		Micro ou au-delà		Pas d'information	
			n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	23	20,91	75	68,18	13	11,82
	DESS + Maîtrise	26	13	50,00	7	26,92	6	23,08
	Licence SP	30	14	46,67	15	50,00	1	3,33
	IUFM	55	7	12,73	46	83,64	2	3,64
TURQUIE	Physique 1	19	9	47,37	7	36,84	3	15,79
	Physique 3	17	7	41,18	8	47,06	2	11,76
	Physique 5	11	4	36,36	6	54,55	1	9,09
	Chimie 1	22	5	22,73	14	63,64	3	13,64
	Chimie 3	26	7	26,92	10	38,46	9	34,62
	Chimie 5	9	4	44,44	5	55,56	0	0,00

Figure 5.49 :



Résultats :

Au total, la répartition des réponses se présente ainsi :

59, 38% microscopique ou au-delà,

28, 61% macroscopique,

Et enfin 12, 30 % pas d'information.

Nous pouvons dire que pour la majorité des étudiants, il y a une cohérence entre l'imagination scientifique et l'expérience cognitive. Cependant, nous observons que les taux de réponses ont tendance à croître en fonction de leur formation sauf quelques exceptions. Nous pouvons même dire que la cohérence entre l'imagination scientifique et l'expérience cognitive nécessite des connaissances et le développement mental des individus.

Quant à leurs argumentations pour cette question, nous pouvons les regrouper sous ces catégories :

pour ceux qui ont dit « macro » dans l'ordre suivant :

A : macro, car à notre échelle ;
 B : macro, car la masse totale du noyau est grande ;
 C : macro, car le noyau et l'atome ont les mêmes tailles ;
 D : macro, question de référence
 E : inclassable

Pour ceux qui disent « micro » ou « au-delà » :

A : micro, car le noyau fait partie de l'atome,
 B : micro, la taille ou le volume du noyau sont plus petits que ceux de l'atome ;
 C : micro, petite par rapport à la taille de l'individu ;
 D : micro, opinion, les causes venant de l'enseignement scientifique;
 E : inclassable

Pour la deuxième question :

A partir du graphique et du tableau, nous pouvons observer que la répartition des taux des réponses les plus élevées aux moins élevées est dans l'ordre suivante :

5>0>3>8,1>7>4>2>autres

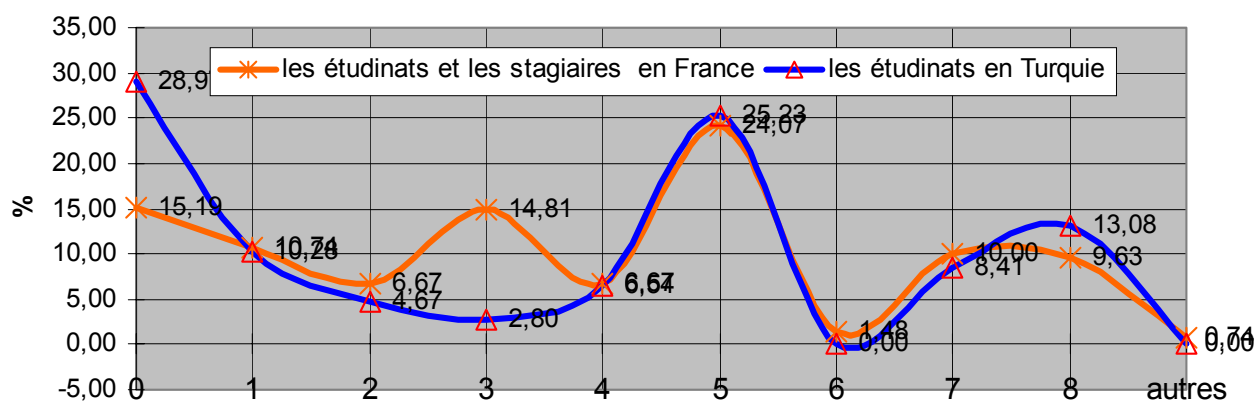
Cette répartition du contenu des représentations des étudiants, tant en France qu'en Turquie, sauf le 3 (pour les étudiants en France ce taux est élevé) est quasiment identique. Nous avons préféré faire une analyse sur la totalité, sinon nous ne pourrions pas recueillir d'informations significatives à partir des représentations des étudiants.

Enfin nous avons constaté que dans les deux pays, pour tous les groupes, les argumentations des étudiants sont centrées sur 5 (expérience scientifique, démonstration, les phénomènes, observation...). Ensuite 3 (écoles, enseignement/études)...

Tableau 5.39 :

PAYS	Niveau des étudiants	nombre d'élèves	entité	Répartition du contenu des perceptions des étudiants																			
				0		1		2		3		4		5		6		7		8		autres	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FRANCE	DEUG	110	142	24	16,90	15	10,56	9	6,34	19	13,38	5	3,52	33	23,24	2	1,41	22	15,49	13	9,15	0	0,00
	DESS + Maîtrise	26	26	6	23,08	2	7,69	5	19,23	3	11,54	1	3,85	2	7,69	1	3,85	2	7,69	3	11,54	1	3,85
	Licence SP	30	69	7	10,14	12	17,39	0	0,00	12	17,39	11	15,94	17	24,64	1	1,45	1	1,45	8	11,59	0	0,00
	IUFM	55	33	4	12,12	0	0,00	4	12,12	6	18,18	1	3,03	13	39,39	0	0,00	2	6,06	2	6,06	1	3,03
	total	221	270	41	15,19	29	10,74	18	6,67	40	14,81	18	6,67	65	24,07	4	1,48	27	10,00	26	9,63	2	0,74
TURQUIE	Physique 1	19	16	4	25,00	2	12,50	1	6,25	1	6,25	0	0,00	4	25,00	0	0,00	1	6,25	3	18,75	0	0,00
	Physique 3	17	19	6	31,58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,26	5	26,32	0	0,00	3	15,79	4	21,05	0	0,00
	Physique 5	11	12	1	8,33	3	25,00	2	16,67	1	8,33	2	16,67	0	0,00	0	0,00	2	16,67	1	8,33	0	0,00
	Chimie 1	22	24	8	33,33	5	20,83	1	4,17	0	0,00	0	0,00	6	25,00	0	0,00	1	4,17	3	12,50	0	0,00
	Chimie 3	26	27	9	33,33	1	3,70	1	3,70	1	3,70	1	3,70	9	33,33	0	0,00	2	7,41	3	11,11	0	0,00
	Chimie 5	9	9	3	33,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	33,33	3	33,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
total	104	107	31	28,97	11	10,28	5	4,67	3	2,80	7	6,54	27	25,23	0	0,00	9	8,41	14	13,08	0	0,00	

Figure 5.50 :



En ce qui concerne les argumentations de leurs réponses (cf. annexe 5.5) :

Remarque : Quand il s'agit d'une réponse « macro », les individus ont des difficultés pour argumenter leur réponse.

5.1.10.5 Conclusion

A partir d'analyses de représentations, premièrement, nous avons constaté que l'articulation entre l'imagination scientifique et l'expérience scientifique nécessite une bonne formation scientifique et celle-ci devient au fur et à mesure significative en fonction de l'avancement des études des étudiants.

Deuxièmement, les individus arrivent à se convaincre de l'existence des atomes et des molécules ou des particules minuscules à l'aide d'un certain nombre d'activités à travers les argumentations ci-dessous, celles-ci se présentent :

5>0>3>8,1>7>4>2>6>autres

5: expérience scientifique/démonstration/ les phénomènes/observation personnelle ;

0: pas d'information¹ ;

3: professeurs/ médiateurs/ scientifiques/chercheurs/savants

8: la structure particulière de la matière

1: ne pas convaincre/rien ;

7: conviction/ croyance/ curiosité/ observation personnelle/réflexion personnelle/logique personnelle

4: livres/documents/ modèles/images

2: école/enseignement reçu/ les études

6: télévision/médias/culture scientifique/conférences/vulgarisations

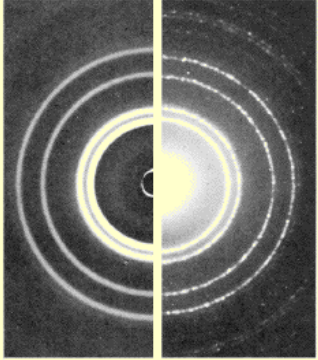
9 :autres

Nous pouvons dire que l'expérience, la démonstration et l'observation sont toujours des activités indispensables, d'une part pour l'acquisition des concepts et des faits des sciences actuelles, d'autre part en vue de mieux percevoir ce qui se passe autour de nous et ce qui se passe derrière l'apparence.

¹ « pas d'information » montre l'emplacement de ceux qui n'arrivent pas à argumenter leurs réponses dans l'ensemble

5.1.11 : Diffraction

5.1.11.1 Présentation de la question et des participants

Question 11	diffraction	Participants Le(s) groupe(s)
Parties des questions	<div style="text-align: center;">  <p>Rayons Xélectrons¹</p> <p>Les scientifiques ont observé beaucoup de choses à partir de cette photo. Et vous, qu'avez-vous observé ?</p> </div>	A

5.1.11.2 Objectifs

Diffraction	Corpuscule et onde	Faire un rapport entre le conçu, le perçu et les acquis scientifiques
-------------	--------------------	---

Cette question est un bon exemple dans l'histoire des sciences en vue d'avoir un rapport entre le conçu et le perçu à partir d'un certain nombre de résultats d'expériences scientifiques. Nous l'avons proposé aux individus ayant participé à notre enquête. Evidemment, nous n'attendons pas les mêmes raisonnements que ceux des grandes scientifiques, mais ce que nous attendons, c'est d'observer comment les étudiants font les allers-retours entre le conçu et le perçu à la lumière des démarches scientifiques qu'ils ont acquises au cours de leur formation.

5.1.11.3 Présentation des outils d'évaluation

L'outil d'évaluation pour cette question est le regroupement de types de réponses des étudiants en fonction de leurs raisonnements, de leurs argumentations et de leurs niveaux de formations.

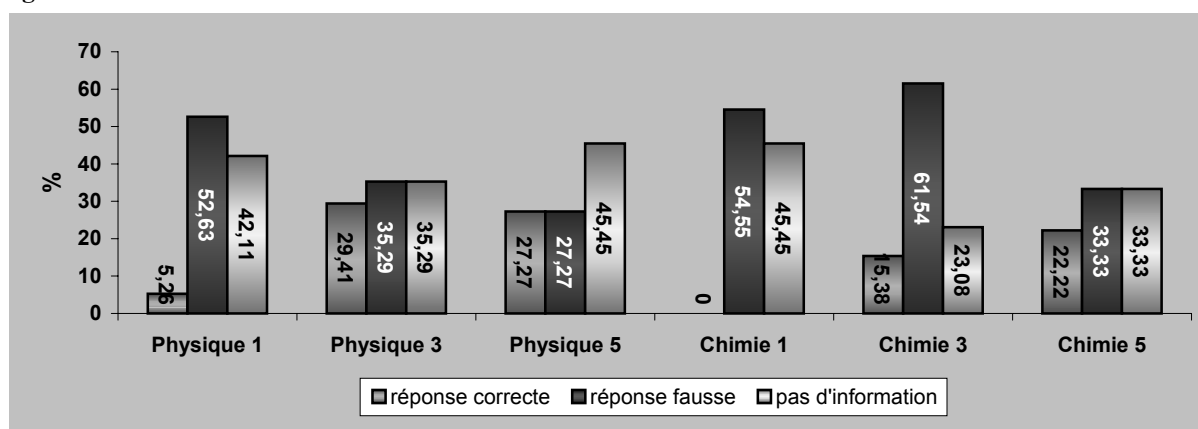
¹ A. P. Frenc and Edwin, *introduction to quantum physcis*, New York:W.W. Norton.1978.

5.1.11.4 Présentations des résultats :

Tableau 5.40 :

PAYS	niveaux des étudiants	nombre d'élèves	Répartition des réponses des étudiants					
			réponse correcte		réponse fausse		pas d'information	
			n	%	n	%	n	%
TURQUIE	Physique 1	19	1	5,26	10	52,63	8	42,11
	Physique 3	17	5	29,41	6	35,29	6	35,29
	Physique 5	11	3	27,27	3	27,27	5	45,45
	Chimie 1	22	0	0,00	12	54,55	10	45,45
	Chimie 3	26	4	15,38	16	61,54	6	23,08
	Chimie 5	9	2	22,22	3	33,33	3	33,33

Figure 5.51 :



Résultats :

Nous avons constaté que le taux de réponses correctes ou à peu près correctes, ne dépasse pas 29% et varie de 5,25% à 29,41%. Par contre le taux des réponses erronées ou des réponses qui ne possèdent aucune information est très élevé pour chaque groupe. Cependant, il y a une légère hausse du taux de réponses à peu près correctes en fonction de l'augmentation des niveaux des étudiants.

En ce qui concerne les argumentations de ces réponses, nous donnons des quelques exemples pour chaque type de réponses et pour chaque groupe dans l'annexe 5.6.

5.1.11.5 Conclusion

A tous les niveaux, sauf pour quelques personnes, la majorité des étudiants n'a pas pu donner une réponse appropriée à cette question dans le cadre scientifique. Ils sont plutôt sous l'influence de leurs perceptions habituelles, autrement dit, leurs expériences visuelles

quotidiennes ou des analogies non compatibles avec ces phénomènes. Même les réponses analogiques en quelque sorte sont issues de leurs expériences scientifiques visuelles.

Notre but pour cette question est d'observer des liens éventuels entre leur perçu et leur conçu (dans le cadre scientifique), mais nous avons constaté qu'ils manquent de connaissances sur ce phénomène très connu de la physique quantique. Nous pouvons expliquer cette d'une part, les étudiants, même s'ils arrivent à la fin de leur formation, manquent encore de connaissances scientifiques ou ils n'arrivent pas à les articuler ou ne savent pas articuler ce qu'ils ont acquis et ce qu'ils perçoivent face à une situation naturelle ou artefactuelle.

Une fois de plus, nous avons constaté que les étudiants n'arrivent pas à distinguer les effets des phénomènes microscopiques des effets des phénomènes du monde visuel ou autrement dit, ils ne sont pas capables de faire de bonnes transpositions entre les échelles ou entre les propriétés et les effets secondaires provenant des objets.

5.1.12 Analyse récapitulative pour les questionnaires

5.1.12.1 Analyse récapitulative par rapport au contenu des questions et des activités demandées

Tableau 5.41 montre les analyses des questionnaires d'une manière récapitulative par rapport au contenu des questions et par rapport aux activités que nous avons sollicités auprès des étudiants (élèves) tant au niveau conceptuel qu'au niveau perceptif.

Tableau 5.41
Analyse du contenu des questionnaires
Conceptuelle/contextuelle/cognitive/langagière

dénomination des questions		Contenu, contexte et activité demandée										
		Contenu						contexte		activité demandée		
		concepts	Cadre conceptuel			Cadre expérimental						
			descriptif	théorique	hypothétique	visible	perceptible	représentatif	scientifique	familier	Cognitive	Perceptive et Langagière
Energie	a	Energie		x	x		x	x	x		évoquer	décrire
	b	types de l'énergie		x	x	x	x	x	x	x	Raisonner	décrire / expliciter
	c	énergie		x	x		x	x		x	Imaginer/faire rassembler qqch./expérience cognitive	Dessiner/décrire
Atome		Atome, noyau, proton, électron		x			x		x		Imaginer/concevoir/Représenter/abstraire	Dessiner/décrire/expliciter
Propriétés macroscopiques	a	mouillage	x	x		x	x		x	x	Raisonner/ Faire la relation entre le perçu et le conçu	décrire
	b	couleur	x	x		x			x		Raisonner/ Faire la relation entre le perçu et le conçu	Décrire/expliciter
	c	Macro/micro/nano	x	x	x	x	x	x	x	x	Raisonnement transitif/ Faire le lien entre le micro et macro	Décrire/expliciter
Voir autrement	a	Atomes/molécules		x		x	x		x		Faire le rapport entre le perçu et le conçu	voir/décrire
	b	Atomes/molécules		x		x	x		x		Faire analogie/imaginer	voir/décrire
	c	Atomes/molécules		x		x	x		x		Faire l'analogie/imaginer	voir/décrire
	d	Atomes/molécules		x		x	x		x		<i>argumenter</i>	décrire
	e	Atomes/molécules		x		x	x		x		Raisonnement transitif	décrire
Une image	a	-				x	x			x	Faire le lien entre le perçu et le réel	décrire
	b	Concepts physiques				x			x	x	Raisonnement transitif	décrire

Interactions	a	force	x	x			x	x	x	x	Evoquer/ concevoir	Décrire/ expliquer
	b	interactions	x	x			x	x	x	x	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)	Décrire/ expliquer
Observer l'univers		Lumière, Ondes visibles et radio	x	x			x	x		x	Raisonnement descriptif et comparatif /argumenter	décrire
Vapeur d'eau et lumière	a	molécule		x			x	x		x	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)	décrire
	b	lumière	x	x			x	x		x	Faire une relation entre le perçu et le conçu (les théories)	décrire
Enigme de la masse manquante		nucléons		x	x			x	x	x	Raisonnement scientifique	décrire
Atome et molécule	a	atome		x	x			x	x	x	Imagination scientifique Expérience cognitive	décrire
	b	molécule		x	x			x	x	x	Raisonner/argu menter	Décrire
Diffraction		Corpuscule et onde		x			X	X	X		Faire un rapport entre le conçu, le perçu et les acquis scientifiques	Voir/décrire

5.1.12.2 Analyse récapitulative par rapport aux résultats des questionnaires (cf. tableau 5.41)

Cette étape de notre recherche a pour but d'intégrer les analyses des questionnaires, l'idée est de ne pas répéter ce que nous avons dit au cours de l'analyse, c'est plutôt de dire les points convergents et divergents entre les questions afin de les mieux interpréter. A la fin des analyses, nous avons vu que les attentes ne sont pas toujours compatibles avec les résultats. Cette incompatibilité a deux issues, l'une vers des idées inédites, l'autre vers des idées ordinaires pour la recherche, mais la diversité des outils de recueil de données compense ces distances.

Percevoir un objet ou une de ses qualités et représenter celles-ci dans notre structure mentale nécessite une longue démarche de conceptualisation entre le sensoriel et le catégoriel à travers plusieurs démarches scientifiques. C'est pourquoi, toutes les questions que nous avons organisées s'installent à la fois sur un cadre conceptuel et perceptif, parfois l'un est un peu plus dominant par rapport à l'autre. Le but est de voir comment un concept, une méthode,

une représentation nous aident à percevoir une ou plusieurs qualités des objets ayant été installés au cœur d'un phénomène naturel ou d'un phénomène artificiel.

Suite aux analyses des questionnaires, afin de trouver des points d'articulations entre les questions, nous commençons au préalable sur la question de l'énergie : à la lumière de cette question nous avons obtenu beaucoup d'informations sur le concept d'énergie, soit sa place dans notre structure intellectuelle, soit l'organisation de son contenu et ses relations avec les autres concepts, soit les reflets pluridimensionnels sur les individus et au sein de la société à propos du langage scientifique et quotidien. Surtout, interroger un concept à partir de différents registres apporte des informations riches.

L'analyse du concept de l'énergie nous a permis de construire une bonne grille de lecture pour juger la totalité des représentations des étudiants concernant un concept complexe et de concevoir les grilles d'évaluation des autres questions tant au niveau conceptuel qu'au niveau perceptif.

Dans un premier groupe, nous pouvons ressembler les questions **2, 4 et 10** (« *représentation de l'atome* », « *voir autrement* » et « *atome et molécule* »). Ces questions ont été construites afin d'avoir des informations de différents registres conceptuels et perceptifs de l'atome, de la molécule et des particules au niveau atomique. Pour la deuxième question, les étudiants se sont orientés vers les modèles atomiques, pour la quatrième question, sur les objets perceptifs soit au niveau microscopique, soit au niveau macroscopique et pour la dixième question, les étudiants ont imaginé les entités isolées les unes des autres. Chaque question nous a apporté des informations précieuses, mais ne sont pas tout à fait compatible entre eux. C'est plutôt la façon d'interroger qui joue un rôle déterminant, en changeant les questions nous obtenons des résultats différents. Les points communs entre ces questions, les étudiants ont du mal à raisonner et à imaginer ou faire un repère dans le monde des particules minuscules, car à partir d'une limite, par exemple hors de la limite d'un microscope, le monde devient abstrait et la majorité des étudiants perdent leur capacité d'imagination. Surtout au niveau de l'argumentation les étudiants ont beaucoup de difficulté.

Dans le deuxième groupe, nous pouvons considérer ensemble les questions **3 et 8** (« *propriétés macroscopiques* » et « *vapeur d'eau et lumière* »). Celles-ci ont été organisées sur les propriétés de la matière. Nous avons constaté que ce type de question nous a apporté beaucoup d'informations tant au niveau perceptif qu'au niveau conceptuel et expérimental. En effet connaître mieux les propriétés de la matière à différentes échelles visibles et invisibles est une clé en vue de construire un pont entre l'individu et les phénomènes qui nous entourent. Car nous percevons d'emblée les propriétés de la matière, puis à l'aide des outils perceptifs et conceptuels, nous organisons ces percepts et développons notre limite de perception.

Dans le troisième groupe, nous avons regroupé les questions **5, 6 et 11** (« *une image* », « *interactions* » et « *diffractions* »). Dans toutes ces questions, nous avons demandé aux étudiants de raisonner à partir d'une photo, d'un modèle ou d'une représentation par

l'intermédiaire d'une théorie ou d'une méthode pour saisir ce qui se passe la derrière de ces clichés. Mais il y a un certain nombre de décalages entre nos objectifs et les résultats, enfin ils ne sont pas tout à fait compatibles entre eux. Ceci montre que si on n'a pas assez de connaissances sur un phénomène physique pluridimensionnel, on se sera jamais capable de saisir ce qu'on se représente avec une image ou une représentation ou un modèle. Pour ces types de questions, les étudiants s'orientent toujours d'après ce qu'ils percevaient auparavant, non pas d'après notre question. Nous utilisons beaucoup ces types d'images dans l'enseignement actuel ou dans les discours scientifiques, si nous voulons avoir des informations fiables sur ces types d'images, il faut absolument préciser et éclaircir plus le cadre des images, est-ce un modèle, un cliché réel, une image produite, un objet réel ou visualisé et quelle est la vraie échelle de l'image ? Pour notre recherche, la construction de ces questions n'est pas une affaire négative, nous avons même vu comment les étudiants raisonnent face à des situations construites à l'aide de ces types d'images.

La 7^{ème} question (« *observer l'univers* ») est aussi dans la même catégorie, mais elle nous a apporté des informations compatibles par rapport à nos attentes. Car nous avons donné des informations complémentaires afin d'éclaircir le cadre, l'échelle de ces clichés et leurs manière d'être traitées. Un autre point de vue, ces clichés sont compatibles avec les perceptions habituelles des étudiants sur les représentations des objets macroscopiques, surtout sur les objets célestes qui sont moins abstraits par rapport aux objets invisibles et plus représentatifs.

La 9^{ème} question (« *énigme de la masse manquante* ») a été construite à l'aide d'une analogie pour montrer un phénomène atomique à notre échelle. Comme les autres questions, le manque d'une théorie compatible à ce phénomène et la disparité entre l'échelle microscopique et macroscopique cause des représentations fausses. Surtout les étudiants au début de leur formation supérieure ont du mal à donner une réponse cohérente à cette question. L'utilisation d'une analogie non compatible entre les différentes échelles et l'absence d'une théorie compatible produit des obstacles pour les raisonnements des étudiants et rend difficile la perception de la vraie nature du phénomène.

Toutes ces questions montrent que si nous n'arrivons pas à percevoir un objet, un phénomène ou une de ses représentations par intermédiaire d'une ou plusieurs qualités, nous n'arrivons pas à établir le processus d'abstraction. De même, la non-dissociabilité entre « le modèle et la réalité », « le concept et l'objet » et « la méthode et la théorie » rend un certain nombre de difficultés pour l'articulation des composantes des savoirs scientifiques. Ces deux catégories méritent d'être travaillé afin d'augmenter le rendement de l'enseignement scientifique et du fonctionnement cognitif des individus.

5.2 Analyses des entretiens¹

Cette étape apporte aussi des informations précises et complémentaires. On avait déjà parlé de l'importance du questionnaire et de la formation de ces questionnements. Avant de passer à l'analyse des réponses des étudiants de différents niveaux, j'aimerais préciser que l'analyse théorique des questions réalisera selon l'ordre du guide des entretiens. A la fin ce chapitre, nous retrouvons une analyse récapitulative en vue de favoriser la lecture et la compréhension des représentations des étudiants, à tout moment nous pouvons nous référer à cette analyse et au tableau 5.42.

Dans chaque question, l'analyse peut être variée en fonction de la diversité des réponses, soit j'associerai le type de représentation des étudiants, soit je propose quelques extraits de leurs propos. A la fin de chaque regroupement vous trouverez un commentaire pour chaque groupe ainsi qu'une conclusion finale.

5.2.1 :1^{er} question

Si vous cherchiez à définir une frontière entre **le monde microscopique** et **le monde macroscopique**, où la situeriez-vous ? Quel serait votre critère ?

n	Types de représentation	Etudiants turcs (n :15)	Etudiants français (n :14)
0	pas d'information	12	8
1	l'œil et nos cinq sens	1, 10, 13, 14, 15	1, 2, 3,4,5, 10, 13, 13
2	expérimentations scientifiques, les repères (limites) scientifiques	4, 6, 7	14
3	constante de Planck (h)	3	-
4	on ne peut pas donner une réponse précise	5, 9	-
5	il n'y a pas de frontière/ passage continu	8	9
6	passage des propriétés uniques aux propriétés plurielles	11	-
7	La limite entre la micro et la macro est de notre échelle, ce qui est petit appartient à la micro, ce qui est grand appartient au macroscopique	2	7
8	Inclassable	-	6, 11

Des extraits de réponses d'étudiants pour cette question² :

FI-1 : *un raisonnement visuel*

E : à la l..., à la limite du visible. Dès que je vois, pour moi, c'est macroscopique, quand je vois pas, microscopique, à l'œil nu

F5-37 : *un raisonnement descriptif/visuel*

E : bein, pour moi, microscopique, c'est tout ce qui est, c'est tout ce qui est petit, tout ce qui est les bactéries, tout ça, et le macroscopique, c'est le monde qui est autour de moi quoi

K : y a une frontière à ton avis ?

E : non, je crois pas

K : pourquoi ?

¹ cf. l'annexe 2 pour la transcription des entretiens

² La codification, par exemple : **F1-78** : (étudiant(e) français(e), 1^{er} étudiant(e), page 78), **T8-16** : Etudiant(e) turc(que), 8^{ième} étudiant(e), page 16).

E : parce-qu'il y a toujours plus petit que... toujours plus petit quoi

F14-74 : Une réflexion multidimensionnelle

E : (rires) c'est philosophique (rires). Le monde microscopique, euh, et bein ça appartient à une certaine mesure déjà. Donc, pour le monde microscopique, c'est déjà ce qui n'est pas observable à l'œil nu (rires), et le monde macroscopique

K : Peux-tu les distinguer facilement, par exemple y a un objet, tu peux dire c'est macroscopique, ou tu fais une observation, c'est quelque chose de microscopique. Tu peux distinguer facilement ?

E : distinguer facilement ? Mais disons qu'à partir du moment où je le vois à l'œil nu, pour moi, c'est ça fait partie du monde macroscopique. Et à partir du moment où il faut d'autres outils pour pouvoir observer, ça fait partie du monde microscopique

K : par exemple, pour les virus, on utilise le microscope

E : oui

K : on peut voir à l'œil nu ou avec un appareil.

E : oui avec un appareil

K : c'est quelque chose de microscopique ou de macroscopique ?

E : euh (réflexion) le virus. Je serais quand même tenté de dire que c'est microscopique, parce-qu'on a besoin d'un appareil, enfin on a besoin de l'adaptation de la vue, pour voir ce qu'on ne peut pas voir comme ça, euh, ce qu'il y a autour de nous. Donc pour moi, tout ce qu'on peut voir à l'œil nu est macroscopique encore une fois, et à partir du moment où on a besoin d'un outil pour le voir, ça devient, ça rentre dans le domaine du monde microscopique. Mais là, c'est faux, enfin, c'est pas tout à fait juste, parce-que par exemple les planètes et l'observation des astres c'est le monde macroscopique, et on a quand même besoin d'appareils. Donc, c'est vraiment à la limite, je sais pas comment, j'ai été clair ou pas, enfin tu vois ce que je veux dire ?

K : non, non, tu dis ce que tu veux

E : oui, bein voilà, pour moi, c'est ça. C'est, un virus, je le mettrais dans le monde microscopique quand même.

T1-1 : raisonnement descriptif

Y : Comment j'établirais une limite ? Je ne peux pas mettre une limite, quand on dit microscopique, je pense à des choses très petites invisible à l'œil nu, quand on dit macroscopique je pense à des choses très grandes, mais je ne peux pas délimiter totalement.

T6-23 : raisonnement conditionnel (idéal pour ce type de questionnement)

M : Avant, lorsque j'enseignais aux étudiants, je croyais que la plus petite charge électrique était l'électron. Cependant j'ai vu que lui aussi se divise, c'est-à-dire en posant une limite comme la limite la plus petite, c'est limiter l'homme lui-même. Le mieux c'est de ne pas limiter, de ne pas définir. Car ce n'est pas très agréable de dire « oui » un jour à une chose à laquelle on dit « non » le lendemain. Mais nous pouvons dire cela, dans ces conditions. La limite est celle-ci, si nous allons au -dé la, la limite sera celle-là ; Je pense qu'aborder le sujet de cette manière serait bien plus sensé sinon les limites que l'homme se fixe n'ont pas de sens.

T7-30 : raisonnement scientifique (importance d'une limite scientifique)

E : Ma foi, difrencier n'est pas possible mais généraliser peut se faire, c'est-à-dire qu'en choisissant un échelle intermédiaire nous pouvons dire en fonction de cela, s'il est petit au grand.

.....

E : Cela, peut changer d'une personne à l'autre mais il est nécessaire dedefinir une référence.

T3-10 : raisonnement scientifique, (c'est le constant « Planck h » qui précise la limite entre le monde macro et micro), pas d'argumentation scientifique

B. D'après ma connaissance, la constante « Planck h » sépare l'échelle microscopique et macroscopique....

T8-9-38 : raisonnement visuel/raisonnement transitif dans le même discours avec deux étudiants

Mu : je ne peux pas déterminer une limite en fonction de la dimension: petit microscopique et grande macroscopique . A vrai dire aucune limite nette ne me vient à l'esprit pour l'instant. On ne peut pas dire qu'ils sont liés l'un à l'autre, qu'ils sont sur une ligne droite, qu'ils passent d'un endroit à un autre.

Me : c'est-à-dire quand on regarde du côté microscopie en fait les atomes macro te micro exposent des images parallèles entre elles. A mon avis, tout ce qui est visible appartient au monde macroscopique , ce qui est invisible, au monde microscopique.

I:est-ce que les images vues au microscope sont microscopique et macroscopique ?

Me : Microscopique

Mu : à mon avis, elles sont microscopique aussi.

I: il s'agit seulement d'une appellation, ne vous en souciez pas.

Mu: En fait, comme le dit mehmet, il ne serait pas juste de parler d'une limite nette entre micro et macro parce que c'est une large spectre, qui contient beaucoup de choses.

I: disons qu'il s'agit d'une transition continue et mettons fin au débat, voulez-vous?

T11-51 : *raisonnement relationnel*

S: Quand on parle du microscopique, il s'agit plutôt des propriétés particulières des molécules, quand on parle du macroscopique, il s'agit plutôt des propriétés des ensembles de molécules.

T2-5 : *raisonnement dialectique* (la limite varie selon les objets et les références)

A :Lorsqu'on parle du monde microscopique, je pense à des notions telles que « noyaux à l'échelle de l'atome, microbes, cellules. Lorsqu'on dit macroscopique je pense à des notions telles que la lune et le soleil...

I : Existe-t-il une limite entre les deux ? Est-ce une transition, jusque-ici macroscopique, jusque-là microscopique ?

A :Donc, macroscopique ou microscopique se détermine par rapport à nous. C'est-à-dire que les choses plus petites que nous sont microscopiques. Les choses plus grandes que nous, par exemple même cela nous ne pouvons le qualifier de microscopique à notre échelle. Mais la terre et le soleil sont macroscopique car ils sont beaucoup plus grands que nous.

I :Donc, c'est nous qui l'établissons ?

A : par nous, j'entends macroscopique par rapport à nous par exemple peut-être que pour un microbe l'atome n'est pas microscopique.

Résultats :

Sauf pour quelques étudiants, le monde micro et macro sont deux mondes distincts.

Pour les deux groupes d'étudiants, les tendances sont centrées sur la vision et la vue. C'est la vision qui précise la limite de ces deux mondes.

Seulement un étudiant (**TR3**) donne une réponse qui a un sens quantique, en utilisant la constante de Planck pour déterminer le passage du monde macro au monde micro.

Les types de raisonnement au début de l'université sont plutôt descriptifs et visuels, au fur et à mesure, ils ont tendance à être diversifiés, relationnels, conditionnels, transitionnels, dialectiques.

4 étudiants s'abstiennent de donner une réponse pour cette question. Pour donner une réponse logique, il faut se référer à la science.

5.2.2 : 2^e question

Si nous avions la taille des molécules, Qu'est-ce qu'on pourrait voir autour de nous?

n	Types de représentation	Etudiants turcs (n :15)	Etudiants français (n :14)
0	Pas d'information	-	-
1	Atomes, molécules	1, 5, 11, 12	1, 2,5, 6, 9, 11, 14
2	Des objets comme autour de nous	2, 3, 4, 10	-
3	Des ronds, des sphères	6, 9	-
4	Des choses non significatives	7	-
5	Une grande quantité d'électrons	8	6
6	Des particules et des organismes micro	13, 14	7, 12, 13
7	Interaction /énergie	15	-
8	vide	-	3
9	Des particules sous atomiques	-	4
10	des choses théoriques	-	10

Quelques extraits de réponses d'étudiants pour cette question

T1-1 : *imagination/expérience cognitive*

Y: je voyais probablement les objets microscopiques. Par exemple la façon dont les plus grandes molécules s'unissent .

I. Arrivez-vous à voir les atomes ?

Y :Non, parce qu'ils sont plus petits ?

T2-5 : *manque de transmission aux différentes échelles*

E : je ne les voyais pas comme des molécules mais encore comme des objets.

T6-23 : *imagination liée aux connaissances scientifiques*

M : Si on était à l'échelle d'une molécule, on imagine des sphères reliés entre-elles autour de nous. Un monde à partir de sphères. Avec très peu d'espace entre elles. Euh.. Leur formes cubiques, hexagonales, sont **comme un ensemble de bâtiments**. Peut-être, pourquoi pas ?

T8-39 : *imagination scientifique, liée à la réalité de la constitution atomique*

Me : Moi, ce que je peux voir serais en grande partie des électrons him...le noyau de l'atome forme une petite partie dans la structure de l'atome. Him...autour du noyau atomique se trouvent les électrons qui se déplacent, ils seraient encore trop petits,

T15-75: *imagination scientifique, distinction de la réalité du modèle, voir l'énergie et l'interaction des particules*

I : Pouviez-vous voir les atomes ou les molécules ?

E : Him...je les voyais dans une dimension microscopique ?

E : Par exemple, voyiez-vous les liens chimiques ?

E : Non, de toute façon les liens chimiques ne sont pas des traits comme dans les livres mais je voyais probablement les réactions. Il y a réaction mais il s'agissait sans doute dans ce cas d'une sorte d'énergie. Je ne sais pas, le photon de lumière est comme cela.

I : des exemples complexes donc !

E : Oui des choses complexes. Il s'agirait sans doute de choses très complexes mais sûrement pas de choses que l'on peut toucher à la main.

F14-74: *imagination dans l'invisible*

E : qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ? bein, on verrait pleins de molécules, ailleurs (rires), on verrait d'autres molécules. Bein, on verrait **d'autres molécules**, et, enfin, ça si vous voulez, pour moi, une image euh, la taille des molécules et la taille des atomes, si on reprend le référentiel, on retranscrit le monde moléculaire, bein on se retrouve comme sur Terre, euh face à l'univers. Voilà comment moi je vois, enfin, si en tant que molécule, je verrais ce qu'on voit nous en tant qu'enfin, ce qu'il y a dans le monde, dans l'univers, voilà comment, voilà

F3-10: *une réflexion intéressante, voir le vide !*

E : pas grand chose, surtout du vide

K : surtout du **vide** ?

F10-48 : *imagination sur les objets théoriques, voir les orbitales*

E : euh des des atomes, **des orbitaux**, euh (rires) on remarque les orbitaux, non, peut-être pas, mais euh (réflexion)

Résultats :

La première grande tendance des étudiants est centrée sur les molécules et les atomes, car pour eux être la même échelle que les molécules équivaut à voir les objets à notre échelle. D'un côté, ce type d'imagination est logique, d'un autre côté, elle est fautive, car elle est équivalente à une vision macroscopique.

Deuxième tendance, qui est plus logique peut-être, c'est la vision des objets et des organismes minuscules, non pas seulement des atomes et des molécules.

Ensuite, pour 4 étudiants, il n'y a pas de changement perceptif radical, on peut voir quelques réponses similaires aux objets macroscopiques.

Certains étudiants commencent à plus distinguer les constructions théoriques et les objets réels en fonction de l'avancement de leurs études vers la fin de leur formation, ils essayent même de voir par exemples les orbitales.

Après avoir lu toutes les réflexions des étudiants, j'ai constaté qu'ils ont du mal à passer d'une échelle à l'autre, le premier obstacle de ce type d'imagination est de considérer que toutes les choses sont identiques, sauf les dimensions qui sont relatives.

Comment peut-on imaginer correctement ? Il faut d'abord bien distinguer à tous les niveaux, ce qu'il y a . Que va-il se passer au cours du passage d'un niveau à l'autre ?

Par rapport à notre connaissance, il y a deux étudiants qui ont répondu à notre question par un raisonnement scientifique et une imagination scientifique suivant ce raisonnement, c'est la visibilité des nombreux électrons.

5.2.3 :3^{ème} question

Nous utilisons plusieurs échelles afin de bien expliquer les phénomènes autour de nous, comme l'échelle atomique, **microscopique**, **nanoscopique**, **mésoscopique**... Pour des protons et des neutrons, dans quelle échelle vous placez-vous ?

Résultats :

Cette question n'est pas tout à fait compréhensible pour les étudiants turcs, il me semble qu'elle est liée au langage des sciences.

Pour les étudiants français, 2/14 étudiants ont répondu que cette échelle est plus grande que l'échelle atomique, pour 2/14 elle est comparable à cette échelle, pour 6/ 14 étudiants elle est petite que l'échelle atomique, les autres n'ont pas d'idée précise sur cette question.

Ceci veut dire que d'une part, le langage des sciences est important pour pouvoir mieux communiquer, d'autre part pour pouvoir faire augmenter la capacité d'imagination et de l'expérience mentale, nous devons connaître les dimensions des objets et leurs échelles.

5.2.4 : 4^{ème} question

On parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopiques, si vous aviez à choisir deux autres adjectifs à la place des précédents, quels seraient-ils ?

n :étudiants en France	pour le monde micro	Pour le monde macro
1	visible	invisible
2	Au lieu de dire micro macro, il faut élargir les nombres des échelles et donner encore des noms plus précis pour mieux connaître les objets et les phénomènes	
3	observable	visible
4	petit	grande
5	invisible	visible
6	minuscule	gigantesque
7	le monde minuscule	le monde des grands objets
8	plus minuscule	immense
9	minuscule	immense
10	petit/invisible	grand/visible
11	minuscule	majuscule
12	petit	grande
13	invisible	l'échelle humaine
14	infinitésimal	gigantesque

Résultats :

La réflexions des étudiants « je ne sais pas », « je n'ai pas de vocabulaire spécifique ». Pour certains, la limite de la visibilité peut être changée à l'aide des appareils.

Sur ce tableau, on peut constater qu'il y a deux types de tendances du raisonnement, l'une est toujours assemblée autour de la vision oculaire, l'autre est centrée sur la mesure métrique, ainsi c'est la règle qui définit la petitesse et le lointain des objets.

Comme pour la question précédente, les étudiants turcs avaient du mal à donner une réponse à cette question. La raison est encore une fois, il me semble, liée au langage, de quelle manière ? D'une part, quand j'ai traduit toutes les réponses des étudiants français ; il y a des mots alternatifs turcs pour chaque mot et pour chaque expression, mais les deux adjectifs « micro et macro » ne représentent pas grand chose pour eux. En effet ces mots ont été empruntés directement de la culture scientifique occidentale sans avoir été intégrés au langage propre. Ceci pose un obstacle pour les étudiants turcs, plus précisément, la non-intégration de certains mots scientifiques étrangers empêche l'articulation entre le langage propre et le langage scientifique.

La question essentielle dans cette conjoncture est, comment peut-on surmonter ce type d'obstacle ? Je pense qu'un bon passage d'un langage à un autre et l'emplacement de l'*épistémologie* trouveraient une contribution à ce dysfonctionnement. Car, nous pouvons multiplier ces types d'obstacles au sein de la science et de l'enseignement de la science.

5.2.5 : 5^{ème} question

Que signifie le mot "spectroscopie" pour vous? Quel est son importance dans la science et dans la vie quotidienne? Pouvez-vous donner des exemples de son utilisation?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants sur la spectroscopie
1	Je ne comprends pas
2	Je l'entends pour première fois
3	Le fait de diviser les longueurs d'ondes de la lumière et le fait de décomposer des particules qui les constituent
4	Pour moi, je pense en premier lieu à la lumière , le fait de diffuser de la lumière et de la décomposer
5	Cela nous sert à découvrir les particules très petites
6	Dans ma culture scientifique , le fait de donner des informations de la lumière à propos de la matière , il y a plusieurs types de spectroscopie mais je n'en connais pas beaucoup, pour moi quand il s'agit d'un spectre, la première chose qui me vient c'est la lumière ...
7	... une méthode pour connaître la matière
8	l'ensemble des informations cachées dans la matière..
9	Ça ne m'évoque pas quelque chose
10	Rien
11	Pas d'information
12	Une méthode en chimie analytique, pour trouver des liaisons chimiques et des éléments
13	Avoir des informations sur la matière et rendre visible ce qui n'est pas visible
14	Une méthode , quel élément, il s'agit de quel type de radiation responsable, quel type d'absorption
15	Avoir des informations sur la matière en donnant l'énergie et des ondes électromagnétiques.

Résultats 1:

La construction de la méthode spectroscopique nécessite un long parcours, car les étudiants peuvent la comprendre à condition qu'elle serve à faire quelque chose, sinon elle ne représente rien pour eux, ainsi plus leur formation est avancée plus leur interprétation est significative.

Les étudiants répondent à cette question selon leurs acquis expérimentaux, par exemple les physiciens parlent plutôt de la lumière et de leurs effets sur la matière, par contre les chimistes parlent d'éléments ou de liaisons chimiques, les points communs sont d'avoir des informations sur la matière.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants sur la spectroscopie
1	la servitude des objets en fonction de la lumière ou de leur absorbance et de l'absorbance quoi, ce serait une interaction de la lumière avec la matière (REPONSE CORRECTE)
2	La mesure d' absorbance de diverses solutions. Ça nous permet de mesurer les propriétés de la matière .
3	E : bein c'est euh c'est quand on a le spectre complet de la lumière. C'est-à-dire euh en fonction de la longueur d'ondes, et qu'on veut déterminer par exemple l'absorbance à une certaine euh, à une certaine longueur d'ondes K : quelle est l'importance à ton avis ? E : dans la science, c'est important pour calculer les pourcentages des molécules , quand on sait l'absorbance à une longueur d'ondes précise , ben dans la vie quotidienne, ben tout ce qu'on voit hein : les couleurs tout ça, c'est que c'est que de la spectroscopie, vu que y a de l'absorbance pour les peintures, pour euh
4	Spectroscopie de masse pour analyser les isotopes
5	Je l'ai entendu mais je ne sais pas tout à fait à quoi ça sert !
6	L'étude des spectres , qui montre, qui met en évidence les échelles énergétiques
7	C'est la décomposition de la lumière
8	Pas d'information
9	Les longueurs d'ondes , ça sert à mesurer la partie d'une solution
10	Spectre, ça nous permet de caractériser une méthode de mesure
11	C'est l'analyse des spectres , ça nous indique les fonctions qu'il y a dans un composé
12	E : ben c'est l'analyse des spectres E : ça nous aide ! ah effectivement ça nous aide, par exemple euh, là on va en chimie , on peut lire grâce à la spectroscopie, pleins de choses, des des, on fait des analyses des, pour savoir entre une molécule , pour la reconnaître K : plutôt pour reconnaître le monde microscopique, le monde macroscopique, ou bien les 2 ? E : <i>ben je pense qu'on commence par microscopique, parce-que c'est ce qu'on définit au départ, mais en remontant, on peut découvrir le macroscopique</i> (RAISONNEMENT TRANSITIF) ...
13	K : d'accord. Le mot spectroscopie, que signifie-t-il pour toi ? E : la spectroscopie ? K : oui spectroscopie. Aujourd'hui c'est une science E : ouais, euh, la spectroscopie, euuuuhhhh, bein c'est, (silence, réflexion) c'est, analyser euh une molécule euh pour euh, pour faire des spectres, en fait, euh qui vont nous permettre d'identifier les différents composants qu'on aura dans cette molécule et donc, euh, passer à une échelle inférieure que celle l'échelle de la molécule en fait et, connaître les constituants même de... K : c'est reconnaître plutôt le monde microscopique, reconnaître le monde macroscopique, ou bien les 2 ? E : euh, (silence) bein en fait, quand on fait de la spectroscopie, on s'attarde sur une molécule donc, c'est le monde microscopique, pour pouvoir la la définir vraiment, savoir quels sont ses composants, mais après c'est des études qui vont servir dans le monde macroscopique parce-que le monde macroscopique, bein c'est un ensemble de molécules, donc c'est un ensemble microscopique, et à ce moment-là, on pourra connaître K : tu te dis à peu près, c'est la même idée E : oui, oui, bien, je pense, je pense que de connaître dans le monde microscopique, puisque c'est la même chose, c'est juste à une taille différente , ça nous permet aussi de mieux comprendre les choses macroscopiques (RAISONNEMENT TRANSITIF ENTRE LE MONDE MICRO ET MACRO) K : par exemple, pour les étoiles, les étoiles lointaines, E : oui K : on utilise en même temps la spectroscopie ? l'as tu déjà entendu ? E : euh, non, ça je, je sais pas. Mais j'imagine que certainement K : ce serait possible ? E : euh, enfin ceci dit, il faudra avoir une molécule (rires), donc il faudrait être allé la chercher. Donc euh à mon avis, c'est plutôt des spéculations, euh en imaginant euh, quels seraient les constituants. Mais pour faire de la spectroscopie, comme nous on le fait en TP, il faut avoir la molécule, donc euh en tant que spectroscopie, à mon avis, c'est pas possible. (PAS DE TRANSPORTION DE LA METHODE)

14	<p>K : le mot spectroscopie, que signifie-t-il pour toi ?</p> <p>E : (rires) euh, spectroscopie.</p> <p>K : spectroscopie</p> <p>E : qu'est-ce que ça signifie pour moi ?</p> <p>K : de temps en temps on entend le mot spectroscopie, parce-qu'on l'utilise souvent dans le monde, dans la science</p> <p>E : ouais. C'est (quelques secondes de silence), c'est une étude bein microscopique des composants chimiques, par le biais de différentes méthodes spectroscopiques justement, donc par l'étude de spectres, en gros. Euh, mais c'est une étude pour moi, dans le monde enfin, moléculaire, donc on revient dans le monde microscopique, ouais.</p> <p>K : quelle est son importance ?</p> <p>E : quelle ?</p> <p>K : quelle est son importance dans notre vie ? La spectroscopie ? Aujourd'hui, c'est une science</p> <p>E : euh, l'importance ? Mais après est-ce qu'on est d'accord avec tout ce qui se passe aujourd'hui, ça c'est une autre question (rires), personnellement je suis pas tout à fait d'accord, mais à quoi ça... ça a pris une place parce-que l'homme veut savoir exactement à quoi ressemble la chose et veut absolument toucher, ce qu'il ne peut pas toucher, donc c'est un intermédiaire la spectroscopie, on peut, on peut s'imaginer la forme d'une molécule, euh grâce à des spectres en fonction des ondes</p> <p>K : c'est quelque chose qui fait connaître le monde microscopique ou le monde macroscopique ?</p> <p>E : j'ai pas compris</p> <p>K : pour une spectroscopie qu'on utilise... visualiser quelque chose ou bien comprendre le monde caché</p> <p>E : oui</p> <p>K : le monde de la spectroscopie, c'est plutôt microscopique ou macroscopique ?</p> <p>E : euh, (quelques secondes de silence) c'est plutôt euh, c'est une révélation du monde microscopique, ça nous révèle la composition, par exemple d'une solution, qu'on peut pas voir à l'œil nu, enfin ce qu'il y a en tant que molécule à l'intérieur d'une solution que l'on peut voir à l'œil nu, la solution on peut la voir, mais les molécules à l'intérieur, on peut pas les voir, donc en faisant plusieurs spectres RMN, infrarouge et UV, on peut essayer de...de définir, euh, enfin définir, de se représenter la molécule qui compose la solution</p> <p>K : pour les étoiles lointaines, qu'est-ce qu'on peut dire. On peut utiliser la spectroscopie ?</p> <p>E : alors ça c'est pas mon domaine, donc je peux pas vous répondre complètement, mais il me semble que les les étoiles, oui, puisque, puisque c'est des UV et c'est des rayons, enfin on reçoit des rayons, enfin, oui les étoiles, vu qu'elles émettent des longueurs d'ondes qui vont du, bein de l'infrarouge à, au bien plus petit, à l'UV, ouais on peut s'en servir, je pense</p> <p>K : c'est-à-dire on peut l'utiliser partout dans la science ?</p> <p>E : est-ce qu'on peut l'utiliser partout dans la science ? bein oui. Oui dans la science d'aujourd'hui, oui ça peut s'utiliser dans tous les domaines</p> <p>K : dans les sens, ce qui nous arrive, c'est plutôt le sens de microscopique, parce-que on sait bien que les molécules, les composants, plutôt le sens microscopique, mais pour la spectroscopie en même temps, on utilise le monde</p> <p>E : enfin, mais par contre, c'est plus le monde macroscopique terrestre je pense, c'est astral, enfin c'est cosmique, donc c'est encore au-delà, c'est un monde</p> <p>K : le monde cosmique, aussi on peut dire</p> <p>E : oui, cosmique, ouais, plutôt pour ça, ouais</p> <p>K : lorsqu'on parle du monde visible et invisible</p> <p>E : (rires) ah bein il faut lire Merleau-Ponty, non mais là, c'est des questions philosophiques</p> <p>K : Merleau ?</p> <p>E : Merleau-Ponty. Euh c'est quelqu'un qui s'est intéressé justement à l'esthétique, et par-là à la visibilité, au visible et à l'invisible. Et donc, par exemple, c'est quelqu'un qui va parler de pourquoi est-ce que le tableau ne remplacera, enfin la photographie ne remplacera jamais le tableau ? Parce-que justement dans un tableau, le, enfin, le peintre va mettre en avant et ce qu'il a vu, et ce qu'on peut pas voir, donc ce qui fait partie de du monde sensible, enfin de de de l'émotion, si vous voulez. Donc, euh, le monde visible et invisible, c'est c'est très très, c'est imbriqué pour moi, c'est pas du tout</p> <p>K : c'est pas quelque chose de distinct</p> <p>E : non, c'est pas distinct. Pour moi, c'est tout ce qu'on voit, y a quelque chose qu'on voit pas en-dessous, enfin, ça fait partie... mais ça, je vous dis c'est, la science le prouve mais euh le monde aussi le prouve, la société aussi le prouve, donc euh...enfin, vous voyez pour moi, c'est...</p> <p>K : c'est compliqué</p> <p>E : ouais, c'est..., voilà</p>
----	---

Résultats 2:

La première remarque est que : les étudiants de licence physique ont répondu à cette question d'une manière assez détaillée par rapport aux étudiants de DEUG de la science de la matière, plus ils ont des connaissances et de l'expérience en fonction de l'avancement de leurs études plus leur capacité de raisonnement est développée, je dirais plutôt que la profondeur des expériences est domine de plus en plus, car les détails des réponses des étudiants le prouvent.

Les raisonnements et les argumentations qui suivent sont centrés plutôt sur le domaine de la chimie ou de la méthode de la chimie, par exemple les étudiants parlent plutôt des effets de la lumière sur les molécules, plus particulièrement l'absorbance de la lumière par des matières minuscules ou des molécules.

Les réponses des étudiants du DEUG sont moins évidentes, ils répondent à cette question d'une façon théorique mais ils n'arrivent pas à déterminer des liaisons entre leurs connaissances et leurs expériences. Cette distance ou le manque d'articulation est liée, il me semble plutôt au **manque d'expérience**.

Même si les étudiants de licence ont des connaissances considérables sur la spectroscopie, ils sont loin de prolonger les limites de cette méthode aux objets macroscopique surtout au niveau de la cosmologie, on pourrait dire qu'il s'agit plutôt un approfondissement de leur connaissance sur un domaine précis, ici il s'agit de la chimie analytique, mais dans une logique interdisciplinaire ou transdisciplinaire. Les étudiants peuvent faire une transposition entre les objets du monde microscopique et ceux du monde macroscopique, mais ils n'arrivent pas à faire une transposition au niveau méthodologique, ainsi pour eux dans le monde macro la spectroscopie n'a pas un grand sens.

Enfin, par rapport à cette question, les étudiants français ont plus de connaissances par rapport aux étudiants turcs, même au niveau de la diversité des raisonnements et des argumentations.

Une dernière remarque: la 1^{ère} étudiante a répondu à cette question correctement comme pour les autres questions avec un raisonnement scientifique et quelques arguments décisifs.

FI-1 :« *la servitude des objets en fonction de la lumière ou de leur absorbance et de l'absorbance quoi, ce serait une interaction de la lumière avec la matière* »

5.2.6 : 6^{ème} question

Lorsque l'on parle du monde visible et du monde invisible, qu'est ce que cela signifie pour vous?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Quand il s'agit d'un monde visible, toutes les choses que nous pouvons voir, pour le monde invisible c'est-à-dire les anges, des démons etc.
2	Pas de réponse
3	La limite de la perceptibilité de l'œil, c'est la limite du monde visible
4	Toutes les choses que nous percevons c'est le monde visible, les autres le monde invisible
5	La limite de la vision de l'œil pour les ondes 400-700Å°
6	La limite, le point où nous avons perdu la perception
7	Le monde visible, le monde dans lequel nous pouvons percevoir, le monde invisible est aussi concret que le monde visible mais loin de notre perception du monde ; il n'est pas abstrait
8	Ce que nous pouvons percevoir avec nos sens appartient au monde visible , le reste c'est -à-dire ce que nous détectons appartient au monde invisible
9	idem
10	La perception est la limite pour ces deux mondes, mais l'élargissement de la perception est proportionnel aussi à l'expansion de la vision de notre monde
11	Voir et observer sont différents !
12	Pas d'information
13	Ce qui n'est pas visible, ce sont des objets lointains et des petites particules. La technologie permet d'élargir nos limites de la perception du monde.
14	Le visible = les objets concrets ; le monde invisible = le monde abstrait
15	Ce que nous voyons c'est la limite entre ces deux mondes, les outils permettent d'élargir la limite de nos perceptions

Une remarque constatée au cours de la passation de cette question :

les étudiants ont du mal à comprendre en premier lieu, car le monde invisible a un sens polysémique, (dont religieux en particulier), c'est pourquoi j'ai expliqué au début de chaque interrogation, en disant que cette question ne porte pas un sens métaphysique ! Après cette courte explication, ils comprennent le vrai sens de la question.

Résultats 1:

Le premier constat pour cette question est le primat de la vision pour la catégorisation de notre monde, surtout quand il s'agit d'une distinction entre le monde visible et invisible.

La deuxième constat est l'importance de nos perceptions pour découvrir le monde qui nous entoure ainsi que l'importance des outils pour élargir notre limite de la vision et de la perception.

La 10^{ème} étudiante, un futur professeur de chimie, a répondu à cette question d'une façon assez scientifique ; je dirais d'ailleurs qu'elle a répondu à **un des questionnements important de ma thèse**, l'importance de l'observation et l'observabilité en science !

T11-51-52 :

I: J'en arrive à une autre question. S6. Bien entendu qu'il ne s'agit pas d'une question métaphysique d'accord? Qu'en pensez-vous d'un point de vue philosophique?

S: Tout ce qui visible nous pouvons l'appeler monde visible...et tout ce qui est invisible monde invisible. Par exemple nous ne pouvons voir les microbes à l'œil nu mais au microscope, un virus appartient-il au monde visible ou au monde invisible? Rationnellement!

S: Il aurait été un élément du visible.

I: Dans quel monde l'intégrerais-tu?

S: Moi, le mettrais dans le monde visible, au but du compte il est visible au microscope.

I: Si je pose la même question à propos de l'énergie? A quel monde l'intégrerais-tu?

S: je peux aussi y placer l'énergie puisqu'en définitive nous la voyons sous forme d'électricité. D'une certaine manière nous voyons?

I: Nous en voyons sa réaction probablement?

S: Oui, c'est la réaction que nous voyons

I: Mais nous ne la voyons pas elle-même

S: En fait, nous ne la voyons effectivement pas. **Sans doute on arrive à l'observer** même si on la voit pas nettement.

I: Pourrais-tu dessiner la forme?

S: je ne crois que je pourrais le faire.

I: Tu crois qu'une telle chose pourrait se voir?

S: Non en tous cas, je ne pourrais la dessiner. Moi, je ne pense pas. Je ne l'ai jamais vue dessinée (rire).

Enfin une étudiante détermine le concret et l'abstrait par rapport à la vision, ce que nous ne pouvons pas voir pour elle, c'est quelque chose d'abstrait. Cette réponse est importante pour nous, car dans l'enseignement, nous devons faire très attention à ce point, plus particulièrement à ce que nous ne pouvons pas voir ou percevoir, car les raisonnements des étudiants sont centrés plutôt sur la vision, autrement dit, sur la logique du sens commun. Si nous faisons des efforts sur ce point, il me semble, nous nous éloignerons suffisamment de la logique du sens commun et nous nous approcherons au fur et à mesure de la logique scientifique à travers des observations et des expériences scientifiques.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	..Visible, ce que je vois, et invisible, ce dont je sais que ça existe, mais que je ne vois pas parce-que, mes yeux, on a des limites visibles quoi, on peut pas voir plus petit que certaines choses.
2	Visible, le monde macro, invisible le monde micro
3	Idem2
4	Idem 1
5	Idem 1
6	Pas d'information
7	Idem 2
8	Idem 1
9	Idem 1
10	Visible c'est ce qui est visible à l'œil nu, invisible tout ce qui est visible avec une aide extérieure, une aide technique.
11	On peut le définir par rapport à notre taille, invisible tout ce qui est petit par rapport à nous
12	Pas d'information
13	Pas d'information
14	Pas d'information

Résultats 2 :

Comme nous l'avons constaté, les réponses sont à peu près identiques à tous les niveaux, la référence est toujours notre vision. C'est notre œil qui décide de la frontière entre le monde visible et le monde invisible.

Les niveaux supérieurs, les étudiants de Licence, 10^{ème} et 11^{ème}, montrent que la construction mentale en fonction de l'avancement de leurs études enrichit le contenu de leur représentation et leur façon de voir le monde qui les entoure. Nous pouvons le constater par exemple sur les réponses suivantes :

F10 : « *Visible c'est ce qui est visible avec l'œil nu, invisible tout ce qui est visible avec une aide extérieure, une aide technique.* »

F11 : « *On peut le définir par rapport à notre taille, invisible tout ce qui est petit par rapport à nous* »

5.2.7 :7^{ème} question

Qu'est ce qu'un photon immobile pour vous?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Non, il est impossible qu'il soit immobile, comme le courant électrique
2	Non, il est toujours en mouvement, c'est impossible
3	Non, s'il n'a pas d'énergie, il ne porte aucun sens, son identité dépend de sa vitesse
4	Non, il perd son sens quand il est immobile
5	$E=h\nu$, si une particule a une vitesse et une fréquence, peut-elle être immobile, il faut la discuter (RAISONNEMENT RELATIONNEL + REFLEXION=REPRESENTATION)
6	Non, c'est impossible car un photon, à condition qu'il ait une vitesse, porte un sens, car il a une énergie, RAISONNEMENT CONDITIONNEL
7	Si on pense qu'il est immobile, il devient une autre chose , non pas un photon
8	Non, s'il devient immobile on peut parler d' une autre chose , il ne peut pas être un photon
9	S'il est immobile il ne porte aucun sens
10	Le photon, c'est - à - dire qu'il ne peut pas être immobile
11	S'il a une vitesse, il est immobile, sinon je n'arrive pas à le penser !
12	Celui, est-il matière ! Je pense qu'il est possible !
13	Un photon immobile, cela veut dire qu'il a perdu son énergie, il perd aussi sa propriété, non !
14	Si on pense que le phénomène comme photoélectrique, je pense qu'il est possible d'être immobile
15	Non, il est immobile, il ne fait aucune interaction avec la lumière

Résultats 1:

Tous les étudiants turcs sauf un pensent qu'un photon ne peut pas être immobile. Ils pensent que quasiment à tous les niveaux les propriétés d'une particule comprennent un rôle déterminant pour saisir cette particule, si une particule perd une de ses propriétés, il ne peut y avoir aucun sens.

A tous les niveaux, les réponses des étudiants sur le photon, autrement dit sur la lumière, démontrent qu'un photon comporte des propriétés corpusculaires ; nous pouvons dire qu'ils ignorent les propriétés ondulatoires de la lumière, ou des photons. Ceci est un des plus grandes affirmations du raisonnement de la physique classique employé par des étudiants, nous allons voir les traces de ce type de raisonnement à tous les niveaux de cette recherche, et à tous les niveaux des étudiants qui ont participé à cette recherche.

Certains étudiants ont utilisé un raisonnement conditionnel et relationnel, ce type de raisonnement leur permet de cerner leur pensée, et leur argumentation. Car, chaque propriété de la matière joue un rôle déterminant quand on souhaite avoir des informations sur les caractéristiques de la matière, de la particule. Par exemple le 5^{ème} et le 6^{ème} étudiants du tableau ci-dessus.

Enfin, dans aucune des représentations des étudiants, je n'ai pu constater à la fois les traces des propriétés ondulatoires et corpusculaires de la lumière ; ceci veut dire que même s'il y a longtemps que la physique moderne est introduite dans les programmes scolaires, elle est encore loin des représentations des étudiants. Les causes en sont une erreur d'enseignement, la complexité des phénomènes microscopiques, quantiques, et enfin la difficulté de la construction de la logique conditionnelle, relationnelle et probabiliste (probable). Il me semble que les deux dernières raisons rendent cet enseignement très difficile.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	non, ça n'a pas de sens, parce-que pour moi, un photon, c'est avec la lumière, et la lumière, il ne peut pas être immobile, à mon avis. C'est toujours l'onde qui se propage à travers l'espace, donc pas de photon visible, immobile non plus.F1-2
2	Aucun sens pour moi, d'ailleurs une particule sans mass ça me paraît quand même bizarre !
3	Pas de sens, je ne sais pas trop !
4	Pas de sens, je ne sais pas beaucoup !
5	Je ne vois pas trop, s'il est immobile...enfin.. je ne sais pas je n'arrive pas m'imaginer ! IMAGINER
6	Un photon, ça correspond à un corpuscule, et il bouge tout le temps, je ne crois pas c'est d'être immobile, c'est impossible, je ne sais pas !
7	Le photon, c'est tout ce que ce qui est lumière, donc ça se déplace obligatoirement , donc, c'est pas immobile, je ne sais pas.
8	Je ne pense pas !
9	Aucune idée.
10	E : bein là pour moi, c'est une particule qui est obligée d'avoir la vitesse de la lumière K : si on ignore la vitesse E : ouais K : après ? E : le photon immobile, bein on peut ralentir la lumière en fait, mais euh K : pas la vitesse E : non, je conceptualise pas ça le truc là. F10-50. CONCEPTUALISER
11	Immobile, c'est pas possible, ça me paraît bizarre !
12	Je ne pense pas ! c'est pas possible !
13	K : d'accord. Un photon E : ouais K : immobile, E : oui K : c'est possible ? E : (rires). Euh... (silence) bein, en fait, euh, si on se place euh... c'est de la mécanique, et si on se place dans la mécanique classique, on pourrait le CONSIDERER COMME IMMOBILE, mais si on se place DANS LA MECANIQUE RELATIVISTE K : ou bien quantique E : ouais ou quantique, et bein, dans ce cas-là, à mon avis ça peut pas être immobile, mais je ne saurai pas vous dire exactement pourquoi .F13-84
14	E : pfff... ça a pas de sens ouais. Un photon immobile qu'est-ce ça ? (quelques secondes de silence). Un photon immobile, euh, c'est pas possible (rires) . Pour moi, c'est pas, c'est inconcevable , parce-que pour moi un photon, c'est de l'énergie et l'énergie il, c'est quelque chose qui est en mouvement, enfin c'est quelque chose qui n'est pas statique, c'est pas euh, puisque l'énergie est à la base du travail et qui est à la base du déplacement, c'est c'est un monde en perpétuel mouvement, donc euh un photon immobile, qui ne bouge pas, pour moi ça a pas de sens, maintenant, peut-être que ça existe, je sais pas (rires). Ça n'a pas de sens. INCONCEVABLE.

Résultats 2 :

Il y a deux types de raisonnements fréquentes : d'un côté, un photon immobile, c'est impossible c'est quelque chose d'**inimaginable, d'inconcevable** ainsi il est impossible pour la structure cognitive d'un individu, d'un autre côté, ce n'est possible, car si une particule sans vitesse n'a aucun sens, la vitesse de la lumière est très grande, si elle perd cette vitesse, il ne peut pas maintenir les propriétés, de même si une particule perd une des ses propriétés, il perd aussi l'ensemble de sa qualité. Enfin, nous pourrons dire que connaître mieux toutes les propriétés d'une particule favorise l'articulation entre la perception et la construction mentale.

Sauf pour une étudiante, les représentations des étudiants sont centrées sur les propriétés corpusculaires d'un photon. Pour eux, un photon est une particule, sa vitesse est celle de la lumière, si ce photon perd sa vitesse, il perd aussi son sens, il s'agit ici d'une articulation directe entre la perception et la structure cognitive.

S'il y a un manque d'articulation entre la perception et la conception, les étudiants ont du mal à argumenter leur raisonnement. Nous pouvons dire que la profondeur de l'argumentation est liée à la richesse de leur perception et de leur expérience, donc aux contacts avec les objets et les propriétés des objets.

Il me semble que poser une question négative sur les propriétés de la matière, ou des particules nous donne un large spectre d'informations sur les raisonnements des étudiants. Connaître d'autre part la distinction entre « avoir une propriété » et « ne pas avoir une propriété » permet de mieux questionner sur les connaissances des étudiants. **Car pour pouvoir montrer ce qui n'est pas, il faut monter d'abord ce qui est, corrélativement pour raisonner sur ce qui n'est pas connu, il faut savoir ce qui est connu par l'individu.**

5.2.8 :8^{ème} question

<p>Voir un objet atomique et voir un objet à notre échelle, est-ce que le verbe a pour vous le même sens dans les deux expressions ?</p>

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	C'est différent , l'un on voit directement, l'autre on voit en agrandissant
2	Ce sont les mêmes choses, d'une part, on voit les objets lointains à l'aide d'un télescope, d'autre part, on voit les objets petits à l'aide d'un microscope, ainsi en dégrandissant et en grandissant
3	Ce sont relativement les mêmes, enfin la perception de l'œil
4	C'est physiquement différent
5	C'est différent ,
6	on ne sait pas à l'échelle microscopique ce que reflètent les objets ! Le reflet de la lumière peut être différent à cette échelle.
7	C'est différent , car à l'échelle micro, on voit ce qu'on a déjà construit avec les théories qui sont construites.
8	Ce sont les mêmes, car les deux ont les mêmes actions sur l'œil humain
9	C'est différent, car le paradigme de l'observation est différent. Dans le monde macroscopique, les objets sont isolés, alors que dans le monde microscopique sont plutôt en interaction, c'est-à-dire faire une observation sur ces deux mondes nécessitent deux observations différents T9-41.
10	Ce sont les mêmes phénomènes
11	Ça doit être les mêmes choses car les résultats sont les mêmes
12	C'est différent , car les dimensions sont différentes.
13	Cela veut dire que voir les atomes, c'est pourquoi c'est dur.
14	Ce sont les mêmes phénomènes mais les dimensions sont différentes.
15	C'est différent , on ne peut pas voir les mêmes choses, on ne peut voir les atomes avec les appareils qui sont fait des atomes eux-mêmes. ...E: Non, ce n'est pas le cas, ce n'est le cas. Parce que par exemple en fabriquant ces appareils nous le concevons à partir de ce que les atomes forment. C'est-à-dire que nous voyons une chose en dehors de lui. Par exemple nous voyons d'abord l'ordinateur ensuite nous voyons ce qui constitue l'ordinateur, il s'agit là d'une chose similaire!...T15-76

Résultats 1 :

On ne voit pas de changement sur le mode de représentation des étudiants en fonction de l'avancement de leurs études. Car, sur ce point, le paradigme de l'observation est en cause, si on n'arrive pas à construire les éléments de différents paradigmes en enseignement, quel que soit leurs niveaux d'études, ils ne peuvent pas arriver à construire leur système de pensées et de perception tout seuls. Cela résulte d'une faute de perception de notre monde, puis d'une faute de représentation de notre monde.

Si les étudiants disent que ces deux phénomènes sont différents, ils argumentent que cela proviennent de l'échelle : si l'échelle à laquelle nous observons est différente, parallèlement les procédures de ces deux opérations sont définies différemment. **Les sources ou les processus de la vision sont importants pour la distinction.**

Le deuxième groupe de réponses est centralisé sur les résultats, si l'œil voit quelque chose, quel que soit le processus, les deux opérations représentent les mêmes choses pour la structure intellectuelle des individus. **Les résultats sont importants pour la distinction.**

Seul, le 9^{ème} étudiant se rend compte de l'existence de deux paradigmes différents de l'observation, tels que un système isolé et un système en interaction. Cet étudiant(e), un futur professeur de physique, dit que les objets sont en interaction à l'échelle microscopique, ils ne

sont pas isolés comme à l'échelle macroscopique. De ce fait à cette échelle, les propriétés des objets ne font pas les mêmes réactions à l'égard de la lumière. C'est pourquoi les deux actions de l'œil ne sont pas les mêmes. Nous pouvons qu'il s'agit là de **deux paradigmes différents de la vision.**

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Non, c'est différent. E : ben... voir un monde atomique, non je pense pas que ça a de sens, parce-qu'on peut juste savoir qu'il existe, donc faire quelque chose avec la fonction mathématique, mais le voir non, ça c'est hors de question, alors que visible, ça peut se voir pour de bon sinon...
2	Non, pas vraiment, on les voit directement
3	Non, la différence entre la vision oculaire et une vision à travers une observation. ...E : non. Voir un objet atomique, c'est à travers une observation au moyen de, avec un autre moyen de vision que les yeux et à notre échelle, c'est les yeux quoi, c'est la vision oculaire normale quoi... F3-12
4	Non , le 2 ^{ème} « voir » ce n'est pas voir avec nos yeux, c'est à l'aide d'un instrument de quelque chose qui nous permet de voir.
5	Non , voir un objet atomique, c'est plutôt imaginer , je crois, je ne sais pas. VOIR= IMAGINER
6	Non , pour voir les petites particules, il faut d'autres façons justement pour pouvoir voir
7	Oui , je pense que les deux verbes ont la même signification
8	Non, la différence entre l'appareil et l'œil
9	Non, la différence entre voir et imaginer
10	Non, l'un on voit, l'autre on détecte
11	Non, l'un l'œil nu, l'autre avec l'appareil
12	Non , les deux phénomènes sont différents
13	Non, voir quelque chose de macroscopique, observer pour les petites échelles
14	C'est pareil, mais pour le micro on OBSERVER , pour le macro on VOIT

Résultats 2 :

Le 3^{ème} étudiant a répondu ce que j'attendais de leur part, car ce qui est important, c'est la distinction entre la vision de l'observation.

Il dit que « **Non, il y a une différence entre la vision oculaire et une vision à travers une observation** ».

Car l'observation en science nécessite un certain nombre de processus contrôlés à l'aide d'appareils sophistiqués et des théories accompagnant à ces appareils. La vision oculaire, dans la plupart des cas représente la dernière étape de l'observation d'une part, ou une perception élémentaire de notre œil d'autre part.

12 étudiants sur 14 ont répondu « non », les deux opérations sont différentes. Mais les argumentations de ces raisonnements sont plus au moins différentes. Il y a cinq alternatives pour le verbe voir à l'échelle microscopique :

1. observer
2. imaginer
3. détecter
4. Voir avec l'appareil
5. faire quelque chose avec la fonction mathématique

Si on regroupe tout cela dans une seule phrase, nous pouvons dire que percevoir les objets petits, invisibles avec nos yeux, nécessite un certain nombre d'opérations à l'aide des appareils et des constructions théoriques : ainsi l'ensemble de cette activité, nous pouvons

l'appeler l'observation en science. Ceci nécessite une longue construction méthodologique, une connaissance théorique et des expériences permanentes, tant au niveau perceptif qu'au niveau mental.

Parmi ceux qui disent que ce sont les mêmes opérations, l'un n'a pas d'argument, l'autre dit que **voir** est quelque chose de **macroscopique** et **observer** quelque chose de **microscopique**. Il s'agit de différentes dénominations de la même chose.

Pour les étudiants turcs, quel que soit leur niveau, il n'y a pas de changement significatif, les types de raisonnement et leurs argumentations ne nous donnent pas de signe que l'augmentation de leurs niveaux d'études produise un changement essentiel concernant leur vision du monde.

5.2.9 :9^{ème} question

À votre avis, pourquoi l'idée d'atome existe –elle dans la pensée humaine depuis beaucoup plus longtemps que l'idée de molécule ?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	La logique d'accéder à une petite particule et de trouver la particule de base de la constitution de la matière.
2	Les matières analysées étaient les molécules, on les appelait à l'époque l'atome
3	Idem 1+ les molécules ne font pas partie de la base, elles représentent déjà un ensemble.
4	Idem 1
5	Idem 1
6	Idem 1
7	Les molécules nécessitent beaucoup d'information par rapport à l'atome, les molécules possèdent des liaisons chimiques, elles sont des constructions complexes
8	Idem 1 + atome ⇒ les groupes d'atome ⇒ les molécules, l'ordre de raisonnement ...Me: A mon avis, l'idée de l'atome unique vient de la pensée selon laquelle tout est fait de la même chose. Mais au fur et à mesure l'idée de la multiplicité est venue, la découverte de différents atomes. Ces différents atomes constituent la molécule. En fait, avant tout, l'idée de molécule est apparue à partir du composé que les différents atomes forment.... T9-41
9	L'idée de l'atome est le résultat des observations homogènes macroscopiques. T10-41
10	Je ne peux rien dire
11	Idem 1
12	L'hypothèse de la civilisation moderne à l'époque
13	Idem 1
14	Idem 1+ matière ⇒atome⇒composé⇒ molécule, la logique de la découvert
15	Idem 1

Résultats 1:

10 parmi les 15 étudiants défendent l'hypothèse qu'un ensemble contient des sous-ensembles, à la limite, il y a une particule de base, c'est la particule la plus petite de la matière : ce qui est invisible et indivisible. Ce type de raisonnement est totalement cohérent avec l'approche épistémologique de ce problème. Mais on n'est pas sûr d'une chose : les étudiants ont-ils répondu à cette question de la façon qui leur a été enseignée ou bien raisonnent-ils vraiment comme les penseurs tout au long de l'histoire de l'humanité ?

Un autre constat : L'argumentation des étudiants est volumineuse en fonction de l'avancement de leurs études.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Pas trop d'idée
2	Le fait de chercher la structure minimale
3	E : parce-que mm, je crois que l'atome c'était défini au départ comme euh, tout ce qui était indivisible , enfin, c'était la plus petite échelle de l'indivisible . Je pense que l'idée de la construction est venue plus tard. F3-12. RECHERCHER +CONSTRUIRE
4	Idem 2 + l'idée de l'assemblage= molécules
5	L'idée de chercher le fondement de tout ce qui existe + idem 2
6	Idem 5
7	Ils ont pensé d'abord l'atome après la molécule
8	Je ne sais pas
9	Parce que l'atome, une molécule c'est plusieurs atomes
10	Ça me paraît assez logique la molécule c'est un agglomérat de plusieurs atomes, pour constituer quelque chose ils voyaient les atomes
11	J'ai n'ai jamais pensé à ça
12	Idem 5
13	Le questionnement scientifique est important pour la construction de l'idée de l'atome E : ouais, euh, pourquoi, bien je pense que comme le monde c'est quelque chose qui échappe beaucoup aux gens, les scientifiques, ils ont vraiment voulu l'étudier, et pour savoir à partir de quoi on était parti, qu'est-ce qui pouvait nous constituer, qu'est-ce qu'il y avait de plus petit qui pouvait exister, je pense que c'est ça, en fait la notion qui donnait envie de connaître jusqu'où on peut aller euh au plus petit, quoi. Je pense que c'est ça qui devait primer au départ, et en fait, de cette définition de l'atome, après ils se sont rendu compte de l'existence des molécules et tout ça (rires). F13-69
14	Ils ont conçu l'atome en observant le ciel par rapport à ce qu'ils voient, c'était des atomes, il y a des atomes dans le ciel.

Résultats 2:

Contrairement aux représentations des étudiants turcs, la répartition des représentations des étudiants français est diversifiée, 5 sur 15 ont répondu d'une façon cohérente avec l'approche épistémologique. Ces étudiants pensent que la conception de l'atome est construite sur une idée de recherche de la structure minimale, alors que l'idée de la molécule serait basée sur l'expérience. D'où la réponse à la question suivante : « s'il y a plusieurs atomes que deviennent-ils ? »

9 sur 14 étudiants ont répondu avec cette question d'une logique incohérente avec l'approche scientifique : ils ont du mal à argumenter ce qu'ils pensent ! Il me semble que cela ne provient pas d'un manque de connaissance, c'est plutôt d'un manque de meta-connaissances, et de leur articulation.

On dirait que l'atome est une construction intellectuelle des êtres humains, la molécule est le résultat d'une longue expérience de l'humain sur la matière...

L'interaction entre l'idée de l'atome et de la molécule est le résultat de différents raisonnements produits par les grands hommes de l'humanité sur la compréhension de la matière. D'une part, une construction intellectuelle pour l'atome, d'autre part une construction expérimentale pour la molécule.

5.2.10 : 10^{ème} question

Tous objets, animés et inanimés sont faits d'atomes. Comment pouvez vous vérifier cette affirmation ?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Non, je ne suis pas convaincu du fait que je ne peux pas les voir et les définir. Pour être convaincu, il faut faire des expériences et les utiliser dans un esprit scientifique. EXPERIMENTATION
2	Pas d'information
3	Pour convaincre tout d'abord il faut être convaincu ...l'exemple de L'ADN...si on examine la structure de L'ADN on peut être convaincu de l'existence des atomes et des molécules.. Ainsi nous avons besoin d'un processus expérimental. EXPERIMENTATION
4	L'exemple de l'eau (H ₂ O), s'il y a des molécules d'eau dans la constitution des objets, nous pouvons prouver l'existence des atomes. EXPERIMENTATION
5	Pas d'informations
6	On fait des expérimentations jusqu'à la structure minimale de la matière, après nous l'appellerons, l'atome. EXPERIMENTATION
7	Le fait d'être convaincu ne change rien et n'a pas d'importance pour moi.
8	...A mon avis, c'est plus logique de commencer avec les particules les plus petites pour comprendre la structure des organismes, je défends une logique inductive pour être convaincu ou pour comprendre la constitution d'un système animé ou inanimé. T8-42
9	Un raisonnement déductif, des organismes aux particules élémentaires
10	D'après des livres que j'ai lus, il y a des atomes dans l'organisme et dans la matière, il y a même des ondes dans la matière,. D'après mes connaissances...
11	Pas d'information
12	Pas d'information
13	Si on fait l'analyse des matières comme le sol, nos organes, par exemple dans le sol, il y a de l'azote, il y a aussi de l'azote dans notre organe, je pense que cela sera suffisant pour être convaincue. EXPERIMENTATION.
14	Si on trouve les particules les plus petites dans notre organisme, en faisant des expériences, nous pouvons être convaincu ou convainquant. EXPERIMENTATION
15	NECESSITE DE QUELQUE CHOSE de VISUEL. E: Pour me convaincre, il faut absolument me montrer les choses visuelles. Par exemple, au lieu d'apporter une preuve théorique, mais on peut expliquer que les ongles, les doigts sont formés de molécules. I: Avant tu est-tu convaincu? E: Non, c'est justement pour cette raison que je n'arrive pas à l'expliquer. Personnellement, je n'ai jamais rencontré de choses visuelles... Il faut convaincre, il faut tout d'abord être convaincu pour l'enseignement. T15-76

Résultats 1:

Les étudiants qui ont répondu d'une façon argumentative parlent toujours de l'importance de l'expérience pour être convaincu et pour convaincre que « tous objets animés et inanimés sont faits d'atomes » et surtout au niveau supérieur, vers à la fin de leur formation, ils insistent sur la nécessité de quelque chose de visuel et de palpable afin de bien comprendre et explorer la composition de la matière et de l'être.

Le 8^{ème} étudiant dans ce tableau, en 5^{ème} année de physique, propose que c'est plus logique de commencer avec la plus petite particule pour comprendre la structure des organismes, « je défends une logique inductive pour être convaincant ou pour comprendre la constitution d'un système animé ou inanimé. »

Cette idée est assez attirante pour pouvoir construire une idée des particules élémentaires, c'est-à-dire, même à partir de l'école élémentaire nous pouvons peut être commencer à étudier l'idée de l'atome et de la molécule et des particules élémentaires d'une façon expérimentale, afin de bien comprendre les objets et les êtres qui nous entourent.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	c'est POSSIBLE mais j'ai n'ai pas VERIFIE ... E : mais si. Personnellement, je n'ai pas vérifié, mais je sais que c'est possible, avec, par exemple, euh, les ... rayons X, euh, avec les ... pour élucider les structures des cristaux, on utilise les rayons X, donc on peut dire qu'on a visualisé déjà les atomes eux-mêmes, mais pour moi, personnellement (rires) je n'ai ni vu, ni visualisé des atomes. F1-2
2	C'est pas très facile à vérifier... je le crois... toutes les théories sont basées là dessous, donc, euh...
3	On les fait mais inconsciemment par l'expérience chimique , par exemple la décomposition chimique de la matière.
4	Il faut analyser la composition de la matière pour percevoir les atomes et les molécules PROCESSUS EXPERIMENTAUX
5	Il faut toucher ou bien avoir une sensation
6	Par L'EXPERIENCE E : mm... par exemple, en comparant d'autres trucs : on prend, par exemple, l'essence d' orange par expérience et après on prend la, une partie de notre peau, on laisse, on on met en relation. On va, c'est un truc qu'on peut toucher , les 2 trucs sont touchables, donc euh cela peut mettre justement en évidence, le terme de d'atome. F6-34
7	Le fait de trouver les parties plus petites...
8	A l'aide des microscopes très puissants.
9	Je ne sais pas
10	Par ANALOGIE E : bein en fait, euh pour créer une fondation on est obligé de, par exemple un bâtiment, on est obligé d'avoir un squelette, et puis bon euh, ce squelette en fait c'est par des liaisons qu'il tient, et en fait les molécules c'est exactement pareil, c'est euh, c'est un squelette en fait qui permet de tenir l'édifice, et cet agglomérat en fait d'atomes, selon en fait les atomes en fait qui sont dans la molécule et selon les structures on aura différents matériaux avec différentes caractéristiques. Mais ça peut être expliqué avec, euh, justement des indices macroscopiques quoi. F10-51
11	C'est logique mais c'est dur pour faire convaincre ...par L'EXPERIENCE
12	Au lieu de comprendre ; il faut faire l'observation et l'expérimentation - Des molécules aux atomes E : comprendre, peut-être pas , mais on peut à la rigueur essayer, essayer de voir si effectivement on est constitué totalement d'atomes K : par exemple, toi tu es déjà convaincu qu'il y a des atomes dans notre corps. E : dans mon corps ? ouais, sûr ouais, là je suis convaincu, étant donné qu'il y a des molécules, et y a des atomes obligatoirement K : et si y-a-t-il des atomes autour de nous ou des molécules ! E : si y a des atomes, y a automatiquement des molécules, je veux dire c'est ça. Et s'il y a des molécules, c'est qu'il y a des atomes. l'un engendre l'autre F12-63
13	Pas d'information
14	Je ne suis convaincu de rien...mais je peux accepter E : euh. (quelques secondes de silence) Dans notre corps, oui, puisque, enfin la biologie euh c'est, c'est la science des molécules, enfin dans dans le vivant mais, euh, euh, le prouver, je sais pas comment je le prouverais, mais oui , on est fait d'atomes. F13-78.

Résultats 2:

En général, les étudiants ont accepté l'existence des atomes et des molécules sans avoir vérifié ou plutôt sans faire d'expériences scientifiques. Malgré le manque d'expérience, la plupart des étudiants sont convaincus de l'existence des atomes et des molécules dans tous objets animés et inanimés, mais ils pensent que l'expérience qu'ils pourraient faire eux-mêmes

favoriserait l'articulation entre ce qu'ils ont appris et ce qu'ils font. Enfin un raisonnement inductif est dominant autour de cette question.

Pratiquement à tous les niveaux, l'expérience est capitale : sans faire d'expérience, les connaissances restent abstraites pour les individus, faire des expériences c'est quelque chose de déterminant.

Une autre dimension, l'action de toucher, semble assez importante, il me semble que cette action est liée directement à l'expérience, observer apporte des informations considérables, mais toucher rapproche les objets et les propriétés des objets aux outils de perception des individus, Plus on a un contact à la matière, plus on a des informations de niveau élève et plus les propriétés de la matière prennent un sens pour l'individu. C'est quelque chose comme le courant continu, plus la surface du contact est élevée, plus le courant est grand, ainsi plus d'informations vont de la matière à nos sens.

5.2.11 : 11^{ème} question

VOIR DES ATOMES ET TOUCHER DES ATOMES. Que signifient pour vous les deux expressions ci-dessus ?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Je touche inconsciemment les atomes mais je ne peux pas toucher un seul atome, je ne peux pas le percevoir. raisonnement macroscopique
2	Idem 1 + je ne peux pas percevoir cette sensation. Raisonnement macroscopique.
3	Je touche des électrons non pas des atomes. raisonnement scientifique B: Il me semble avoir débattu de cela lors d'un cours. Nous pouvons dire qu'il est impossible de toucher un atome, car actuellement en théorie, ce sont les électrons qui se trouvent autour de l'atome. Lorsque nous touchons un objet la réaction vient entièrement des électrons. Nous pouvons peut-être voir l'atome mais nous ne pouvons le toucher que jusqu'à certain endroit. En définitive, il est impossible de toucher le noyau. T3-13
4	A mon avis, il n'est pas possible de toucher la surface des atomes mais on peut sentir les effets
5	D'un Raisonnement macroscopique à un raisonnement pluriel E. On les touche tout le temps mais on ne peut pas les percevoir ou on n'est pas conscient de ce qu'on touche, on touche tous les jours peut-être des milliers d'atomes. En tous les cas, on sait que la composition de ce dont on est en contact tous les jours est fait d'atomes et de molécules. T5-20
6	Voir un seul atome ne comporte pas un sens mais pour un groupe d'atomes c'est possible
7	TOUCHER EST PLUS CONVAINCANT avec la vue E:L'être humain croit beaucoup plus aux choses qu'il touche, voir est une chose, regarder de loin, en est une autre. C'est comme une personne qui a du mal à croire à l'existence de quelque chose et le toucher, cela aura une autre sens. Par exemple quand on touche quelqu'un de connu. On va sentir qu'il est présent et vivant. Bien sur que ce sera plus crédible et convaincant. T7-34
8	L'observation macroscopique toucher à la table c'est toucher des atomes, ainsi on les touche tout le temps
9	L'observation microscopique et l'expérience microscopique Elargir les limites de l'observation microscopique à l'aide des microscopes et manipuler des atomes de plus près. Mu: J'ai pensé que ce qu'on voit veut dire par toucher u atome, d'après moi, quand on analyse l'atome avec le microscope électronique ou autre chose c'est jouer avec l'atome, c'est l'influencer. C'est ainsi mesurer ses réactions d'une certaine façon, lorsque nous transmettrons quelque chose à l'atome, nous mesurons ses réactions comme s'il s'agissait de quelque chose de vivant et nous arrivons à des résultats convaincants. Probablement ce qu'on entend par toucher l'atome. T9-42
10	Toucher est dur ou bien impossible mais cela serait beau.
11	L'expérience permet d'élargir les limites de notre raisonnement S: Oui, je le ressens, on peut toujours le faire... par exemple, depuis trois semaines, nous faisons notre cours dans le laboratoire, après avoir fait des expériences on se dit c'est vraiment possible. Apprendre en pratiquant c'est mieux, ainsi notre esprit s'enrichit avec la logique tout est bien. T11-54
12	Si on pouvait toucher cela serait beaucoup plus convainquant
13	Jusqu'à présent, je n'ai pas réfléchi d'une façon précise mais je pense que c'est dur
14	Idem 1+ Je les touche peut être inconsciemment (raisonnement macroscopique) mais ce que j'ai ressenti c'est plutôt des perceptions cumulatives à partir de plusieurs atomes et de molécules ou bien de particules. Des propriétés cumulatives
15	Idem 1 + On les touche inconsciemment, raisonnement macroscopique

Résultats 1:

Cette question est un exercice cognitif en vue d'avoir une idée sur les limites des raisonnements des étudiants à propos des atomes et des molécules et c'est aussi un des thèmes

centraux de notre recherche. Car dans cette interrogation, nous pouvons peut-être constater des articulations et des disfonctionnements entre l'expérience cognitive et l'expérience perceptive entre le monde microscopique et le monde macroscopique.

Après avoir analysé les raisonnements des étudiants, j'ai constaté trois modes de raisonnements sur cette interrogation :

- l'expérience permet d'élargir notre limite de raisonnement
- ce qu'on perçoit à partir du monde microscopique sont des propriétés cumulatives des atomes et des molécules ainsi que des conséquences des ensembles.
- l'observation et la manipulation (l'expérience) sont un ensemble. L'expérience complète toujours l'observation.

La plupart des étudiants sont influencées, par un raisonnement macroscopique pour répondre à cette question, ils pensent que « toucher » et « voir » les atomes a le même sens que dans le monde macroscopique, mais est inaccessible à nos sens. Cependant un certain nombre d'étudiants pense à l'importance de l'accessibilité au monde microscopique à l'aide de différents moyens expérimentaux (comme des microscopes, des spectroscopes, des capteurs signaux...) pour bien comprendre ce qui se passe dans ce monde. Enfin plus le niveau des étudiants est élevé, plus leur conviction pour l'expérience et la manipulation est dominante.

Le 3^{ème} étudiant, un futur professeur de physique, dit qu'ils ont déjà discuté cette question en cours, il pense qu'on ne touche jamais aux électrons. Pour lui, toucher un atome c'est toucher des électrons qui l'entourent ; au sens propre toucher un atome, c'est recevoir les réactions des électrons qui n'ont pas de noyau. Pour moi, cette réponse est un raisonnement raisonnable à la lumière des théories actuelles et des expériences courantes. Dans le monde microscopique, manipuler les atomes ou bien l'atome est réalisable, mais « voir » et « toucher » un atome isolé ne comporte pas beaucoup de sens pour l'observation microscopique.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Une fonction mathématique, abstraite E : non, pas pour l'instant, pas trop. Je les vois, mais comme une fonction mathématique, mais rien pour l'instant de très concret F1-2 .
2	Toucher avec un instrument peut-être avoir pas de sens E : bein je vois mal comment on, oui, enfin même si c'est toucher avec un instrument, je vois, je vois mal le verbe quoi. Là, ça a pas de sens. F2-7
3	Plusieurs atomes peut-être E : bein dans le sens général euh, dans le sens général quand on touche quelque chose, c'est, on touche des atomes, on on on voit des atomes , mais enfin, c'est c'est pas un atome quoi, c'est K : quelques atomes E : beaucoup, beaucoup d'atomes, mais euh dans le sens voir un atome précisément, on peut pas quoi. Il faut toucher euh, toucher un atome, enfin... c'est pas palpable , quoi c'est beaucoup trop petit sauf si c'est en quantité euh. F3-13
4	Idem 3, on ne touche pas directement les atomes, ce dont on est en contact, c'est des ensembles, comme les molécules
5	IMAGINER au lieu de voir E : bein comme j'ai dit, voir avant, et voir euh des atomes, c'est je pense les imaginer, arriver à les, à les construire dans la tête quoi, mais, toucher des atomes euh, c'est assez, enfin, je sais pas comment on peut expliquer ça K : par exemple, quand on touche une table, c'est possible de toucher des atomes ? E : voilà... bein quelque part, c'est, en réalité... enfin, on touche, oui, on touche des atomes, mais, enfin, c'est... dur à expliquer K : c'est pas très concret. F5-29 .
6	Idem 3. un groupe d'atome E : de voir des atomes ? on en voit pleins ! Là même là, là j'en vois, j'en vois, même vous, vous êtes... constitué d'atomes et, en l'occurrence, on peut le toucher. Parce-que même là, la, une très grande partie, elle est à l'échelle macroscopique de d'atomes. F6-34 .
7	Je ne sais pas... avec le microscope, ce serait possible je ne pense pas, non
8	Idem 3+ On le touche indirectement
9	Idem 8
10	Idem 8
11	Non, car c'est quelque chose trop de trop petit
12	Idem 3, Un atome non, des milliers oui
13	Avec des études oui, plus que des microscopes, des autres instruments E : aujourd'hui, non, on peut pas toucher un atome K : même à l'aide d'un appareil ? par exemple, comme ça, on utilise quelque chose, on touche un atome. Y a une possibilité à ton avis ? E : euh (silence) K : directement ou bien indirectement E : donc voir les atomes, moi je pense que c'est avec des études, euh, euh bien, enfin oui, avec des microscopes, mais plus que des microscopes, je sais pas trop comment ça pourrait s'appeler, mais euh, donc là, je pense qu'on peut arriver à observer des choses, maintenant toucher des atomes, en tout cas pas à la main, ça c'est sûr, euh, je pense même pas, parce-que les atomes ils sont utilisés surtout dans les centrales nucléaires et tout ça, et euh, et c'est vraiment une entité qui, enfin qui est protégée et tout, personne ne va toucher un atome quoi, donc euh, non moi je pense pas que toucher se soit possible en fait, même avec d'autres instruments, enfin je vois pas trop comment ça pourrait être fait. F13-70

14	<p>On peut le conceptualiser mais voir non</p> <p>K : une autre question : voir des atomes et toucher des atomes</p> <p>E : ça, ça a pas de sens. Qu'est-ce que ça signifie ? et voilà. Bein pour moi, ça c'est possible. Enfin, ça, ça fait partie, c'est comme Dieu, euh</p> <p>K : voir c'est possible ?</p> <p>E : oui. (quelques secondes de silence) pfff. Non, c'est pas possible de voir des atomes. Enfin, si y a le microscope électronique, enfin des choses... mais ça restera euh, y aura quand même le doute hein, le doute de ce qu'on voit. Pour moi, c'est comme euh, c'est comme la conception de Dieu quoi, c'est vraiment quelque chose euh. On est, l'esprit humain est assez intelligent, on va dire, pour conceptualiser, mais j'ai l'impression qu'on aura jamais la solution finale, vous voyez, on aura jamais le, on pourra jamais le toucher donc effectivement.</p> <p>K : surtout pour le toucher il n'y a pas de sens ?</p> <p>E : j'ai du... moi, j'ai du mal à... toucher les atomes, mais, ça veut dire, encore une fois qu'est-ce que ça veut dire ? Si vous me parlez d'atomes isolés, ça a pas de sens, maintenant je touche là, je touche des atomes. Enfin le reste, c'est des atomes, on est tous des Donc voilà. F14-78.</p>
-----------	---

Résultats 2:

En général, les étudiants sont loin de l'idée de « voir » et de « toucher » des atomes, ils pensent qu'on peut recevoir un certain nombre d'effets secondaires à partir des atomes ou d'un groupe d'atomes et de molécules. Ce que l'on perçoit c'est plutôt les réactions de ces ensembles.

Comme pour les autres questions, les étudiants pensent que le processus expérimental favorise la compréhension de la composition de la matière et rapprochera nos sens des mondes minuscules.

Pour deux étudiants, le verbe « voir » est remplacé par les activités cognitives « imaginer » et « concevoir ». Cela veut dire que si on ne voit pas quelque chose de concret on le complète par l'abstraction afin d'avoir un sens complet pour l'individu.

Seul la première étudiante, en DEUG de science de la matière, pense que ce qu'on a construit dans le monde microscopique, c'est les résultats des théories mathématiques, non pas quelque chose de concret, de ce fait, chercher un sens au verbe « voir » et « toucher » n'a pas un grand sens pour elle..

5.2.12 : 12^{ème} question

OBSERVER SANS VOIR.

Que signifie l'expression ci-dessus pour vous? Pouvez-vous donner des exemples "observer sans voir" dans les sciences?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Ils n'arrivent à pas percevoir la question
2	<p><i>un exemple pour le changement de raisonnement de l'impossible au possible</i></p> <p>I: « Observer sans voir dans la science » cela a-t-il un sens pour toi ? les scientifiques disent que c'est possible à ton avis ?</p> <p>A: La science ! c'est-à-dire ce qui a été découvert par les scientifiques n'a pas besoin de la vue ! La science s'avance, les scientifiques le observent !</p> <p>I: Par exemple, si j'essaye d'expliquer cette question un peu plus, l'entendre est-il observation ?</p> <p>A: L'entendre est-il l'observation ?</p> <p>I: L'odorat est-il l'observation ?</p> <p>A: L'odorat est une action</p> <p>I: C'est-à-dire utiliser nos sens</p> <p>A: Oui, c'est de l'observation</p> <p>K: Est-ce ceux-ci sont-ils explicites pour l'observation sans voir ?</p> <p>A: Oui</p> <p>I: Dans cette circonstance, je te pose une autre question, la science existe-t-elle pour les aveugles ?</p> <p>A: Oui, ils peuvent l'étudier avec d'autres sens.</p> <p>I: Est-ce qu'on pouvait avoir ce type de discussion avec eux ?</p> <p>A: Oui, parce que pour l'acquisition des savoirs, la vue est importante, mais elle n'est pas tout. T2-7</p>
3	La vue est importante et les autres sens sont aussi importants
4	Pour faire des expériences on n'a pas besoin d'observer
5	Il n'arrive pas à percevoir la question, il est sous influence de la vue en ce qui concerne l'observation, il mélange l'imagination et l'observation
6	Les réflexions des phénomènes dans le monde micro permettent de découvrir un certain nombre de phénomènes macroscopiques
7	Il n'arrive pas à comprendre la question car pour lui observer c'est voir les phénomènes et les propriétés des objets.
8	<p>L'observation est une prédiction</p> <p>Me :Ça m'est arrivé la logique de la physique quantique, Infiniment loin et infiniment petit sont loin de notre limite de vision, alors que nous avons beaucoup d'informations sur ces deux mondes, c'est plutôt d'après moi, une prédiction , comme ceux que font les scientifiques, sans voir les objets ils ne peuvent pas prédire certaines choses, c'est comme ça que la science d'aujourd'hui avance, par exemple, personne n'est allé en « mars » mais on a beaucoup d'informations à propos de « mars » ainsi on peut observer sans voir... T8-42</p>
9	Ce qui a été fait par nos sens c'est l'observation, d'après moi, ce qui a été fait par l'intelligence c'est aussi de l'observation, comme faire un calcul, construire un théorème, sont aussi une observation
10	<p>Un bon exemple pour un changement de raisonnement, faire contre pour aller plus loin (A. Giordan)</p> <p>I. Est-il possible d'observer sans voir dans les sciences ?</p> <p>A: Observer sans voir !</p> <p>I: Oui, observer sans voir</p> <p>A: C'est absurde !</p> <p>I: Par exemple peut-on faire de l'observation en écoutant?</p> <p>A: <i>Mais moi, je pense qu'on utilise tous nos sens, ce n'est pas possible avec un seul sens? Par exemple avec l'oreille!</i></p> <p>I: La difficulté est une autre chose, peut-on faire de l'observation en écoutant?</p> <p>A: Ça se peut</p> <p>I: Alors si on retourne arriere, l'observation est-elle possible?</p> <p>A: D'après cela, c'est possible</p> <p>I: La science existe-t-elle pour quelqu'un qui est sourd?</p> <p>A:Alors, il ne faut pas faire une restriction pour l'observation avec la vue</p> <p>I: <i>C'est-à-dire l'observation n'est pas totalement liée à la vue, si elle dépendait totalement de la vue, la technologie que nous utilisons aujourd'hui n'avancerait pas si vite!... T10-48-49</i></p>
11	Il n'est pas convaincu, il n'a pas compris la question
12	Tous les sens sont importants, mais la vue est très importante
13	Il n'a pas compris la question, si un de nos sens manque pour faire l'observation, les autres la complètent
14	Il a commencé à être convaincu après une longue d'interrogation
15	La vue est très importante pour l'observation, les autres sens la complètent

Résultats 1:

Cette question nous a apporté des informations bidimensionnelles, soit sur le reflet des paradigmes de la science moderne dans l'enseignement actuel, soit sur les réflexions des étudiants sur l'implication de leurs sens dans l'observation et dans l'expérimentation, soit sur l'articulation de les deux.

Pour les étudiants, l'observation est centrée sur l'action de « voir » ; après une longue discussion (2^{ème} et 10^{ème} étudiant(e)s), ils arrivent à comprendre le vrai sens de cette question. En tous cas, ils se rendent compte de l'importance des autres sens mais ils ne sont pas conscients de leur vrai rôle dans l'observation.

Une autre tendance : pour l'observation la vue est capitale, les autres sens jouent un rôle complémentaire.

A part cela, les étudiants sont loin de comprendre cette question, certains changent leur raisonnement à partir des questions (comme la proposition de **Giordan** faire contre pour aller plus loin). Malgré un certain nombre d'explications, pour certains étudiants cette question reste inaccessible.

Le 7^{ème} étudiant propose que **l'observation est une prédiction**, c'est plutôt comprendre l'harmonisation de tous les sens pour avoir des informations sur ce qui est inconnu ou inaccessible à la vue.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Observer –étudier les conséquences de certaines choses E : ça, ce que je comprends, ça veut dire que, l'on observe déjà les conséquences de certaines choses, mais on ne voit pas, comme par exemple, les atomes, les autres choses, on les voit pas, mais on observe les conséquences ou on les étudie, on sait mal de choses sur eux... pour moi, c'est ça, on les voit pas, mais on les observe, on les étudie, quoi ! F1-2,3
2	Le paradigme de la science actuelle E : bein oui, on a découvert euh, ouais je pense ça vient du fait. C'est euh, l'observation se fait euh, ouais tu dis ça en fait, je pense quand quand on fait des expérimentations, quand on tient quelque chose et qu'on en déduit autre chose, c'est ça que, on observe sans voir, puisque finalement, on a observé sans voir vraiment les atomes jusque, jusqu'à récemment. C'est peut-être ça je pense. Observer sans voir par exemple les quarks, on a pas, on les a pas mis en évidence, mais on est pratiquement sûr qu'on les, qu'ils existent quoi F2-8
3	Les autres perceptions sont moins utiles pour l'observation mais pour la construction tous sont importants
4	La science s'avance avec l'observation propre à chaque discipline E : bein, je sais pas, je pense que quand on fait des recherches euh, au niveau scientifique, au niveau, je sais pas la médecine, dans les recherches, ils observent des choses sans voir euh, euh, comment dire quand on recherche, on sait pas ce qu'il y a, c'est petit à petit et donc on on avance mais sans savoir ce qui va, à quoi on va aboutir. Donc sans voir ce qui (silence) ce qui va se passer enfin... je sais pas trop comment expliquer ça ! moi, dans ma tête, c'est clair. F4-22
5	Pas d'information, il n'arrive pas à comprendre cette question
6	Les sens sont liés entre eux, inséparable l'un de l'autre. K : par exemple, si la science, « observer sans voir », y-t-il d'autres sens qui nous aident ? E : toujours, toujours. C'est inséparable de l'homme. On peut percevoir soit par l'odorat, soit par l'expérience chimique, par l'odorat ou par euh par le toucher K : sentir E : voilà sentir. Même entendre des fois, voilà. F6-35
7	...ils regardent les choses à l'extérieur, mais ils ne comprennent pas ce que c'est, je pense pas que ce soit, je ne sais pas.
8	Je ne sais pas chacun a une façon de voir les choses qui lui sont propres
9	Voir-imaginer Je ne sais pas, on pense comment ça fonctionne, mais on ne voit pas, on imagine
10	...l'observation c'est plus l'effet euh dans le milieu microscopique, euh de ce qui se passe dans le milieu microscopique
11	C'est plutôt imaginer
12	La réflexion de deux sens du verbe « voir » à l'enseignement de la science, l'une simple voir concrètement l'autre observer E : ouais sans voir. Bein justement c'est une question d'atomes. Je veux dire on est pas obligé de voir l'atome, on observe, mais on n'arrive pas à le voir concrètement. Ca revient sur la définition de tout à l'heure, vous avez dit euh : voir il a deux sens. En fait, c'est ça, les 2 sens, y a le mot observer, puis y a le voir tout simplement, voir euh avec ses yeux, et puis. F12-64
13	Pour moi, c'est plutôt imaginer, prédire un peu

14	<p>Observation = 5sens + réflexion</p> <p>K : d'accord. Observer sans voir. Que signifie cette expression ? Parce-que les scientifiques utilisent ces mots depuis un siècle ou deux siècles.</p> <p>E ; ouais observer sans voir</p> <p>K : observation mais sans voir</p> <p>E : sans voir. Et bein</p> <p>K : mais aussi on peut, on peut utiliser aussi voir, mais plutôt observer sans voir</p> <p>E : (quelques secondes de silence) observer sans voir, ça me paraît un petit peu bizarre. Non, mais après, il faut que</p> <p>K : on ferme les yeux, on fait le TP.</p> <p>E : la science a toujours avancé comme ça : elle a d'abord posé des des vérités, et après euh, des siècles après, elle les a vérifiées par l'expérience, donc alors après, est-ce que ce serait ça, observer donc ? Mais observer sans voir, ça... non, pour moi, ça a pas trop de sens</p> <p>K : par exemple goûter, toucher, sentir quelque chose, c'est une observation</p> <p>E : (quelques secondes de silence) bein alors le verbe voir n'a pas sa place ici (rires). Oui. (réflexion) mais l'observation, c'est quand même euh, c'est quand même les 5 sens réunis</p> <p>K : on peut, il faut qu'on les ait en même temps, tu dis ?</p> <p>E : voilà, il faut qu'on ait les 5 sens, donc qu'on puisse voir, sentir, toucher, goûter s'il le faut, entendre, si on peut entendre, mais (hésitation)</p> <p>K : tous les moyens de perception</p> <p>E : voilà, mais avec la réflexion derrière, parce que sinon, ça veut dire euh, ouais. Mais je sais, mais après voilà, les scientifiques aujourd'hui, ils avancent, mais ils savent pas où ils vont hein. Ca faut pas l'oublier. F14-79</p>
-----------	--

Résultats 2:

Il n'y a pas de grande distinction entre les niveaux des étudiants. Chaque étudiant a répondu à cette question à sa façon. Car dans l'enseignement actuel, on ne s'intéresse pas à cette interrogation, au fond ce questionnement n'est pas compliqué mais comme on ne l'a pas étudié d'une façon réflexive, l'articulation nous a manqué, c'est plutôt une absence des méta-connaissances de nos connaissances. La plupart des problèmes abordés trouvent leur origine dans rapport à cette absence. On sait tout mais on ne sait toujours pas tout articuler.

Comme les étudiants turcs, les étudiants français ont des difficultés à saisir le sens de cette question, car ils ne se sont jamais posé ce type de question. Si je précise la question, ils arrivent à comprendre le sens de l'observation, mais pas toujours. A partir d'une limite, les étudiants commencent à saisir qu'observer n'est pas voir, mais, sans faire l'articulation avec les autres sens, ils passent directement à une autre dimension, l'imagination. Pour quelques étudiants observer égale imaginer. Il me semble que ceci est une faute de raisonnement, au cours du passage de sensoriel au catégoriel, car les deux actions ne sont pas les mêmes, mais complémentaires d'une façon enchaînée.

Le 6^{ème} étudiant, en DEUG de science de la matière, utilise un raisonnement communicatif pour comprendre le vrai sens de l'observation en sciences. Cet étudiant dit que tous nos sens sont liés entre eux et sont complémentaires l'un de l'autre. Il me semble que cette façon de raisonner est assez dynamique pour la compréhension de la science actuelle, car aujourd'hui pour faire une science on a besoin de connaître tous les outils de perception et leur organisation entre eux. Par exemple l'œil et l'oreille peuvent-ils fonctionner d'une façon

harmonieuse ? Comment la combinaison de nos sens influence-t-elle nos percepts et enfin comment peut-on mieux comprendre le fonctionnement de nos sens ?

Le 14^{ème} étudiante, en licence de sciences physiques, pense que pour observer quelque chose, on a besoin de tous nos sens et nos réflexions qui conduisent à ces sens, ainsi les sens et la réflexion sont considérés ensembles.

Pour finir, le 2^{ème} étudiant, en DEUG de science de la matière, explique le paradigme de la science actuelle ; ce que je recherche avec cette interrogation c'est faire apparaître les reflets de celle-ci sur l'enseignement actuel et sur nos connaissances actuelles. Depuis à peu près plus d'un siècle, la science a changé son paradigme, et commencé à progresser sans voir les objets d'études, cependant dans l'enseignement actuel, nous sommes encore loin de ce type de raisonnement, certains étudiants sont conscients de ce type de réflexion mais, ce n'est pas d'une façon constructive, c'est plutôt d'une façon probabiliste ou par une construction individuelle.

5.2.13 :13^{ème} question

Pourquoi chacun observe-t-il différemment le monde qui nous entoure?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	La différence de la motivation, de l'intérêt et l'interprétation
2	L'individu voit ce qu'il aimerait voir
3	La culture, l'éducation familiale et scolaire, le milieu qui l'entoure
4	L'intérêt - l'amour
5	La pensée
6	..il y a de différents apprentissages, autant que de nombre d'individus dans la société, cette différence apporte des idées différentes et des interprétations différentes
7	Plusieurs facteurs : la culture, des expériences, des livres, la pensée
8	Les perceptions sont différentes, de ce fait leurs interprétations sont différentes
9	Les différences viennent avec la naissance, l'environnement, la culture et la limite de perceptions de chaque individu
10	L'intelligence physiologique et la différence du monde de l'imagination
11	La pensée et la différence de la capacité de l'observation
12	La pensée
13	La perception, le réflexe et Le I.O., l'environnement, l'éducation familiale et scolaire
14	La perception
15	La perception, la capacité de l'imagination et l'éducation

Résultats 1:

Presque tous les étudiants sont conscients de l'importance d'une observation et d'une perception différente l'une de l'autre. *La perception apparaît plus tard, au niveau supérieur.* Pour chaque individu, l'argumentation varie selon ses acquis, autrement dit, selon sa façon de voir le monde. Cette différence peut nous apporter des idées positives, mais pas dans tous les cas. Ce qui est important, c'est de savoir comment ces différents facteurs font changer l'individu et aussi comment se produisent des apports positifs et négatifs à la construction des

individus, surtout à la construction des percepts et à leur utilisation correcte vis-à-vis de situations diverses.

Si on récapitule toutes les réponses des étudiants, on a le panorama suivant : la motivation, la capacité d'imagination, l'éducation, la perception, surtout la culture, l'éducation et la pensée jouent un rôle capital pour la construction des individus. Dans ce tableau, la situation idéale, c'est sont des individus qui s'entendent entre eux d'une façon communicative et qui peuvent raisonner au pluriel et percevoir d'une manière multi- dimensionnelle. Ainsi ce n'est pas une seule personne qui fait des observations et des expériences, c'est plutôt l'ensemble de plusieurs points de vue sur les mêmes phénomènes qui sont constructives.

Le 6^{ème} étudiant, futur professeur de physique, dit que « **il y a des apprentissages différents, autant que de nombres d'individus dans la société, cette différence apporte des idées différentes et des interprétations différentes** ». En partant de cette représentation, on a besoin d'éclaircir un point : la méthode d'apprentissage peut être différente mais les savoirs doivent être construits d'une manière correcte et cohérente.

Finalement, toutes ces différences doivent être lissées par l'éducation afin de bien communiquer, soit au niveau perceptif, soit mental.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	La perception et des interprétations de ces perceptions E : (quelques secondes de silence) parce-que c'est notre cerveau qui filtre l'information qu'on obtient avec les yeux, c'est pour ça que chacun a un cerveau différent, avec des capacités différentes, chacun a ses moyens d'analyser les choses autrement, c'est pour ça que chacun interprète les éléments différemment, c'est pour ça qu'on voit tout le monde différemment . C'est pas possible que tout le monde voire la même chose sinon ce serait trop ennuyeux, sinon on serait tous les mêmes. F1-5
2	La culture, les attentes, des connaissances acquises entre les personnes et la façon de philosophie
3	La perception, l' expérience , les informations acquises qui font la différence
4	Nos expériences
5	La culture, l'éducation, les intérêts pour la science
6	L'individu, chaque homme est différent l'un de l'autre
7	Chacun a une philosophie différente du monde, chacun le voit à sa manière
8	Pas d'information
9	Pas d'information
10	L'éducation et l'individu
11	Chaque personne est différente forcément euh, il a pas les mêmes idées que nous
12	La nature de l'homme, physiquement et mentalement son propre esprit et sa manière de voir
13	Des perceptions différentes, des personnalités différentes
14	Chacun a sa propre représentation E : parce-que chacun a sa représentation K : différente ? E : bein oui, puisque K : même si on a suivi la même formation, même si on a grandi dans la même culture, dans les mêmes E : mm. De toute façon, on sera jamais, on pourra jamais euh, y aura jamais 2 individus qui auront euh un passé sociologique identique d'une, une euh une composition physique et antique, donc euh pour moi voilà, on peut jamais, on peut se comprendre, mais on pourra jamais observer le monde de la même façon, oui. F14-79,80

Résultats 2:

Comme les étudiants turcs, à peu près tous les étudiants français sont conscients de l'existence d'une différence, d'une explication différente. Leur argumentation est plutôt centrée sur la perception, la culture, l'individu, l'éducation et chacun a une philosophie différente.

Le 1^{er} et le dernier étudiants ont bien analysé l'origine de l'observation différente avec les explicitations suivantes :

...Chacun a ses moyens d'analyser les choses autrement, c'est pour ça que chacun interprète les éléments différemment, c'est pour ça qu'on voit tous différemment.... F1-5

...De toute façon, on ne sera jamais, on pourra jamais euh, il y **aura jamais deux individus qui auront euh un passé sociologique identique** d'une, une euh une composition physique et antique, donc euh pour moi voilà, on peut jamais, on peut se comprendre, mais on pourra jamais observer le monde de la même façon, oui. **F14-79,80**

Finalement, deux étudiants ont parlé de l'importance de l'expérience, alors qu'aucun étudiant turc ne parlait de l'expérience.

5.2.14 : 14^{ème} question

« Ils regardent mais ils ne voient pas » que signifie, pour vous, cette expression ?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	La connaissance est construite par rapport à ce qu'un individu a déjà acquis, celle-ci conduit à de nouvelles informations
2	Si l'individu ne connaît pas l'objet et le phénomène, ces derniers ne représentent aucun sens pour lui L'individu voit ce qu'il veut et ce qu'il peut percevoir
3	C'est l'éducation et la culture qui conduisent nos connaissances
4	L'individu voit ce qu'il veut et ce qu'il connaît
5	Pas d'information
6	<i>L'orientation de nos sens est capitale pour percevoir les objets et les phénomènes</i> M: Bon !! Maintenant regardez. Je vais vous faire cette expérience. Je la fais souvent à mes étudiants. Regardez ma montre. De quelle marque est-elle? I: Je n'ai pas vu! M: Oui, vous avez regardé mais vous n'avez pas vu. I: Moi, j'ai regardé l'heure, je pensais à cela. C'est pour cela que j'ai regardé l'heure et non la marque. M: Oui, votre préoccupation était de savoir l'heure. En fin de compte vous avez vu où vous vouliez regarder. Pourtant là où vous avez regardé il y avait beaucoup de chose à voir. Nous avons regardé mais nous n'avons pas vu. Voir est lié quelque part à l'orientation de notre propre perception. Sinon être à la portée de l'objet ne suffit pas. Il est évident que voir et regarder sont des concepts différents. Le monde personnel de chacun détermine les limites de voir et de regarder. La raison de cette différence vient de l'interprétation. C'est cet ordre et cette durée qui donne du sens aux objets. Dans le cas où la durée serait insuffisante et l'ordre serait différent, l'interprétation serait insensée. T6-27
7	On ne veut pas voir ou on n'arrive pas à voir
8	Si l'individu n'a pas assez de connaissances, il ne peut pas voir ou bien il ne peut pas interpréter ce qu'il voit
9	On ne peut pas voir si la connaissance est insuffisante
10	Voir et regarder sont différents, regarder est sous l'influence de la capacité de l'observation, par contre voir est sous l'influence de nos percepts (réformulation de la représentation du 10 ^{ème} étudiant)
11	On ne peut pas faire attention ou on ne peut pas voir conformément
12	Pas d'information
13	Du fait que l'individu n'a pas assez de connaissances, il ne peut pas voir ou percevoir les objets et les phénomènes ou les qualités des objets.
14	à cause d'une absence de connaissances
15	Attention/ capacité d'imagination- c'est d'abord les grands objets qui retiennent l'attention

Résultats 1:

Cette question nous a ouvert un nouveau champ de recherche, il montre la différence entre les actions de l'œil, entre « voir » et « regarder ». Ce que j'ai compris tout au long de cette recherche, c'est qu'il y a deux phénomènes différents derrière l'action de l'œil. L'un est lié à la capacité de l'observation (pour « regarder ») et l'autre, lié à la limite de nos sens ou de nos outils de percepts (pour « voir »).

A tous les niveaux, pour la plupart des étudiants, ces deux actions sont bien distinctes l'une de l'autre. Cette différence dépend plutôt des acquis et de la motivation de l'individu. Comme disait le 6^{ème} étudiant, « l'orientation des nos sens est fondamentale pour percevoir les objets et les phénomènes ».

Le 8^{ème} étudiant stipule que « Si l'individu n'a pas assez de connaissances, il ne peut pas voir ou bien il ne peut pas interpréter ce qu'il voit » ; c'est un très bon exemple pour comprendre l'essentiel de cette interrogation. Notre interprétation pour ce questionnement peut se résumer de façon suivante : « les personnes interrogées relient la capacité de vision aux connaissances. »

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Capacité perceptive et intellectuelle qui conduit nos percepts E : mmm dans le sens philosophique, ça veut dire qu'il y a certains, certains gens qui ne savent pas trop faire euh, tirer les conséquences logiques de certains évènements, donc ils les observent mais ils ne peuvent pas les interpréter, donc ça veut dire que ça ne sert pas, qu'ils ne les comprennent pas, donc les autres peuvent tirer leurs conclusions. Par exemple, dans le cas où y a des erreurs, on peut essayer après de les aider, on peut voir, savoir en fonction de qui venait avant et ses erreurs sont décodées. Donc on peut faire l'analyse, on peut éviter les erreurs, c'est-à-dire les gens qui ne voient pas, ils vont répéter, répéter, répéter à l'infini, ils ne vont jamais être capables de comprendre pourquoi ça se passe au bout du compte ; pour moi c'est ça F1-3
2	Pas d'informations précises
3	Parce qu'on est tous différents , on a chacun nos expériences
4	Certaines choses sont invisibles
5	Il y a des choses invisibles c'est pour ça qu'on ne voit pas
6	A travers ce qu'on voit, il y a toujours quelque chose qui est derrière, comme le monde microscopique
7	On ne comprend pas ce qui se passe
8	Pas d'informations
9	Pas d'informations
10	Limite technique et limite de nos perceptions
11	C'est une question philosophique, c'est pas trop mon domaine la philo !
12	Concentration
13	Intérêt
14	Limite biologique et l'observation

Résultats 2:

Pour les étudiants français, cette question n'a pas été bien comprise contrairement à ce que je souhaitais. Comme disait le 11^{ème} étudiant : « C'est une question philosophique, c'est pas trop mon domaine la philo ! » En conséquence, les étudiants ont du mal à distinguer ces deux activités perceptives.

La 1^{ère} étudiante, en DEUG de la science de la matière, donc, au début de ses études supérieures a compris totalement cette question et l'a bien interprétée. On pourrait croire qu'il ne faut pas attendre l'entrée à l'université pour construire l'esprit scientifique, on pourrait très bien le faire beaucoup plus tôt. La représentation de cette étudiante pour cette interrogation résume celles des autres : **c'est la capacité perceptive et intellectuelle qui conduit nos percepts**

A la fin du compte, « voir » et « regarder » sont deux activités de l'œil, mais leurs rôles et l'ordre de fonctionnement sont additionnels. À l'exclusion de l'un ou l'autre, le processus de la vision ne sera pas complété.

5.2.15 : 15^e question

Quelle relation faites vous entre les concepts physiques « **photon** », « **électron** » et « **proton** » ?

Remarque : Cette fois Je n'ai pas interrogé les étudiants, futurs professeurs de chimie

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	Je ne peux pas interpréter parce que je ne sais pas ce qu'est le photon
2	Pas d'informations
3	Le photon est différent de l'électron, le photon c'est quelque chose comme la matière, le proton et l'électron sont proches des particules élémentaires
4	Tous ont la même échelle aussi microscopique
5	Pas de relation entre ces particules, le photon est un objet sans masse, l'électron est chargé (-), le proton est chargé (+)
6	<p>déterminations de ressemblances et différences de certaines propriétés des particules pour construire une relation</p> <p>M: Maintenant vous m'avez dit qu'il s'agissait des notions de photon et l'électron. J'expliquais la problématique aux étudiants, un événement dans mon propre monde. Je suis obligé de trouver un lien entre eux, c'est-à-dire, si le photon et l'électron ont une interaction il faut qu'ils aient quelque chose en commun. Après j'ai élargi mon analyse et je regarde. J'arrive à la structure de l'atome, en théorie leur structure ondulatoire est commune. Les deux possèdent la particularité d'être sous forme d'onde. Par exemple, nous disons que le proton attire à partir d'une certaine distance, au lieu de repousser. Cette attraction on est obligé de croire à la participation d'autres particules. C'est-à-dire il faut qu'il y ait quelque chose. Les choses...là ne doivent pas être pareilles, sinon notre monde deviendrait un chaos. Les choses doivent transférer leur mission à quelque chose d'autre. Vous pouvez l'appeler Gluon ou autre chose mais ce dont nous parlons ne devrait plus être un proton, après une telle distance... T6-27</p>
7	Pas d'informations
8	Toutes ces particules ont une origine différente, le photon est de l'énergie, l'électron et le proton sont de la matière et sont proches de nos entendements
9	Le proton et l'électron font partie de l'atome, le proton se trouve dans le noyau, l'électron autour de l'atome, le photon est une particule qui se déplace à la vitesse de la lumière
10	-
11	-
12	-
13	-
14	-
15	-

Résultats 1:

A part le 6^{ème} étudiant, futur professeur de physique, les étudiants sont capables de faire une relation entre les différentes particules. Dans cette question, on a encore une fois bien compris que le manque de connaissance est le premier obstacle pour un raisonnement scientifique. Si on avance un peu plus cette fois, le problème de méta- connaissance, ainsi que l'articulation des connaissances. Notre connaissance est toujours liée à notre méta- connaissance. L'une est une condition pour l'autre.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Un bon exemple, E : électron, photon et ...proton Ah non, c'est photon qui ne va pas. Electron et proton ce sont les particules dans le noyau qui sont bien existantes , alors que photon, ça c'est un élément, une particule de la lumière arbitraire qu'on a séparé, mais y a pas de masse, y a rien. Alors que l'électron il a de la charge, pour donner la charge, sa masse c'est son, la masse est bien définie, donc ça existe, alors que PHOTON ça a un côté PLUTOT VIRTUEL. F1-3
2	Manque de connaissances E : ben pour moi le proton, c'est ce qui, enfin, avec les avec les neutrons c'est ce qui forme le noyau de l'atome, et euh leur cohésion se fait par échange de photons entre eux. Et l'électron est lié euh, bein au proton et au neutron par des interactions électrostatiques, par échange de particules aussi. F2-8.
3	Les particules invisibles/ ce sont des particules élémentaires
4	Je comprends pas la question... je mets l'électron et le proton ensemble et le photon à part
5	C'est des composantes de la matière, électron et proton c'est ce qui constitue un atome, photon je ne sais pas trop
6	Tout ça c'est l'échelle microscopique
7	Ça fait partie du même niveau microscopique , c'est la même taille et tout F7-39. (un obstacle, plus les objets sont invisibles plus leur taille est limitée et devient inconcevable)
8	Un photon c'est, je sais plus trop ce que c'est/ photon c'est la lumière
9	C'est qqch. qui émet de la lumière, un électron c'est une particule chargée (-) et un proton (+)
10	Pas d'informations
11	Pas d'informations
12	Plus la connaissance est élevée, plus la capacité de l'articulation est efficace E : ben photon, électron, proton. Bon proton et électron, sont liés parce que l'un tient l'autre, enfin l'électron tourne, gravite autour du proton. Et euh, ben le photon, c'est c'est c'est la lumière, donc euh, on sait très bien que, on connaît enfin euh l'effet photo électrique, lorsqu'il y a un photon qui vient, il tape sur la plaque, ben il dégage un électron ainsi de suite, donc ils sont reliés parce-que ben, c'est des forces qui s'exercent les unes sur les autres. F12-65.
13	Pas d'informations
14	Epistémologie de la chimie et de la physique E : oui, oui. Ben disons que, d'après nos études, hein, le proton et l'électron font partie de l'atome. Alors que le photon, lui il reste, ça reste un être à part, qui est de l'énergie pure. Donc euh, je relie, je relie électron, proton au sein de l'atome, donc au sein du côté chimique de la chose, et le photon, ce serait plutôt physique. Ouais voilà : ELECTRON - PROTON, je mets ça EN CHIMIE et L'AUTRE EN PHYSIQUE.F14-80.

Résultats 2:

Plus le niveau des étudiants, en fonction de l'avancement de leurs études, est élevé, plus leur capacité de l'articulation augmente. On demande que « quelle relation faites-vous entre ces concepts ? » Si on ne connaît pas suffisamment un des ces concepts, notre question ne comporte aucun sens, dans ce cas il ne faut même pas commencer à répondre cette question. En plus, comme la question précédente, les étudiants n'ont pas suffisamment de méthodologie pour faire une extraction conceptuelle à partir de plusieurs éléments connus.

Cependant, ceux qui répondent correctement à cette question ont assez de connaissances scientifiques sur ces trois concepts et sur leurs propriétés. C'est pour cela que c'est plus efficace par rapport aux autres.

Dans cette question, ce qui est plus important c'est la distinction du photon par rapport aux autres particules, car le photon n'est pas une particule comme les autres, il n'a pas de masse, c'est une particule intermédiaire de l'interaction électromagnétique. Seul quelques étudiants

se rendent compte de ces propriétés. Par exemple la 1ère étudiante l'appelle, une particule virtuelle pour la distinguer des autres.

La 14^{ème} l'étudiante, licence de sciences physiques, fait une articulation entre ces trois concepts, mais pour elle, l'origine de ces particules est différente ainsi que l'épistémologie. A partir d'ici un nouveau questionnement s'est pose pour moi, comment cette étudiante est-elle arrivée à ce type de raisonnement ? Est-ce que ça vient vraiment de l'épistémologie ou bien de sa propre conviction ou d'une conséquence de l'enseignement reçu ?

Enfin, dans le monde micro, raisonner d'une manière similaire pour toutes les particules minuscules et les phénomènes produit des obstacles. Car dans le monde minuscule, il y a plusieurs échelles bien distinctes les une des autres, à chaque niveau on pourrait faire coïncider des raisonnements différents. Par exemple le 6^{ème} étudiant stipule que « **tout ça c'est l'échelle microscopique** », cette réponse est un obstacle dès le début de son raisonnement sur ces particules.

5.2.16 : 16^{ème} question

Quelle relation faites vous entre les concepts suivants « matière », « force » et « énergie » ?
--

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	-
2	-
3	L'un peut se transformer dans l'autre
4	L'une est une conséquence de l'autre
5	Pas d'information
6	La matière et l'énergie sont ensemble dans ma tête mais la force, elle est un peu éloignée des autres, parce que c'est un concept complexe et abstrait
7	Peut-on produire une autre chose ? La force et l'énergie sont transformables, mais la matière est à part, la matière a de l'énergie mais je n'arrive pas à trouver une relation. L'énergie ne nécessite pas l'existence d'une force
8	-
9	Les espèces de la matière dans notre univers correspondent à une forme de l'énergie, si la force est présente, l'énergie est aussi présente
10	-
11	-
12	-
13	La force et l'énergie sans la matière n'existent pas. Une relation causale, l'une est la cause de l'autre
14	-
15	-

Résultats 1:

Comme pour la question précédente, les étudiants ont du mal à faire des liaisons entre plusieurs concepts. Quant on pose une telle question, ils essayent toujours de faire le rapport entre ce qui leur a été donné, même s'il n'y a pas de relation précise entre ces concepts. En général, la force et l'énergie sont des concepts complexes pour eux, car le degré de leur abstraction est trop élevé. Les étudiants raisonnent plutôt sur les similitudes entre les

concepts, non sur leurs différences, c'est pourquoi leur compétence pour faire une relation entre plusieurs variantes reste insuffisante ou limitée.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Force et énergie sont THEORIQUES alors que matière est plutôt PRATIQUE E : mmm , matière, force et énergie, en général, elles sont liées. Alors on a plein de relation pour passer de l'une à l'autre, alors que pour moi la matière, bon, c'est quelque chose de plutôt mobile et immobile, on va dire, qu'importe, mais ça ne va pas ensemble. Force et énergie sont plutôt théoriques alors que matière c'est plutôt pratique. F1-3.
2	Un raisonnement déductif, E=mc² E : ben matière euh, je pense plutôt entre masse, force et énergie. <u>Pour moi la matière, c'est forcément de la masse</u> K : de la masse E : ouais c'est ça ouais. Sauf pour les photons, mais ça c'est des particules élémentaires, on parle pas vraiment de matière, donc euh, la masse, entre la masse et la force, y a une relation , et euh, enfin entre la masse et l'énergie, y a déjà une relation, E=mc² , et euh ensuite entre, enfin on peut déduire la force de l'énergie observée pour une particule. F2-8,9
3	Raisonnement = explication d'une équation E : ben matière et énergie euh, E=mc ² , ça on connaît bien. Euh, force euh, bein force, force euh K : y a un rapport à part ça ? E : pardon ? K : pour la force E : force = masse x accélération. Donc, euh, masse et, masse euh, matière et, ouais enfin, je vois quand même K : tu veux dire masse égale matière ! E : pas forcément masse = matière, mais euh y a y a quand même un passage entre les deux, je pense. F3-14
4	La force et l'énergie, on peut les relier, mais la matière, je ne sais pas trop...
5	E : (silence) bein force et énergie sont étroitement liées... euh... matière euh ? bein la matière existe, enfin, on peut la la voir et la, enfin, on peut voir la matière ou la... elle existe grâce à des forces et des énergies, sans quoi, elle n'existerait pas la matière, je sais pas. F5-30
6	Je ne sais pas, pas la même relation il n'y a pas de relation, je ne crois pas
7	Force et énergie, on peut les mettre ensemble, la matière est différente des autres
8	Idem 7
9	Pas d'information précise
10	Une relation causale E : euh (quelques secondes de silence) alors euh la force et l'énergie je dirai déjà ensemble, parce-que bon la force fournit un travail, et un travail fournit de l'énergie, et euh. F10-53
11	-
12	-
13	La physique classique est dominante pour son raisonnement E : ben l'énergie et la force, euh ben elles sont reliées euh par euh par les lois de Newton, donc ça c'est, elles sont vraiment connectées quoi, on peut pas différencier une force d'une énergie. Et maintenant, la matière, euh ben la force ne s'applique pas sur rien, donc elle s'applique sur la matière, donc c'est quand même 3 choses qui sont liées quoi. Pour expliquer l'énergie, il faut savoir de quelle matière on parle, et savoir quelle est la force qui lui est appliquée quoi. F13-71.
14	Raisonnement causal E : matière, force et énergie ? euh ben, l'énergie est à la source de la force, ouais c'est ça. Après la matière c'est euh le support des forces ou de l'énergie, parce-qu'on a d'autres formes d'énergies qui ne sont pas de la matière, donc voilà comment je relie euh. F14-80.

Résultats 2:

En général, les étudiants sont sous l'influence d'un raisonnement linéaire causal et de la physique classique. Etant donné que ces concepts comportent une forte abstraction, ils sont une construction théorique ; dans la plupart des cas, un seul type de raisonnement et le système de réflexion de la physique classique ne permettent pas de faire un raisonnement relationnel entre ces structures complexes.

Les étudiants raisonnent constamment d'une manière semblable face à tous nos questionnements. Pour eux, il y a une raison et une conséquence pour chaque phénomène. Ce type de raisonnement fonctionne dans certains cas, mais pas dans tous les cas. La profondeur de ce type de raisonnement produit des obstacles pour le fonctionnement de notre système de pensée. Afin de pouvoir dépasser ces obstacles la seule solution est de prolonger notre période de réflexion et de multiplier les types de raisonnements à la lumière du paradigme de la science contemporaine. En conséquence, la causalité linéaire est l'un des obstacles majeurs de l'enseignement actuel.

Une autre remarque : la 1^{ère} étudiante russe, a répondu à notre question d'une façon assez particulière. Elle nous a montré encore une fois l'importance de la distinction entre les concepts et les objets. Car, dans la plupart des cas, les étudiants ont du mal à distinguer des concepts ou des constructions théoriques des objets tangibles. Ce type de raisonnement produit des obstacles au processus de la conceptualisation, plus particulièrement, l'enchaînement entre le perçu et le conçu.

5.2.17 : 17^{ème} question

Quelle relation faites vous entre les concepts suivants : « atome », « élément chimique », « molécule ».

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	-
2	L'élément est la constitution du même type d'atomes, l'atome est unique, l'objet est fait de matière et l'élément est fait d'atomes
3	Atome – molécule - élément, un raisonnement linéaire causal
4	Idem 3
5	-
6	A mon avis, les appellations et cela change en fonction de l'avancement de la science
7	-
8	-
9	-
10	Atome : la constitution élémentaire ; molécule : deux ou plusieurs atomes réunis ; quant à l'élément : les composés chimiques, ils peuvent être composés ou purs
11	Les molécules sont faites d'atomes, mais l'élément je ne sais pas
12	Je n'arrive pas à distinguer la molécule de l'élément
13	-
14	<p>Pour pouvoir dire que celui-ci est l'élément d'atome, il faut le voir, Une long discussion pour la distinction entre l'élément et l'atome, étudiante future professeur de chimie, 5^{ème} année de sa formation.</p> <p>I: Comment vas-tu différencier l'atome et l'élément chimique lorsque tu deviendras enseignant ! Ce sont des termes très proches mais différent.</p> <p>T: Je dirais que l'élément est composé d'atomes, d'une certaine manière une matière pure.</p> <p>I: A ton avis, l'atome de fer montre-t-il toutes les propriétés de l'élément de fer? Propriétés physiques, chimiques, comme la couleur, la densité. Etc..</p> <p>T: on l'a défini déjà comme étant la plus petite particule qui montre toutes les propriétés.</p> <p>I: Alors pourquoi utilise-t-on les appellations atome de fer et élément fer?</p> <p>T: nous ne voyons pas l'atome de fer mais nous le ressentons. En fait, ce que nous voyons c'est l'élément de fer. L'élément fer est une masse composée d'atomes.</p> <p>I: pour pouvoir dire élément y-a-t-il une limite?</p> <p>T: Je pense qu'il faut le voir. Que voulez-vous dire par voir?</p> <p>I: Par exemple, 10 000 millions d'atomes de fer se sont formés. Sont-ils un élément?</p> <p>T: Nous pouvons le diviser autant que nous voulons, il restera un élément de fer.</p> <p>I: A votre avis, les molécules se composent-elles de l'union des éléments ou de celle des atomes?</p> <p>T: Par exemple pour l'élément c'est pareil. Les gaz isolés sont aussi des éléments. Dans les gaz isolés, ils se trouvent à l'état de molécule. Dans la nature ils sont à l'état d'atomes. Dans ce cas, les atomes peuvent s'unit. Après, les éléments peuvent se rassembler pour former les molécules.</p> <p>I: N'y a-t-il pas un doute, les connaissances sont-elles nettes?</p> <p>T: Oui, elles sont très nettes. T14-72</p>

15	<p>Jusqu'à présent, ce que je vois l'élément, je l'ai appelé pour moi c'est la distinction de l'atome. C'est-à-dire plusieurs atomes réunis, l'élément est plus grand que l'atome. une discussion étonnante, un futur prof de chimie, en 5^{ème} année.</p> <p>K: Maintenant, je passe à une autre question. En tant que chimiste, peut-tu différencier les concepts, l'atome, l'élément chimique et la molécule..</p> <p>E: Non, je dis que l'atome est la plus petite particule de l'élément. Mais l'élément est plus grand que l'atome du fait que je peux voir l'élément.</p> <p>I: Arrêtons-nous là, par exemple, il y a 1000 000 millions d'atomes de fer, ont-ils la particularité d'être un élément?</p> <p>E: Non, ils ne l'ont pas sûrement pas. Cela vient de sa nature.</p> <p>I: Il est nécessaire de la voir pour qu'une chose soit un élément</p> <p>E:...</p> <p>I: Par exemple, Si je vois une chose au microscope est-elle un élément?</p> <p>E: (Rire) c'est une question difficile.</p> <p>I: Par exemple, le fait de voir une chose vue au microscope qu'on ne peut voir normalement, influence leur structure propre ?</p> <p>E: Oui, il faut d'abord qu'elle possède les propriétés de l'élément, même si c'est une petite quantité.</p> <p>K: Ce que je veux savoir, c'est facile de dire l'atome mais pour dire l'élément cela nécessite une accumulation. Combien de particules doivent s'unir pour parler d'élément ?</p> <p>E: Il faut une grande quantité d'atomes ensemble bien sûr?</p> <p>I: Voir est une mesure en définitive?</p> <p>E: Jusqu'à maintenant je n'ai dit élément que ce que je voyais. C'est pourquoi si je les vois au microscope, je me demande ce que je dirais..</p> <p>I: Par exemple, j'ai vu du magnésium au microscope, tu ne dirais pas que c'est un élément?</p> <p>E: Certes, je dirais que c'est un élément, mais étant donné que je n'ai jamais rencontré une telle chose je n'arrive pas à l'imaginer. T15-78</p>
----	---

Résultats 1:

Comme les autres questions, quand les étudiants veulent construire une relation entre plusieurs concepts, on peut facilement constater un manque de critère scientifique pour comparer ces derniers.

Les étudiants ont du mal à distinguer l'élément de l'atome ou de la molécule. Même les 14 et 15^{ème} étudiants, à la fin de leur formation, n'ont pas une idée claire sur ces deux concepts. Ils disent que la distinction entre l'atome et l'élément, ce qu'on voit c'est l'élément ce qu'on ne voit pas c'est l'atome, car, l'atome est beaucoup plus petit par rapport à l'élément. De plus les étudiants, futurs professeurs de chimie raisonnent mieux que les étudiants futurs professeurs de physique.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	<p>L'élément chimique est toujours compliqué E : ça c'est, atome et molécule ils vont ensemble, alors qu'élément chimique, ça c'est, c'est comme un des noms, c'est la dénomination de certains atomes. Dans ce cas, c'est molécule qui ne va pas. Atome, élément chimique ? Mais non, élément chimique, ça c'est quand même le mélange de différents atomes existants, donc plutôt atome et molécule... alors qu'élément chimique c'est pas si précis que ça. C'est en général le mélange avec la masse moyenne qui n'existe pas dans la réalité, dans la plupart des cas. Mais qu'on utilise par obligation, parce-que c'est plus, plus facile. F1-3</p>
2	L'élément chimique n'est pas précis
3	<p>L'élément chimique, c'est plutôt une molécule E : l'atome, l'élément chimique et la molécule. Ben les atomes euh, les atomes constituent les molécules, par les liaisons des atomes, et les éléments chimiques, je pense que c'est plutôt une molécule en particulier, ou ou même un atome simple, mais enfin, un aimant, je pense qu'on peut tout regrouper dans l'élément chimique. F3-14</p>
4	L'atome et l'élément chimique c'est à peu près pareil
5	Je ne sais pas trop, je ne saurais pas l'expliquer
6	<p>Il n'y a pas différence entre l'atome, l'élément chimique et la molécule E : mmm... ce sont tous des des composés chimiques, je trouve euh K : atome, élément chimique, entre les 2 y a une différence E : atome et élément chimique ? Justement l'atome, c'est un élément chimique. Y a pas, c'est euh, disons, c'est K : n'y a-t-il pas une différence ? E : non, je trouve pas, parce-que dans l'élément chimique, on trouve l'atome. F6-35,36</p>
7	Pas de différence entre l'atome et l'élément chimique
8	L'élément chimique est la même chose que la molécule
9	Idem 8
10	-
11	-
12	-
13	<p>L'élément c'est quelque choses d'abstrait K : d'accord. L'autre question : quelle relation fais-tu entre les concepts suivants : atome, élément chimique et molécule ? E : alors euh atome... K : élément chimique et molécule E : euh, donc, euh, une molécule est formée d'atomes K : tu peux distinguer sans difficulté l'atome, la molécule, l'élément chimique E : euh, donc pour moi l'élément chimique c'est c'est une molécule en fait, qui a des des propriétés chimiques, et euh, et cette molécule elle est formée de de différents atomes. Et euh, ah non puisqu'il y a les atomes qui confèrent les propriétés à la molécule, euh K : c'est-à-dire pour les chimistes, il faut bien distinguer ces deux concepts. A ton avis. E : mais je pense que c'est quand même bien abstrait, et là moi comme ça je sais pas, j'ai pas assez de culture chimique pour faire une distinction exacte, mais je pense quand même que c'est la c'est la molé, en tout cas, nous on étudie les propriétés chimiques d'une molécule qui est formée d'atomes, et maintenant, euh, un atome tout seul ça n'a pas vraiment de poids E : ouais donc pour moi c'est euh, l'atome tout seul, c'est quelque chose à mon avis qu'on sait pas encore bien expliquer, c'est plus la molécule qu'on sait expliquer. F13-71</p>

14	<p>L'élément chimique c'est quelque chose de concret, « l'élément chimique, c'est l'atome qu'on manipule tous les jours ».</p> <p>E : atome, élément chimique et molécule ?</p> <p>K : on utilise souvent atome, élément chimique et molécule, surtout dans la chimie</p> <p>E : mm. euh,</p> <p>K : par exemple atome et élément chimique</p> <p>E : ouais, quelle est la distinction ? Bein, on va dire que</p> <p>K : tu peux distinguer facilement ? tu dis ça ou ça ?</p> <p>E : je dirai l'atome, mais c'est vrai qu'il y a une distinction, parce-que l'élément chimique, c'est celui qu'on a trouvé. C'est celui qui est dans le tableau périodique ; alors que l'atome, il se peut qu'il y ait encore d'autres atomes qu'on a pas encore trouvés, qu'on a pas encore observé donc, enfin observé, c'est pas l'observation mais euh, donc l'élément chimique, c'est l'atome qu'on manipule tous les jours, enfin, ceux, mais c'est vrai qu'il y a un abus de langage</p> <p>K : un atome, il n'y a pas un sens ? Un atome de fer, par exemple y- a-t-il un sens ?</p> <p>E : oui, oui, c'est un atome de fer, un atome à partir du moment où on a un atome, c'est qu'on a un noyau et des électrons</p> <p>K : Il y a tous les caractéristiques de l'atome.</p> <p>E : mais de toutes façons, c'est, y a un tableau périodique qui est très intéressant, on regarde les éléments chimiques à l'état naturel. Euh, rares sont les les atomes isolés, à part les gaz. Les gaz sont des atomes relativement isolés, les gaz rares. Mais le reste ça va par deux, c'est des molécules déjà. Dans la nature, ils se retrouvent pas à l'état d'atome, donc un atome de fer, non, c'est des cristaux de fer, enfin c'est des, c'est pas, ouais</p> <p>K : c'est pas quelque chose d'isolé</p> <p>E : non, c'est pas isolé, non. Mais l'élément chimique c'est celui qu'on a isolé, et qu'on a pu placer dans un tableau périodique voilà</p>
-----------	---

Résultats 2:

C'est toujours compliqué d'avoir une idée précise sur l'élément et la distinction de l'atome et de la molécule d'une part. c'est pourtant un concept usuel en chimie. Le concept de l'élément, pour la plupart des étudiants, tant en Turquie, qu'en France est un concept abstrait et est quelque chose d'inconcevable.

les 14 et le 15^{ème} étudiants, en licence de sciences physiques, ont deux représentations différentes de l'élément chimique, l'un le représente comme quelque chose d'abstrait «...je pense que **c'est quand même bien abstrait ...**» alors que pour l'autre l'élément chimique c'est totalement quelque de concret au cours des expériences chimiques « ... donc **l'élément chimique, c'est l'atome qu'on manipule tous les jours** ». Ce qui est important dans cette circonstance c'est l'existence de deux types de représentations différentes l'une de l'autre.

Comme dans les recherches qui ont été faites jusqu'à présent sur ce sujet, ces remarques montrent qu'on fait des sciences sans avoir bien compris la fonction des concepts. Faire ce type de science ne permet pas de comprendre le vrai sens, c'est pourquoi, cela reste une activité bien loin de notre limite d'entendement.

5.2.18 : 18^{ème} question

Quelle est l'importance de **la lumière visible** et **invisible** dans notre vie contemporaine ?

Les étudiants turcs :

Comme la plupart des étudiants n'ont pas pu saisir le sens de cette question, ils n'ont pas apporté de contributions considérables à ce questionnaire.

Résultats 1:

Cette question ne représente pas grand chose pour les étudiants turcs, plus particulièrement ils n'arrivent pas à saisir le sens de cette question. J'ai discuté longtemps pour expliciter cette question avec le 13^{ème} étudiant, futur professeur de chimie, pour qu'il la comprenne. Enfin l'étudiant a compris que la lumière peut être invisible, et combien elle est capitale dans notre vie. A la fin de notre dialogue, il dit que *« apprendre les savoirs c'est quelque chose d'important, mais, ce qui est plus important c'est de faire des cohésions entre ce qu'on a acquis et en les expérimentant d'une façon systématique, on apprend plein de choses tous les jours ; sans articulation les savoirs ne comportent aucun sens... T13-66, 67»*.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	ça me dit pas grand chose E : pour moi, lumière invisible n'a pas trop de sens, parce-que s'il y a les ondes comme infrarouges, ultraviolets, bein là-bas ils sont nuisibles pour la santé en général, l'invisible, c'est notre ennemi , alors lumière visible, ça me dit pas grand chose. Je comprends pas trop.F1-4
2	La lumière invisible, les UV, les infrarouges E : lumière visible euh, c'est, bien ça nous permet de voir autour de nous, déjà. Puis ensuite euh, les, par exemple, pour la lumière invisible, y a les UV euh qui sont assez importants, je pense pour certaines, certains végétaux en particulier, et puis les infrarouges. Et euh, mm... bien ça, ça a une importance, puisque ça, enfin, lumière visible et invisible, à différentes longueurs d'ondes ont des effets sur euh notre monde F2-9 .
3	Je ne sais pas trop ! on a beaucoup d'infrarouges, des choses comme cela, les alarmes, les détecteurs, sinon je ne vois pas trop
4	Je n'ai pas d'idée
5	Ça fait progresser la connaissance de la science quotidienne
6	C'est justement c'est en fait de comparer, justement, le fait de voir, tout simplement, et en fait de ne pas voir, des trucs que l'on peut pas concevoir
7	Tout ce qui est infrarouge euh, ultraviolet, tout ça ! c'est quand même nécessaire à la vie
8	Infrarouge, c'est important, bien par exemple pour déterminer...des puretés de solutions je ne sais pas trop
9	La lumière visible c'est ce qu'on voit et la lumière invisible, c'est, faut savoir qu'elle existe, parce que ça peut être dangereux.
10	Pas d'information
11	Pas grande chose

12	Invisible les UV c'est utile
13	<p>La lumière invisible, c'est certes important, mais c'est pas important au même point que la lumière visible</p> <p>K : d'accord. Quelle est l'importance de la lumière... ?</p> <p>E : euh, (quelques secondes de silence) ben la lumière visible, c'est l'une des choses qui permet, enfin qui permet, la vie sur la Terre, quand même, qu'il y ait le jour etc ; et euh la lumière invisible, je vois pas trop</p> <p>K : les ondes électromagnétiques ça te dit quelque chose ?</p> <p>E : oui, c'est quoi, c'est quel est l'intérêt, quelle est l'importance, euh (quelques secondes de silence) ben l'importance, c'est une importance</p> <p>K : quand tu parles de la lumière, ça veut dire présence des ondes électromagnétiques</p> <p>E : donc euh, ben tout ça c'est utile pour tout ce qui est radio, télé, euh, enfin toute la technologie en fait qui a été fabriquée par l'homme, maintenant je sais pas si au moment où y avait pas toute cette technologie, c'était vraiment une lumière ou du moins des ondes qui avaient une activité puisque il devait bien exister aussi et c'était pas de montrer et utiliser comme il faut, mais je sais pas si c'était indispensable pour la vie, mais en tout cas, la lumière visible, euh, je pense que</p> <p>K : le plus important c'est la transformation de l'information</p> <p>E : ouais</p> <p>K : avec la lumière invisible</p> <p>E : ouais</p> <p>K ; est-ce que ça peut être logique ?</p> <p>E : de dire qu'en fait, une information elle se propage par la télé, tout ça</p> <p>K : c'est pour...</p> <p>E : mais je pense que, enfin, à mon avis, c'est certes important, mais c'est pas important au même point que la lumière visible... F14-71,72</p>
14	<p>...Pour moi, la lumière est visible, après le reste, c'est des ondes électromagnétiques qui sont dans d'autres...</p> <p>E : mm, moi, je sais pas ce que c'est que la lumière invisible, enfin je sais pas ce qu'on appelle lumière invisible</p> <p>K : la lumière violet</p> <p>E : oui, mais c'est pas de la lumière. Enfin, qu'est-ce qu'on appelle lumière alors ? Voilà. Pour moi, la lumière est visible, après le reste, c'est des ondes électromagnétiques qui sont dans d'autres, enfin</p> <p>K : c'est plutôt, les deux sensations s'appellent différemment, c'est pour ça qu'il y a une distinction. C'est pour ça que les gens utilisent lumière visible et invisible</p> <p>E : mm, parce-que peut-être</p> <p>K : une personne dit quelque chose, une autre personne dit autre chose</p> <p>E : ouais, ouais, non, mais l'importance dans la vie d'aujourd'hui. De toute façon, la lumière visible, elle est, elle est capitale, hein, pour notre vie, enfin, l'animal a besoin de lumière visible, euh mais euh, l'invisible, ben</p> <p>K : je te demande au lieu du visible, les ondes e.m. ?</p> <p>E : mm, quels sont</p> <p>K : quelles sont les importances ?</p> <p>E : ben, il faudrait qu'on étudie ça beaucoup plus, parce-que ne serait-ce qu'avec les portables euh, faudrait qu'on sache ce que ça fait sur le corps, je suis sûre qu'on est soumis à ces ondes-là tous les jours mais on s'en rend pas compte, oui, ça fait pas partie de nos soucis, malheureusement, ça fait pas partie de nos soucis, sauf quand y a des gens qui vivent à côté des antennes et euh qui se retrouvent avec un cancer ou ce genre de chose, oui</p> <p>K : d'accord</p> <p>E : mais on s'en sert de plus en plus, oui, des ondes électromagnétiques, ça c'est sûr. F14-82.</p>

Résultats 2:

Les étudiants se rendent compte des ondes électromagnétiques, des UV, des Infrarouge, mais ils n'arrivent pas à saisir que la lumière invisible fait partie du spectre électromagnétique. Leurs représentations pour cette question sont assez étonnantes. On pourrait encore une fois dire que leur capacité à faire des relations entre ce qu'ils acquièrent n'est pas suffisante. Dans ce cas leur connaissance sans articulation n'a aucun sens.

De plus, si quelque chose est invisible, pour eux c'est inconcevable. On sait qu'il est impossible de visualiser ou concrétiser toutes les choses, mais, au moins on peut travailler plus sur un certain nombre de choses jusqu'à ce que celles-ci deviennent détectables par nos sens et concevable par notre entendement. Dans l'enseignement actuel, on fait davantage attention à l'apprentissage de ce qui est invisible et inaccessible pour notre œil, on doit enseigner que ce qui est invisible et ce qui est inaccessible est aussi importante que ce qui est visible. De plus, on doit convaincre les étudiants que l'utilisation de nos autres sens et des appareils technologiques permet de plus en plus de mieux saisir ce qui est lointain.

5.2.19 : 19^{ème} question

Pourquoi la couleur n'est-elle pas une propriété de l'atome ?

Les étudiants turcs :

n	Représentations des étudiants
1	La couleur est quelque chose que l'on peut voir à l'œil, du fait qu'on ne peut pas voir l'atome à l'œil, je pense que ce serait faux de faire une relation entre l'atome et la couleur
2	La couleur de l'atome est jaune, mais on ne peut pas la percevoir
3	L'échelle de l'atome n'est pas l'échelle visible pour notre œil, on ne peut pas parler de la couleur à cette échelle, c'est pas possible !
4	Idem 3, car l'intervalle de la vue pour l'œil est limité
5	L'ensemble et les parties ne font pas les mêmes réactions en face de la lumière, c'est pour cela que la couleur de l'atome est différente
6	Pour qu'on puisse parler de la couleur, la lumière doit être réfléchiée par l'objet, est-ce que l'échelle de l'atome, la lumière est soumise à une réflexion par l'atome ?
7	Certaines choses sont significatives à condition que celles-ci constituent un groupe
8	Il n'y a pas une liaison directe entre l'atome et la couleur, s'il y a des groupes d'atomes, on peut parler de la couleur et de certaines propriétés de la matière.
9	La couleur est une propriété de l'atome
10	Comme l'atome est plus petit par rapport à notre échelle, on ne peut pas percevoir sa couleur
11	On ne peut pas faire un raisonnement sans avoir fait l'observation sur l'atome
12	Si la lumière est absorbée par l'atome, on peut seulement décider après
13	Il n'y a pas de couleur d'un seul atome, il n'y a pas de mouillage d'une seule molécule
14	La couleur existe mais on ne peut la percevoir
15	Il n'y a pas de couleur, car un seul atome ne reflète pas la lumière.

Résultats 1:

L'existence de la couleur dépend de l'absorption de la lumière par l'atome ou par l'objet

Du fait qu'un seul atome n'absorbe pas la lumière, on ne peut pas parler de la couleur de l'atome.

La couleur existe mais la limite de la vision de notre œil ne permet pas de percevoir la couleur de l'atome (limite de l'observation),

Les parties ne donnent pas les mêmes réactions que l'ensemble.

Il y a trois sortes de réponses pour cette question, en aucun cas ces réponses ne sont précises pour les étudiants, ce sont plutôt des réponses hypothétiques, car il y a toujours des conditions : d'une part pour l'absorption de la lumière, d'autre part pour la capacité de notre œil ou bien pour la capacité de l'observation par des appareils. Si on pouvait définir ces deux

conditions en même temps, on pourrait peut-être donner des réponses plus raisonnables, sinon on va rencontrer des réponses très dispersées les unes des autres, comme dans notre cas.

De plus, certains étudiants défendent que « les parties ne donnent pas les mêmes réactions que l'ensemble » cette idée est très importante pour pouvoir raisonner à des échelles différentes, car la quantité et le changement de constitution de la matière peuvent faire varier un certain nombre de caractéristiques de la matière ; de même que certaines propriétés sont significatives seulement à des échelles précises et dans des conditions déterminées.

Les étudiants français :

n	Représentations des étudiants
1	Pas d'information précise
2	La couleur est quelque chose de macroscopique
3	<p>Une bonne discussion, s'il y a une absorbance on peut parler de la couleur</p> <p>E : je pense pas, enfin</p> <p>K : est-ce que tu as une idée ?</p> <p>E : ben la couleur dépend de l'absorbance ; l'absorbance dépend des molécules, des atomes, je sais pas trop, mais</p> <p>K : par exemple, pour les molécules, est-ce qu'on parle de la couleur !</p> <p>E : non, c'est pas, la molécule en elle-même n'a pas la couleur, à mon avis la couleur, c'est, c'est un reflet de l'absorbance, c'est le reflet du spectre de</p> <p>K : macroscopique, on peut dire ?</p> <p>E : oui, des propriétés (silence) micro... oh ! c'est pas enfin, c'est pas évident pour moi ! La couleur c'est pas directement une propriété, c'est la , c'est ce qui découle de la propriété de la, de la molécule. La molécule a une propriété à absorber ou à ne pas absorber à une certaine longueur d'ondes, et la couleur est la conséquence, enfin. Ouais bon, c'est quand même lié, quoi. F3-15</p>
4	La couleur n'est pas une propriété
5	<p>La couleur c'est quelque chose de macroscopique.</p> <p>E : bien je pense que l'atome en lui-même on peut difficilement se l'imaginer, enfin, c'est pas, je m'imaginer pas un atome avec une couleur propre, c'est la l'assemblage du du tout qui fait qu'elle est... enfin, je sais pas... c'est pas une question que je me suis posée (rires)</p> <p>K : pour la molécule, on peut dire la même chose ? la couleur pour les molécules, c'est une propriété ?</p> <p>E : je pense pas qu'on puisse dire que la couleur est une propriété d'une molécule</p> <p>K : c'est quelque chose de macroscopique ou microscopique la propriété de la couleur ?</p> <p>E : bein microscopique je pense, la propriété chimique. F5-31</p>
6	<p>La couleur c'est un habit comme un vêtement sur l'objet</p> <p>E : en fait, on refuse tout ce qu'il y a autour de lui, comme nous. Quand on porte pas vêtements, on est que l'homme, on oublie carrément le terme de de vêtements. C'est comme pour l'atome, l'atome on regarde tout ce qu'il y a à l'intérieur. Donc on regarde pas ce qu'il y a autour de lui, on laisse euh dans un 1^{er} temps, c'est après qu'on, après d'autres études qu'on. F6-36</p>
7	La couleur n'est pas une propriété déterminante pour les atomes
8	Je ne sais pas
9	La couleur est liée totalement à la longueur d'onde, il n'y a pas de rapport
10	Ça dépend de la lumière qu'on envoie sur les atomes non ?
11	Pas d'idée précise
12	<p>Au lieu de la couleur, on peut parler des effets de différentes longueurs d'onde sur la matière</p> <p>E : ah la couleur c'est pas une propriété de l'atome ! (quelques secondes de silence). Ben peut-être que euh c'est pas la couleur qui définit l'atome, c'est l'atome qui définit par la suite les couleurs</p> <p>K : pour les molécules, est-ce qu'on peut parler de la couleur ?</p> <p>E : même euh, ben, je pense en fait que c'est euh, le fait, ben moi, je suis pas sûr, mais pour la couleur, c'est donné par euh, par euh, par un certain assemblage d'atomes, c'est ça qui, et en fait, c'est pas vraiment la couleur, parce-que on sait que la couleur ça vient de la lumière. Y a de la lumière qui est envoyée, et euh l'atome, enfin la molécule ou quelque chose, par exemple, ce bureau, ben il va tout refléter, il va il va il va absorber les autres, il va refléter juste celles que nous on va voir comme étant couleur. Donc, c'est pas le concept de couleur, nous on parle de couleur, c'est ce qu'on voit, mais en fait, c'est ce qui est rejeté, c'est une longueur d'onde qui est rejetée par l'objet en question. F12-65</p>
13	La couleur pour la molécule oui, pour l'atome non !
14	<p>Manque d'imagination dans le monde minuscule</p> <p>E : (quelques secondes de silence) ben, à partir du moment où c'est macroscopique, oui. A partir du moment où on a, par exemple, une solution, de je sais pas euh, une solution avec euh certaines molécules dedans, ben ça a une couleur, et là oui y a une couleur. Mais je sais pas si à l'échelle microscopique donc de l'atome, on peut parler de couleur. Je, j'arrive, moi j'ai pas, non, y a pas de couleur dans ma tête. F14-82</p>

Résultats 2:

Le consensus entre les étudiants est centré sur une idée que « la couleur est une propriété macroscopique, on ne peut pas la chercher dans le monde microscopique ».

Une autre idée est qu' « un manque d'imagination et de l'expérimentation dans le monde minuscule ne permet pas raisonner raisonnablement dans ce monde ».

Le 12^{ème} étudiant prétend que « à la place de la couleur, on peut parler des effets de différentes longueurs d'ondes sur la matière ». Il parle indirectement d'un manque d'expérience dans ce monde pour bien raisonner sur la matière, de plus, au lieu de parler de la couleur, il insiste sur la cause de la couleur, ainsi que la lumière et la constitution de différentes longueurs d'onde, dans la littérature scientifique, on les appelle des ondes électromagnétiques et de leurs effets sur la matière. Ce type de raisonnement permet, il me semble, de mieux comprendre ce qui se passe autour de la matière et sur ses propriétés à des échelles différentes.

Pour le 6^{ème} étudiant, la couleur est une tenue sur la matière, il dit qu'il faut bien distinguer l'objet de son habit. Enfin, ceci veut dire une fois de plus que « la couleur n'est pas une propriété déterminante pour la matière dans le monde microscopique. »

5.2.20 : 20^{ème} question

« Le vent », « la chaleur », « l'odeur », « le son » ; comment peut-on percevoir leur existence ? Qu'est ce qu'il y a dans leur contenu à votre avis ?
--

Les étudiants turcs :

n	Sujet de discussion	Représentations des étudiants
1	L'odeur	Si on peut percevoir quelque chose cela a un caractère de l'onde.
2	Le vent	On peut le sentir en touchant, il propage par l'intermédiaire de l'air, dans l'air, l'onde et la matière sont ensembles , ils se propagent en commun, ainsi que la matière est transportée par le mouvement des ondes.
3	L'odeur	Elle est chimique, je sais qu'elle est une stimulation électrique, dans notre nez, une réaction chimique a lieu par la suite, le signal électrique est transféré au cerveau, enfin ce signal est interprété par notre cerveau comme une perception de l'odeur. L'odeur est un caractère de la matière , il y a des molécules dans son contenu.
4	Le vent	On peut le percevoir à l'aide d'une force motrice, dans son contenu, je ne sais pas de quoi il s'agit?
5	Le vent	Un raisonnement lié à la physique quantique On perçoit un rafraîchissement sur notre corps, en quelque sorte, notre corps saisit le vent, ou on peut comprendre son existence à partir du déplacement des objets. Dans son contenu, la matière et l'onde sont ensemble. D'après la physique quantique , pour chaque particule en déplacement, il y a une onde qui accompagne cette particule, c'est la raison pour laquelle on ne peut pas distinguer la matière de l'onde. Les deux sont toujours considérées ensembles. T5-22
6	L'odeur	Dans l'odeur, il y a des petits paquets d'odeurs comme les photons , grâce à cela, on peut la percevoir, je pense qu'ils peuvent être transportés comme des ondes électromagnétiques.
7	L'odeur	On peut la percevoir à l'aide de notre nez, elle a un caractère d'onde , car celle a une fréquence, à mon avis l'odeur est plutôt une onde parce qu'elle sort de la matière et elle se propage
8	L'odeur	On peut le percevoir par notre nez, il y a des gaz dedans, pour l'odeur, il me semble, elle a <i>un caractère de la matière</i> , car moi, je n'ai jamais senti des ondes , l'idée d'onde est loin de mon esprit.
9	La chaleur	On peut la percevoir en touchant aux objets grâce à son énergie, en quelque sorte, ce qu'on perçoit c'est l'effet de l'énergie . Du fait que l'énergie n'a pas un caractère de la matière, la chaleur est une onde pour moi.
10	La chaleur	On peut la percevoir par nos sens , ce qui est plus logique à la lumière de ce qu'on a acquis jusqu'à présent par l'enseignement, c'est qu'elle a un caractère d'onde.
11	L'odeur	On peut la percevoir par des cellules de récepteur , je pense qu'elle a un caractère d'onde , par contre, la matière est un peu loin de mon esprit.
12	L'odeur	L'odeur est une propriété de la matière , mais, je n'ai jamais pensé à ce qu'il y avait dedans !
13	Le son/ la chaleur	Le son est une onde , pour la chaleur ce qu'on perçoit c'est de l'énergie , je ne sais pas ce qui est une onde ou une matière, ce qui est sûr c'est qu'ils apportaient de l'énergie, nous on peut percevoir l'énergie. T13-68
14	Le son	On peut le percevoir par nos sens, il est une onde, d'ailleurs comme je le perçois tout de suite par le cerveau, on peut comprendre que c'est une onde . Car, des ondes se propagent à très grande vitesse. T14-73
15	Le son/ l'odeur	Le son est une onde car il se propage par l'intermédiaire des ondes, l'odeur est quelque chose entre la matière et l'onde, parce que je sais qu'il y a aussi des particules dedans, je dirais plutôt la matière pour l'odeur

Résultats 1:

Cette question nécessite une connaissance détaillée de la structure de la physique quantique ; comme on le constate ci-dessus, à peu près tous les étudiants ont des difficultés à donner une réponse déterminée à cette question. Le 5^{ème} étudiant, futur professeur de physique, a donné une réponse censée à cette question à la lumière des théories actuelles des sciences contemporaines, car la physique quantique, depuis à peu près un siècle se préoccupe de cette

question. En partant des représentations des étudiants, nous proposons un certain nombre d'éléments essentiels pour comprendre ce type de question :

Quelles sont les caractéristiques de la matière ?

Quels sont les caractéristiques des ondes ?

Comment peut-on les distinguer l'une de l'autre ?

Qu'est-ce que c'est l'onde de **De Broglie** accompagnant à des particules élémentaires ?

Comment peut-on faire augmenter la capacité de nos sens quand la matière devient invisible pour notre œil et inaccessible par nos sens ?

On pourrait en quelque sorte percevoir par nos sens tous les objets de cette question, mais on ne sait pas vraiment ce que l'on est en train de percevoir par nos sens ? Quand on pose une question comment percevoir ? Les étudiants répondent aisément, mais si on leur demande ce qu'il y a dans le contenu de ce qu'ils ont perçu, il y en a peu d'entre eux qui donnent une réponse satisfaisante, car on ne connaît pas vraiment la structure microscopique de la matière, plutôt on a du mal à imaginer lorsqu'il y a des particules non-visibles par notre œil ou par le microscopique. En conclusion on pourrait dire que l'on ne connaît pas bien la structure non-visible des particules. Par la suite toutes ces particules deviennent abstraites ou inconcevables par notre intelligence même si elles ont un caractère concret comme les objets avec lesquels nous sommes en contact tous les jours.

Le 8^{ème} étudiant dit que « je n'ai jamais senti des ondes », il me semble qu'il a raison, je me pose la même question, la réponse est à peu près identique, alors que doit-on faire pour attribuer un sens à ce que l'on est en train de percevoir tous les jours ? Ou bien faut-il traiter autrement cette interrogation ? A partir de ces types de discussion, nous constatons qu'il y a le manque d'articulation entre la théorie et la pratique, les activités scientifique et quotidiennes. Il me semble que rendre compréhensible nos moyens de perception et attribuer un sens ces perceptions favoriseront ces articulations.

Les étudiants français :

n	Sujet de discussion	Représentations des étudiants
1	La chaleur	On perçoit l'effet de la chaleur, son contenu n'est pas précis
2	Le son	...par nos sens, c'est juste une onde
3	L'odeur	<p>... grâce au récepteurs sensoriels, ce qu'on détecte c'est des molécules</p> <p>E : ben, grâce au récepteur sensoriel qu'on a dans l'odeur, c'est-à-dire euh, euh on a un récepteur qui se lie avec une molécule et le cerveau traduit ça comme une odeur qu'on interprète nous ! Mais l'odeur, c'est pas quelque chose d'universel, je pense qu'on peut avoir une perception de l'odeur qui n'est pas forcément du même percept, ou du moins euh, où du moins euh, on donne le même nom à ce qu'on sent pour une même molécule, mais l'odeur en elle-même n'est pas euh</p> <p>K : d'accord. Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ? de l'odeur ? On perçoit quelque chose, ou on sent quelque chose, est-ce qu'il y a quelque chose dans l'odeur à ton avis ? comme matière ou</p> <p>E : dans l'odeur ?</p> <p>K : oui</p> <p>E : ben les molécules qui sont euh, c'est celles-là qu'on détecte quand on sent... l'odeur.</p> <p>F3-15</p>
4	Le vent	<p>Une perception visuelle/le vent c'est du courant</p> <p>E : ben le vent, ben par exemple, les cheveux, quand y a du vent, ben, les cheveux volent enfin... (silence) les cheveux ça bouge, quoi, donc y a du vent. Quand y a du vent, ben je vois que mes cheveux sont décoiffés</p> <p>K : d'accord. Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ?</p> <p>E : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ? du vent ? (silence) le contenu du vent ?</p> <p>K : qu'est-ce qu'il y a dedans ?</p> <p>E : ben, le vent, c'est le vent, c'est euh</p> <p>K : t'as jamais pensé ?</p> <p>E : hein ? pardon ?</p> <p>K : t'as jamais pensé à ça ?</p> <p>E : bein le contenu du vent, non, quand y a du vent, bein les arbres euh</p> <p>K : par exemple, est-ce qu'il y a la matière dedans ?</p> <p>E : (silence) oui</p> <p>K : ou bien sans matière ?</p> <p>E : mais partout. Mais le vent c'est pas une euh, le vent c'est des courants, c'est des, c'est, c'est pas un contenu</p> <p>K : y a quelque chose dedans ?</p> <p>E : dans le vent ? (silence) et si dans l'air y a quelque chose, effectivement, oui y a un contenu, mais dans le vent ? ! je veux dire euh, parfois, y a des jours, où y a pas de vent. Ca veut pas dire, qu'y a pas, y a pas, y a pas quelque chose, y a l'atmosphère</p> <p>K : d'accord, dans l'air y a quelque chose, mais dans le vent...</p> <p>E : mais si dans le vent, si. Mais le vent en soi, enfin le vent c'est, c'est, c'est un courant, c'est. F4 – 25.</p>

5	La chaleur	<p>...par nos sens/ la chaleur c'est une forme d'énergie/un effet sur la matière</p> <p>K : d'accord. Dernière question, y a quelques exemples, ici, mais je te demande seulement un, par exemple la chaleur, comment on peut percevoir ?</p> <p>E : son existence ?</p> <p>K : oui</p> <p>E : bein c'est des effets, enfin c'est des sensations qu'on a soi-même, on sent la chaleur, sans la voir, ça a des effets sur notre corps quoi, c'est seulement comme ça qu'on</p> <p>K : est-ce qu'il y a quelque chose du sensible qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ?</p> <p>E : (rires) le contenu ? bien la chaleur c'est une forme d'énergie, donc euh, l'énergie a un effet sur la matière</p> <p>K : est-ce la matière ?</p> <p>E : c'est pas de la matière je crois, c'est pas de la matière, mais ça, ça a un effet sur la matière, c'est une énergie qui. F5-31</p>
6	Le son	<p>...par l'ouïe/ il a des photons</p> <p>... L'ouïe, l'ouïe c'est grâce à l'ouïe. Percevoir ?</p> <p>K : percevoir</p> <p>E : mm... phénomène de vibration !</p> <p>K : d'accord. A ton avis, qu'est-ce qu'il y a dans le son, dans le contenu ?</p> <p>E : y a mmm...(silence) y a des, y a des photons, des photons qui sont tout le temps excités. F6-36</p>
7	L'odeur	...par les récepteurs de l'odeur, il y a des molécules dans son contenu
8	Le vent	...par nos sens , il y a des poussières dans le vent
9	La chaleur	...par la sensation sur notre peau/ il y a des atomes et des molécules
10	L'odeur	On la détecte par notre nez , il y a des molécules c'est l'aire qui les pousse
11	Le son	Il y a des ondes de fréquences différentes

12	Le vent	<p>...par nos sens, l'œil, le visage.../un déplacement d'air/ des molécules</p> <p>K : d'accord. Dernière question : le vent, comment on peut percevoir le vent ?</p> <p>E : comment on peut le percevoir ? oh la ! ça c'est une bonne question !! euh...</p> <p>K : avec les yeux, avec...</p> <p>E : avec les yeux ? non, je pense que c'est plus avec le visage, enfin avec les sens, je veux dire, on sent que que que le vent nous passe dessus, que ça souffle</p> <p>K : tous les objets de perception, plutôt ?</p> <p>E : ouais voilà, je pense que, ouais c'est quelque chose, que bon ben, on a besoin de tout pour le ressentir.</p> <p>K qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ?</p> <p>E : pardon ?</p> <p>K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ? dans le vent</p> <p>E : ah qu'est-ce qu'il contient le vent ?</p> <p>K : qu'est-ce qu'il contient ? qu'est-ce qu'il y a ?</p> <p>E : bein c'est euh (silence)?</p> <p>K : c'est de la matière ? c'est des ondes ? ou les 2 ? ou bien encore d'autres ?</p> <p>E : mais je sais pas si normalement y a de la matière, c'est ça. En fait, c'est c'est un déplacement, c'est un déplacement d'air, c'est juste l'air qu'il y a dans l'air qui est formé d'azote, d'oxygène et tout</p> <p>K : c'est quoi les causes du déplacement plutôt</p> <p>E : c'est c'est la dépression, c'est dû à la, c'est c'est, quand par exemple, on a un phénomène de haute pression, c'est comme une chambre à air, donc une chambre à air, vous la gonflez, vous prenez un truc, vous la percez. Ca va dégager de l'air, pourquoi, parce-qu'en fait y a une différence de pression, y a une pression plus haute dans la chambre à air que dehors. Donc, tout l'air qui a, l'air a tendance à vouloir toujours occuper le maximum de volume, donc il va sortir, il va se mettre dans la pression et c'est ça qui fait le phénomène du vent.</p> <p>K : ah d'accord. A la fin si tu dis que, il y a des matières dedans, y a des molécules ?</p> <p>E : oui y a des, ouais y a sûrement des molécules, y a l'air, l'oxygène, donc euh H2O tout ça, donc effectivement, y a des molécules</p> <p>K : c'est-à-dire ça fait partie de la matière ?</p> <p>E : oui, ça fait partie de la matière en quelque sorte, oui. F12-65</p>
13	L'odeur	Il y a des molécules odorantes
14	Le vent/ nos sens	On perçoit l'énergie/UNE perception de l'odeur/nos perceptions fonctionnent d'une façon cohérente...F14-83,84.

Résultats 2:

Comme pour les étudiants turcs, cette question est dure également pour les étudiants français, ils ont du mal à saisir son esprit.

Quand on demande « qu'y- a-t- il dans le contenu du vent, de la chaleur et de l'odeur ou du son ? » les étudiants ont du mal à faire un raisonnement scientifique. Aucun étudiant ne parle d'une théorie ou d'une argumentation scientifique pour pouvoir expliquer ces questionnements. Car à la lumière des théories actuelles, on peut quand même donner des réponses d'une manière plus scientifique, mais leurs raisonnements ont plutôt tendance à aller vers le sens commun.

Par rapport aux étudiants turcs, les étudiants français sont plus à l'aise pour le passage des phénomènes aux molécules, des molécules aux atomes et aux particules, et sur les propriétés chimiques de la matière ; par contre, quand il s'agit des propriétés physiques, ils ont du mal à raisonner d'une manière scientifique, comme pour les propriétés de la lumière et du son etc.

La 14^{ième} étudiante, en licence de sciences physiques, a un large spectre de capacité de raisonnement sur ces phénomènes, pour elle, tout ce que nous percevons par nos sens est une sorte d'énergie. Ce type de raisonnement peut être considéré comme un raccourci pour tous nos questionnements, mais, si on étudie davantage l'énergie, on peut partager l'idée de cette étudiante. Trouver un consensus pour tous nos sens, articuler leur fonctionnement favorisera mieux notre compréhension du monde.

Une autre idée appartenant à la même étudiante est que « un sens ne suffit pas toujours afin de percevoir les objets auxquels nous nous intéressons ». « **Voir** » une table pourrait donner des informations, mais « **toucher** » ce que nous voyons donnerait encore plus d'information, de plus « **entendre** » le son de cette table en frappant permettrait de multiplier notre capacité à construire du sens. Ainsi plus l'utilisation de nos divers sens est multiple, plus notre capacité de perception est augmentée et plus on a d'informations sur ce que nous cherchons. Or, pour la plupart des étudiants, l'utilisation d'un sens est suffisante pour percevoir les objets et les phénomènes et les particules ou leurs qualités.

Enfin, « être en contact » avec la matière est la préoccupation essentielle des êtres humains, depuis toujours, quoi qu'on fasse sur la matière, « toucher » ou « être en contact » avec la matière porte un sens particulier. D'ailleurs, ce sujet est actuellement une des études principales des chercheurs dans le domaine de la psychologie perceptive. Tout au long de ma recherche, j'ai touché plus au moins à ce sujet, sur ce point, je voudrais dire qu'« être en contact » avec la matière, nous rapproche aux qualités des objets et rendre explicite un certain nombre d'activité perceptible pour les activités mentales. Enfin, le plus important, « toucher » est un sens actif, contrôlable et doté d'une forte capacité de manipulation de la matière.

5.2.21 Analyse récapitulative pour les entretiens

5.2.21.1 Analyse récapitulative par rapport au contenu des questions et des activités demandées.

Avec cette analyse que nous avons proposée dans le tableau 5.42 ci-après, nous allons mieux comprendre : quelle question comporte quels concepts et quels phénomènes, dans quel contexte ces concepts ou phénomènes s'installent et enfin les types d'activités que l'on leur demande partir de leurs constructions intellectuelles.

Tableau 5.42 :
ANALYSE DU CONTENU DU QUESTIONNAIRE DES ENTRETIENS
Conceptuelle/contextuelle/cognitive/perceptive/langagière

N°	CONTENU	CONTEXTE				ACTIVITE DEMANDEE	
	Questions et concepts et expressions associés	Scientifique	familier	macro	micro	cognitive	perceptive et langagière
1	Si vous cherchiez à définir une frontière entre le monde microscopique et le monde macroscopique , où la situeriez-vous ? Quel serait votre critère ?	x		x	x	Raisonnement/ classifier/ argumenter	exprimer/ prise de position
2	Si nous avions la taille des molécules, Qu'est-ce qu'on pourrait voir autour de nous?	x			x	Imaginer/ expérience cognitive	exprimer
3	Nous utilisons plusieurs échelles afin de bien expliquer les phénomènes autour de nous, comme l'échelle atomique, microscopique , nanoscopique , mésoscopique ... Pour des protons et des neutrons, dans quelle échelle vous placez-vous ?	x		x	x	Raisonnement/ classifier	Exprimer/ Prise de position
4	On parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique ? Si vous aviez à choisir deux autres adjectifs à la place des précédents, quels seraient-ils?	x	x	x	x	raisonner	Produire des mots alternatifs
5	Que signifie le mot " spectroscopie " pour vous? Quel est son importance dans la science et dans la vie quotidienne? Pouvez-vous donner des exemples de son utilisation?	x	x	x	x	raisonner	Exprimer/ donner des exemples
6	Lorsque l'on parle du monde visible et du monde invisible , qu'est-ce que cela signifie pour vous?	x		x	x	raisonner	exprimer
7	Qu'est-ce qu'un photon immobile pour vous?	x			x	Imagination scientifique/ expérience cognitive	exprimer
8	Voir un objet atomique et voir un objet à notre échelle , est-ce que le verbe a pour vous le même sens dans les deux expressions ?	x	x	x	x	Faire le lien entre les différentes échelles	exprimer
9	À votre avis, pourquoi l'idée d' atome existe-t-elle dans la pensée humaine depuis beaucoup plus longtemps que l'idée de molécule ?	x	x	x	x	Raisonnement/ faire la philosophie	exprimer
10	Tous objets, animés et inanimés sont faits d' atomes . Comment pouvez-vous vérifier cette affirmation ?	x		x	x	Raisonnement/ argumenter	Exprimer/ affirmer
11	VOIR DES ATOMES ET TOUCHER DES ATOMES. Que signifient pour vous les deux expressions ci-dessus ?	x		x	x	Faire le lien entre expérience cognitive et expérience perceptive	exprimer

12	OBSERVER SANS VOIR. Que signifie l'expression ci-dessus pour vous? Pouvez-vous donner des exemples "observer sans voir" dans les sciences?	x		x	x	Faire la philosophie/ expérience cognitive	exprimer
13	Pourquoi chacun observe-t-il différemment le monde qui nous entoure?	x	x	x		Effets des perceptions sur le raisonnement	exprimer
14	« Ils regardent mais ils ne voient pas » que signifie, pour vous, cette expression ?	x	x	x		Méta -cognitif (être conscient de différentes activités perceptives)	exprimer
15	Quelle relation faites- vous entre les concepts physiques « photon », « électron » et « proton » ?	x			x	Faire la relation	exprimer
16	Quelle relation faites- vous entre les concepts suivants « matière », « force » et « énergie » ?	x	x	x	x	Faire la relation	exprimer
17	Quelle relation faites- vous entre les concepts suivants : « atome », « élément chimique », « molécule ».	x		x	x	Faire la relation	exprimer
18	Quelle est l'importance de la lumière visible et invisible dans notre vie ?	x	x	x	x	Faire le lien entre activité sensorielle et perceptive	exprimer
19	Pourquoi la couleur n'est –elle pas une propriété de l'atome ?	x	x	x	x	Raisonner/ argumenter	vérifier/ exprimer
20	« Le vent », « la chaleur », « l'odeur », « le son » ; comment on peut percevoir leur existence ? Qu'est-ce qu'il y a dans leur contenu à votre avis ?	x	x	x	x	Raisonner à partir des perceptions Argumenter	affirmer/ exprimer

5.2.21.2 Analyse récapitulative par rapport aux résultats (cf. tableau 5.42)

Les questions des entretiens ont été construites afin d'avoir des informations complémentaires à propos des registres conceptuels et perceptifs des étudiants. L'avantage de ces questions, quand nous voulons, nous pouvons changer l'orientation des réponses des étudiants. C'est la raison pour laquelle, d'un côté, nous pouvons obtenir des informations un peu plus détaillées, de l'autre côté, le comportement affectif de l'individu produit un certain nombre de limites pour la construction des représentations des individus. Enfin, nous pouvons dire que l'utilisation de plusieurs outils de recueil de données permet d'élargir la limite de la recherche. Dans le cadre de critique, poser plusieurs questions basées sur les différents registres rend un certain nombre de difficulté surtout le regroupement des questions, cependant il produit des informations multidimensionnelles sur le fonctionnement mental des étudiants autour des concepts des sciences actuelles.

Si nous tentons de regrouper les questions des entretiens, nous pouvons proposer les regroupements suivants (pour le numéro des questions cf. tableau 5.42). Ceux-ci ne sont

pas d'un ordre stable, nous les avons fait seulement en vue d'avoir un point de vue récapitulatif sur les questions.

1, 3, 4 et 6 questions sont centrées sur la définition et la classification concernant le monde microscopique, sous microscopique et macroscopique, visible et invisible...

Le 2^{ème} groupe de questions a été construit sur le paradigme de l'observation et de l'observabilité en sciences physiques et en vie quotidienne. Ce groupe comprend les questions **8, 11, 12, 13 et 14**. à l'issue de l'analyse de questions, nous avons obtenu des informations précieuses, particulièrement l'idée d' « isomorphisme » entre les activités perceptives et les activités cognitives. Cette articulation nous permet de mieux comprendre le processus de la conceptualisation et de son fonctionnement.

Le 3^{ème} groupe concerne les questions **15, 16 et 17**. Ces questions ont été conçues afin de faire une relation entre plusieurs concepts. Suite aux analyses de ces questions, nous avons constaté que les étudiants ont du mal à raisonner et à comparer si plus de variables sont mis en place. Notamment, les critères, en quelque sorte, un manque de méta connaissances empêche la construction des raisonnements des étudiants. Il nous semble que le fait de faire le lien entre plusieurs entités rend obligatoire l'utilisation de deux critères principaux, l'un sur les similitudes, l'autre sur les différences.

Le 4^{ème} groupe concerne les questions **19 et 10**. Ces questions s'installent sur la perception. Comme dans le cas de l'analyse des questionnaires, nous avons obtenu des informations utiles à propos du processus de la conceptualisation du sensoriel au catégoriel. Les résultats montrent que les étudiants ne sont pas tout à fait conscients de la distinction entre **l'objet et ses propriétés, le phénomène et ses composantes**, cette situation perturbe le fonctionnement de leur raisonnement et de leur argumentation. Dernièrement, nous avons vu que nous ne connaissons pas assez nos outils de perceptions et leurs fonctionnements.

Le 5^{ème} groupe comprend les questions **5 et 18**. Ces deux questions ont été construites à partir du processus du traitement de l'information, plutôt sur la méthode scientifique. Nous avons indiqué à plusieurs reprises ce constat, nous avons vu que les étudiants ont du mal à faire un raisonnement compatible sur les traitements des informations à partir des qualités d'un objet et d'une particule étant installées au cœur d'un phénomène, car l'absence des acquis méthodologiques ne permet pas de voir les liens éventuels entre les qualités des objets et des particules...et les outils percepts des individus. Ceci montre qu'au cours des expérimentations scientifiques, nous ne sommes pas totalement conscients de l'utilisation des outils intermédiaires entre l'individu et la matière.

Le 6^{ème} groupe concerne les questions **2 et 7**. Ces questions ont été conçues sur la capacité d'imagination et d'expérience cognitive des étudiants à travers deux situations qui n'existent pas dans le monde réel. Nous avons vu que ce type d'activité dans une situation- problème, le fait d'avoir une propriété ou de ne pas en avoir (*un photon immobile*) ou le déplacement du

cadre perceptif (*se retrouver à l'échelle des molécules*), permet de prolonger la limite perceptive de notre raisonnement.

Le 7^{ème} groupe comporte les questions **9 et 10**. Ces questions sont centrées sur **l'argumentation** et ont été construites à travers l'épistémologie de l'atome et des molécules (9^{ème} question) et de l'utilisation courant (10^{ème} question). Pour la 9^{ème} question, les raisonnements des étudiants sont tout à fait compatibles avec leur épistémologie au cours de l'histoire de l'atome et des molécules, ils argumentent d'une façon comparable par rapport à leur niveau. Pour la 10^{ème} question, ils ont du mal à argumenter leur raisonnement, car ils ont des difficultés pour transposer leurs connaissances d'une discipline à l'autre. Ils savent que nous sommes construits de molécules et des atomes, mais quand on parle de l'argumentation, ils ont du mal à trouver des points d'articulation entre les parties et les ensembles. En fait, ce constat est valable pour plusieurs cas, les étudiants ne sont pas conscients des passages éventuels entre les parties et les ensembles et entre les différentes échelles. Ceci nécessite une bonne formation des méta connaissances, il nous semble que ces articulations entre la partie et l'ensemble seront inévitablement l'objet des recherches futures.

Nous avons vu que sauf les questions sur la classification et la définition, les interrogations avec des entretiens nous ont apportées, d'une part des informations complémentaires et cohérentes par rapport au contenu des analyses des questionnaires, d'autre part des informations nouvelles à propos des expressions, des manipulations, des expériences, des phénomènes qui nous entourent tous les jours

Suite aux analyses que nous avons conduit autour de deux outils de recueil de données à la lumière des méthodologies de la didactique des sciences, nous avons terminé notre partie pratique. Dans la conclusion, nous allons présenter les principaux résultats de cette recherche d'une manière intégrale.

CONCLUSION GENERALE

Au terme ce travail, nous pouvons en récapituler ainsi les étapes essentielles :

Notre recherche est construite sur deux axes principaux, l'un s'appuie sur un travail théorique, l'autre, sur un travail pratique.

Nous avons construit la partie théorique en trois étapes.

La première étape nous a permis, d'une part de situer notre champ de recherche par rapport à la place des théories des sciences actuelles, plus particulièrement les liens éventuels entre les théories, leurs composantes et les phénomènes naturels artefactuels qui nous entourent à travers leurs constructions dans l'histoire; d'autre part de voir la distance éventuelle entre les paradigmes des sciences actuelles et leurs reflets dans l'enseignement, plus particulièrement la distance imprécise entre eux.

La deuxième étape est une réinterrogation des paradigmes de l'observation afin de mieux appréhender l'esprit des sciences actuelles et mieux percevoir ce qui se passe autour de nous face à des faits scientifiques et habituels. Ce questionnement nous a permis, d'une part, de comprendre les composantes de nos outils de perception, et d'autre part de construire les étapes du processus de perception à partir de l'objet jusqu'à la structure mentale du sujet. Or, les outils de perception sont des moyens indispensables pour avoir des informations à partir des qualités des objets.

Dans la troisième étape, nous avons tenté d'interroger et d'éclairer le processus de conceptualisation à partir des propriétés des objets jusqu'au fonctionnement mental des individus. Nous avons aussi vu que afin de réaliser une tâche au niveau perceptif et cognitif, nous sommes obligés de prendre en compte un certain nombre d'outils intervenant dans le processus de la conceptualisation. Nous les avons appelés les outils cognitifs et les outils perceptifs. Les outils perceptifs sont des dispositifs qui contribuent à prolonger les limites de nos sens, y compris la limite de notre vision. Pour les outils mentaux, c'est plutôt le prolongement de nos activités cognitives. Ils sont centrés sur les concepts, les entités langagières, les images mentales ... Nous utilisons fréquemment les concepts, il me semble que nous les connaissons mieux, mais même si nous n'utilisons qu'implicitement les entités langagières, les images mentales, ces dernières font partie aussi de nos outils d'activités cognitives. Nous devons être attentifs à ces outils, car tous ne sont pas **dans les mêmes ordres** dans le fonctionnement mental. Chaque outil aide à l'enchaînement du processus de la conceptualisation, ramène une des qualités des objets à différents registres cognitifs à travers le processus de la conceptualisation. Construire une connaissance scientifique nécessite plusieurs activités, du sensoriel au catégoriel. Chaque étape comporte une particularité et entraîne une logique complexe et relationnelle. Cependant, nous avons énormément de connaissances provenant de diverses sources, déjà construites, prêtes à être construites, ou non-construites.

Nous avons construit la partie pratique en deux étapes :

Dans la première étape, nous avons présenté la conception, l'organisation et l'application des questions en utilisant les principaux concepts des sciences actuelles dans les phénomènes constextualisés au cœur des sciences actuelles et au centre des activités quotidiennes. Le but est

toujours d'observer les écarts entre le perçu et le conçu. Chaque interrogation et chaque représentation liée à cette interrogation nous ont apporté des informations précieuses. Certaines parmi elles sont connues par tout le monde, mais le reste est inédit, surtout les ressemblances entre certaines activités mentales et perceptives.

Dans la deuxième étape, nous avons minutieusement analysé les données provenant de différents outils de recueils. Ce chapitre comporte deux sous chapitre : l'analyse des questionnaires et l'analyse des entretiens. Au croisement de l'apport théorique et pratique, nous avons atteint les principaux résultats suivants :

Concept :

Les concepts sont des entités relationnelles, complexes et abstraites pour la structure mentale des individus, leur degré d'abstraction est déterminé **par l'expérience** que nous avons réalisée entre le sensoriel et le catégoriel. Comme les autres concepts, l'énergie est un concept abstrait, mais le degré de l'abstraction varie selon le niveau des élèves et leurs constructions intellectuelles.

Contenu conceptuel :

L'exemple de l'énergie nous a permis de mieux observer le contenu d'un concept à travers plusieurs structures cognitives et différents niveaux des individus. Quand nous faisons une analyse sur le contenu conceptuel de l'énergie, nous pouvons voir que l'ensemble des sens du concept ne varie pas beaucoup, par contre la place de l'élément de chaque contenu s'échangent, c'est pourquoi certaines relations entre signifiés et signifiants peuvent varier en fonction du temps et de l'élargissement de la limite de la perception des individus. C'est la raison pour laquelle, au lieu de parler de changement conceptuel, il sera plus raisonnable de parler de changement du contenu conceptuel. Ce changement se passe entre les éléments du contenu, par exemple, l'un disparaît, l'autre apparaît ; parallèlement, certaines interrelations, communication mentale et perceptive du concept avec notre activité cognitive, peuvent être remplacées par des nouvelles.

Concepts scientifique et quotidien :

Cette recherche a montré expérimentalement que la formation du contenu conceptuel n'est pas totalement une organisation scientifique. Nous pouvons dire que tout ce que nous faisons, tant au niveau scientifique, qu'au niveau quotidien, contribue à cette formation. C'est pourquoi, il faut absolument traiter ce sujet dans plusieurs contextes. A propos de ce constat, nous avons rencontré trois types de concepts, concept scientifique, concept quotidien et enfin l'intégration de ces derniers.

Image mentale :

A partir de la question sur l'énergie, nous avons constaté que « dessiner » l'énergie pour les élèves est une activité ordinaire et la majorité des élèves représente l'énergie en dessinant quelque chose. Alors qu'au niveau universitaire, les étudiants ont du mal à représenter quelque chose avec un dessin, et en fonctions de l'avancement des études, ce constat devient plus visible. Ils disent que « c'est quelque chose d'abstrait, on ne peut la représenter avec un dessin ». Enfin, nous pouvons dire qu'au niveau secondaire, l'énergie est centrée plutôt sur les activités sensorielles, alors qu'au niveau universitaire, plutôt sur les activités conceptuelles.

Raisonnement :

Les types de raisonnement au début de l'université sont centrés plutôt sur le descriptif, le causal, l'inductif et le visuel ; au fur et à mesure, ils ont tendance à être diversifiés, vers le relationnel, le conditionnel, le transitionnel, le dialectique et l'expérimental.

La perception sensorielle, surtout au niveau de l'œil, l'observation et l'expérience apportent un changement considérable sur le mode de raisonnement des individus.

Raisonnement relationnel :

Les deux questions (cf. la question « Vapeur d'eau et Lumière ») dont il est question interrogent en fait deux dimensions du même phénomène au cours du processus perceptif et mental : l'une « comment percevoir la lumière », l'autre « comment percevoir la matière ». Pour ces questions, il y a un point délicat ; afin de percevoir la lumière, nous avons besoin de particules de poussières, pour percevoir les molécules d'eau, nous avons besoin de lumière, ainsi il y a deux facteurs qui se complètent l'un l'autre. La question ne s'installe pas sur la causalité simple, mais sur le relationnel, car il y a toujours trois facteurs groupés, **la source** comme l'objet que nous voulons percevoir, **l'intermédiaire** qui apporte des informations sur l'objet et **le capteur** (nos sens ou des outils). Voir ou percevoir quelque chose n'a pas de sens en soi si on ne rend pas compte de ces trois facteurs, car ils sont indispensables pour attribuer un sens à l'acte de « voir » ou de « percevoir ».

A partir de cette remarque, nous pouvons dire que l'acte de voir n'est significatif qu'à condition que l'objet, la lumière et le capteur soient présents. C'est pourquoi voir la lumière et les photons n'a pas de sens en soi, mais détecter les effets de la lumière et des photons à partir des particules a un sens pour nous. Autrement dit, l'onde (*la lumière est une onde électromagnétique*) est significative avec le corpuscule, l'onde est un moyen intermédiaire à l'acte de voir entre l'objet et le sujet. En conséquence, connaître l'ordre du processus et ses éléments au cours de l'acte de voir ou percevoir et prendre en compte l'existence d'un raisonnement relationnel entre les variables, favoriseront l'enchaînement entre le perçu et le conçu.

Raisonnement conditionnel (cf. la question sur les propriétés macroscopique des objets) :

L'existence de la couleur dépend de l'absorption de la lumière par l'atome ou par l'objet

« Du fait qu'un seul atome n'absorbe pas la lumière, on ne peut pas parler de la couleur l'atome »,

« La couleur existe mais, la limite de la vision de notre œil ne permet pas de percevoir la couleur de l'atome (limite de l'observation) »,

« Les parties ne font pas les mêmes réactions que l'ensemble ».

Il y a trois sortes de réponse pour cette question, en aucun cas ces réponses ne sont précises pour les étudiants, ce sont plutôt des réponses hypothétiques, car il y a toujours des conditions : d'une part pour l'absorption de la lumière, d'autre part pour la capacité de notre œil ou bien la capacité de l'observation par des appareils. Si on pouvait rendre compte de deux de ces deux conditions en même temps, on pourrait peut-être donner des réponses plus raisonnables, sinon les réponses ne peuvent être que floues. De plus, certains étudiants défendent que « les parties ne font pas les mêmes réactions que l'ensemble » : cette idée est très importante pour pouvoir raisonner à des échelles différentes, car la quantité et le changement de la constitution de la matière peuvent faire

varier un certain nombre de caractéristiques de la matière, de même que certaines propriétés sont significatives seulement à des échelles précises et dans des conditions déterminées.

Raisonnement causal :

Les étudiants raisonnent constamment d'une manière semblable en face de tous nos questionnements. Pour eux, il y a une raison et une conséquence pour chaque phénomène. Ce type de raisonnement fonctionne dans certaines cas, mais pas tous les cas. La fréquence de ce type de raisonnement produit des obstacles pour le fonctionnement de notre système de pensée. Afin de pouvoir dépasser ces obstacles la seule solution est de prolonger notre période de réflexion et de multiplier les types de raisonnement à la lumière du paradigme actuel de la science contemporaine. En conséquence, la causalité linéaire est l'un des obstacles majeurs dans l'enseignement actuel.

Propriétés de la matière et raisonnement :

Les propriétés des parties construisent les propriétés des unités, ce constat est important, car le passage entre le monde micro et macro rend utile ce type de raisonnement.

Les propriétés chimiques et physiques sont une base pour la plupart des raisonnements des étudiants.

La chimie avec ses expériences est une discipline clé au cours du passage du monde micro au monde macro ou vice versa..

Argumentation :

Le type de raisonnement des étudiants est déterminé par les acquis conceptuels, par contre leur argumentation l'est par l'expérience et l'observation. Les individus à des niveaux différents et de culture différente ont à peu près les mêmes types de raisonnement, mais pas les mêmes types d'argumentation.

Argumentation entre connu et inconnu (cf. la question « photon immobile ») :

Il y a deux types de raisonnements fréquents, d'un côté, « un photon immobile, c'est impossible » c'est quelque chose d'**inimaginable, d'inconcevable** donc impossible pour la structure cognitive d'un individu. D'un autre côté, ce n'est pas possible, car une particule sans vitesse ne porte aucun sens, car la vitesse de la lumière est très grande, et s'il perd cette vitesse, il ne peut pas maintenir les propriétés, de même si une particule perd une de ses propriétés, elle perd aussi l'ensemble de ses qualités. Enfin, nous pourrions dire que connaître mieux toutes les propriétés d'une particule favorise l'articulation entre la perception et la construction mentale. S'il y a un manque d'articulation entre la perception et la conception, les étudiants ont du mal à argumenter leur raisonnement. Nous pouvons dire que la pertinence de l'argumentation est liée à la richesse de leur perception et leur expérience, donc aux contacts avec les objets et les propriétés des objets.

Perception :

L'enseignement scientifique, les documents scientifiques et scolaires et l'observation et l'expérience sont toujours les ressources principales pour le développement des niveaux intellectuels des individus.

La construction conceptuelle favorise le cadre perceptif de l'individu.

La perception visuelle permet un raisonnement causal sur les phénomènes auxquels nous nous confrontons, mais empêche le raisonnement relationnel.

L'expérience permet d'élargir notre limite de raisonnement.

A part pour quelques étudiants, pour la plupart entre eux, le monde micro et le monde macro sont deux mondes distincts. C'est la vision qui précise la limite de ces deux mondes.

Perception visuelle (cf. la question « observer différemment ») :

A voir l'argumentation dans leurs réponses, nous avons constaté un certain nombre de facteurs auxquels nous devons faire attention, quand il s'agit de montrer un cliché ou une image aux étudiants. Ainsi de *la source des données, la façon d'observer le phénomène en cause, le type d'appareil utilisé pour capter l'image à partir de l'objet, la façon de mesurer et enfin la façon de traiter les données*. Il me semble que si nous prenons en considération toutes ces variables, les images visuelles ou visualisées contribuent mieux à la construction des connaissances.

Isomorphisme : activités perceptives et cognitives :

Suite aux apports que nous avons proposés dans cette thèse, nous avons construit les similitudes suivantes, soit fonctionnelles, soit structurelles pour les activités du sensoriel au catégoriel :

Déclenchement des activités avec un questionnement et interaction entre l'individu et les qualités des objets		Etapas d'expérience		
		sensorielle	perceptive	Cognitive (hypothétique)
Types d'expérience	Observer	Voir	Visualiser	Imaginer
	Expérimenter	Agir (les autres sens) (Sens unique)	Interagir (En deux sens)	Concevoir

Disparité entre le perçu et le conçu (cf. la question « une image ») :

Reconnaître un objet nécessite absolument un enchaînement entre le perçu et le conçu. Faire une relation entre le perçu et le conçu nous oblige à avoir un certain nombre de références à propos de l'objet. Par exemple : l'échelle réelle de l'objet, l'échelle dans laquelle nous nous trouvons, avec quel moyen nous avons transporté l'objet à notre échelle, (plutôt de l'appareil que nous avons utilisé en vue d'avoir des informations à partir de l'objet) ; ensuite combien de fois à été agrandi ou réduit l'objet, est-ce que cette photo montre quelque chose de visuel et de visualisé (à partir des effets provenant de l'objet) ?

Langage (cf. question d'énergie, des questions des entretiens) :

Le langage des sciences est un sujet important d'une part pour pouvoir mieux communiquer, d'autre part pour pouvoir faire augmenter la capacité d'imagination et d'expérience mentale. Pour réaliser une construction mentale complète, nous devons prendre en compte l'importance du langage des sciences pour avoir de bons passages du sensoriel au catégoriel à travers la place de l'*épistémologie* des savoirs scientifiques. Un autre point : la transposition du langage des sciences est possible à condition que leur épistémologie l'accompagne.

Manque de connaissances et de méta-connaissances :

Notre but pour un certain nombre de questions est d'observer des liens éventuels entre le perçu et le conçu (dans le cadre scientifique), mais nous avons constaté que les étudiants manquent de connaissances sur les phénomènes très connus de la physique quantique (le principe de Heisenberg, la diffraction d'électron et des rayons X, la structure de la lumière...), en quelque sorte de la physique d'aujourd'hui. Nous pouvons expliquer cette situation, il me semble, par deux raisons : d'une part, les étudiants, même s'ils arrivent à la fin de leur formation, manquent encore de connaissances scientifiques et d'autre part n'arrivent pas à les articuler ou ne savent pas articuler ce qu'ils ont acquis et ce qu'ils perçoivent face à une situation naturelle ou artefactuelle. Ces manques empêchent, d'une part l'articulation du cercle de la conceptualisation, d'autre part, que ce que nous faisons dans le cadre scientifique prenne un sens.

La transposition didactique

Dans la plupart des cas, à propos des représentations des étudiants, je n'ai pas pu constater les traces des effets de la physique quantique, même si nous avons posé des questions implicites, (par exemple, les propriétés ondulatoire et corpusculaire de la lumière, le principe de Heisenberg, la diffraction d'électron et des rayons X...). Ceci veut dire que même s'il y a longtemps que la physique moderne est introduite dans les programmes scolaires, elle est encore loin des représentations des étudiants, soit par la faute de l'enseignement, soit par de la complexité des phénomènes microscopiques, quantiques, ou encore à cause de la difficulté de la construction de la logique conditionnelle, relationnelle et probabiliste. Il me semble que ces deux dernières raisons rendent difficile son enseignement.

Voir dans le monde macro et micro

Les deux opérations sont différentes pour la plupart des étudiants. Il y a cinq alternatives pour le verbe voir à l'échelle microscopique : **1 : observer, 2 : imaginer, 3 : détecter, 4 : voir avec l'appareil, 5 : faire quelque chose avec la fonction mathématique.** A la fin du regroupement des résultats, je proposerais qu'il faille bien articuler le processus «voir » et « observer » au sein de l'enseignement, surtout l'enseignement des sciences actuelles. Ceci favorisera une vision approfondie pour la compréhension des phénomènes qui nous entourent, et va élargir notre limite d'entendement sur la nature.

Voir et regarder

Ce questionnement nous a ouvert un nouveau champ de recherche, qui est la différence de l'action de l'œil entre « voir » et « regarder ». Ce que j'ai compris tout au long de cette recherche, c'est qu'il y avait deux phénomènes différents derrière l'action de l'œil. L'un est lié à la capacité de l'observation -l'orientation de nos sens -(pour « regarder ») et l'autre lié à la limite de nos sens ou de nos outils de percepts (pour « voir »). Enfin, « voir » et « regarder » sont deux activités centrées sur l'œil, mais leurs rôles et l'ordre de fonctionnement sont additionnel l'un et l'autre. Si l'une de ces activités est exclue l'autre n'apporte pas de sens.

Expérience et toucher (cf : des entretiens) :

Pratiquement à tous les niveaux, l'expérience est capitale : sans faire l'expérience, les connaissances restent abstraites pour les individus, faire des expériences est quelque chose de

déterminante. Une autre dimension, l'action de toucher, semble assez importante, il me semble que cette action est liée directement à l'expérience : observer apporte des informations considérables mais toucher rapproche les objets et les propriétés des objets des outils des perceptions des individus. Plus on a un contact avec la matière, plus on a des informations de niveau élevé et plus les propriétés de la matière ont du sens pour l'individu. C'est quelque chose comme le courant continu, plus la surface de contact est élevée, plus le courant est grand, ainsi plus d'information à propos de la matière.

L'importance de tous nos sens « *Je n'ai jamais senti des ondes* »:

Une autre idée venant d'une étudiante est que « un sens ne suffit pas toujours afin de percevoir les objets auxquels nous nous intéressons ». « **Voir** » une table pourrait donner des informations mais « **toucher** » ce que nous voyons donnera encore plus d'information, et « **entendre** » le son de cette table en frappant aidera à multiplier notre capacité d'articulation du sens. Ainsi, plus l'utilisation de nos divers sens est multiple, plus notre capacité de perception est augmentée et plus on a d'informations sur ce que nous cherchons. Or, pour la plupart des étudiants, l'utilisation d'un sens est suffisante pour percevoir les objets et les phénomènes et les particules ou leurs qualités.

« Etre en contact » avec la matière est la préoccupation essentielle des êtres humains depuis toujours, quoi qu'on fasse sur la matière, « toucher » ou « être contact » avec la matière porte un sens particulier. D'ailleurs, ce sujet est actuellement un des sujets principaux d'étude des chercheurs dans le domaine de la psychologie perceptive. Enfin, et c'est le plus important « toucher » est un sens actif, contrôlable et qui possède une forte capacité de manipulation sur la matière.

Visualiser l'invisible et l'inaccessible

Si quelque chose est invisible, cela devient inconcevable pour les étudiants. On sait qu'il est impossible de visualiser ou concrétiser toutes choses, mais, au moins on peut travailler plus sur un certain nombre de choses jusqu'à ce que celles-ci deviennent détectables par nos sens et concevables par notre entendement. Dans l'enseignement actuel, on fait davantage attention à l'apprentissage de ce qui est invisible et inaccessible par notre œil, on doit faire comprendre que ce qui est invisible et ce qui est inaccessible est aussi important que le reste. De plus on doit convaincre les étudiants que l'utilisation de nos autres sens et des appareils technologiques permet saisir mieux ce qui nous est lointain.

Prolongement de la limite de nos perceptions :

A la lumière des réponses des étudiants, nous pouvons proposer quelques notes en vue de prolonger notre limite des expériences cognitives, perceptives ou sensorielles à petite échelle et avec de petits objets à propos du monde microscopique. Pour faire cela, il faut (avoir) :

- une bonne connaissance sur les propriétés des objets et les phénomènes à des échelles différentes,
- une bonne transposition entre plusieurs échelles, et savoir reconnaître les points critiques entre les échelles (où les propriétés des objets ont tendance à changer),

- prolonger la limite des activités scientifiques tant au niveau théorique qu'au niveau perceptif ou expérimental vers le monde microscopique,
- articuler des théories avec des expériences scientifiques et des applications scientifiques quotidiennes,
- articuler le visuel, le visualisé et le perceptif qui disposent informations différentes à partir des qualités des objets.

Si on récapitule toutes les réponses des étudiants, on a le panorama suivant : la capacité d'imagination, la perception, la culture, jouent un rôle capital pour la construction des individus. Dans ce tableau, la situation idéale, ce sont des individus qui s'entendent entre eux d'une façon communicative et qui peuvent raisonner de manière plurielle et percevoir d'une manière multi-dimensionnelle. Et que ce n'est pas une seule personne qui conduit des observations et des expériences, c'est plutôt d'une vision cohérente de plusieurs point de vue sur les mêmes phénomènes.

OUVERTURES

Pour élargir notre champ de recherche, nous proposons les explorations suivantes :

- Construire des principes de pontage entre les différentes échelles de la matière, entre les propriétés des objets, et connaître les points de passages entre la structure continue et discontinue des objets ;
- Construire des activités pour intégrer les concepts scientifiques et non-scientifiques
- Construire raisonnement conditionnel et probabiliste pour pouvoir mieux articuler les connaissances provenant de diverses sources perceptives et nécessitant une bonne formation des méta connaissances ;
- Construire des situations problèmes entre les différentes propriétés de la matière aux différentes échelles ;
- Savoir diviser les échelles micro et macro pour mieux discerner les objets et les propriétés des objets à différentes échelles ;
- Construire des activités pour comprendre les paradigmes des sciences actuelles « observer sans voir (utilisation de nos autres sens pour percevoir les différentes qualités des objets et imagination scientifique) », « expérimenter sans toucher (expérience cognitive) »

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agazzai, E., Pauri, M., (eds.), (2000). The reality of the unobservable, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
- Artique, M., (1990). Epistémologie et Didactique, Recherches en didactique des mathématiques, Vol. 10, n°2.3, pp.241-286.
- Astolfi, J. P., (1997). Mots-clés de la didactique des sciences, De Boeck & Larcier s.a., Paris, Bruxelles.
- Astolfi, J.-P., (1992). L'Ecole pour apprendre, ESF éditeur.
- Atkins, P. W. Oxford University (traduction et résumé : Michèle Kirch ; imprimatur : P. W. Atkins) 12^e journées de l'Innovation et de la recherche dans l'Enseignement de la chimie, Université Louis Pasteur.
- Audigier, F., (1985). Enseignement de l'énergie, Collections de recherches, n°7, INRP.
- Bachelard, G., (1934). Le nouvel esprit scientifique, Quadrige (1934), Puf, Paris.
- Bachelard, G., (1938, 1993). La formation de l'esprit scientifique, Librairie philosophique J. Vrin, 1938, pour l'Édition poche, 1993.
- Balacheff, N. (2002). Cadre, registre et conception: note sur les relations entre trois concepts clés de la didactique, Les cahiers du laboratoire Leibniz, n°58, septembre, Grenoble.
- Balian R. 2003. Qu'est-ce que l'énergie ?, Questions d'énergie, Cycle de conférences, mars-avril 2003, les carrefours du savoir, le collège, cité des sciences & de l'industrie.
- Balian R. 2001. Physique fondamentale et énergétique : les multiples visages de l'énergie, Conférence introductive de l'École d'Été de Physique sur l'énergie, Caen – 27 août 2001.
<http://e2phy.in2p3.fr/2001/balian.doc>
- Britt-Mari, B. (1987). L'apprentissage de l'abstraction, Retz / VUEF, 1987.
- Brown, H. I. (1987). Observation and objectivity, Oxford university press, pp. 79, Oxford, New York.
- Bunge, M., (2000), Energy: Between physics and Metaphysics, Science & Education 9:457-461, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherland.
- Chalmers, A. (1991). La fabrication de la science, Editions la découverte, 1991, Paris.
- Chalmers, A. F., (1976-1982). Qu'est-ce que la science?. Editions la découverte, Paris.
- Changeux J. P. (2003). La vérité dans les sciences, Odile Jacob, Janvier 2003, Paris.
- Chevallard Y., (1985). La transposition didactique, Grenoble, Éditions sauvages.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. , de Leeuw, N. (1994). "From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts." Learning and Instruction 4: 27-43.
- Closset, J.-L. (1992). "Raisonnement en électricité et en électrocinétique ». Aster, n° 14, pp. 143-155.

Cordier F. in Tiberghien, A. et al. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique, synthèse d'un colloque autour d'une action « école et sciences cognitives », UMR GRIC, CNRS-Université Lumière Lyon 2, version courte.

De Broglie, L. (1947). Physique et Microphysique Paris, Albin Michel.

De la Garanderie, A. (2003). Comprendre les chemins de la connaissance : une pédagogie du sens, Chronique sociale, Lyon.

De Vecchi, G., Carmona-Magnaldi, N., (1996). Faire construire des savoirs, Hachette Education.

De Vecchi, G., Giordan, A., (1994). L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ? Z'Éditions.

Deleuze G., Guattari F.,(1991). Qu'est-ce que la philosophie ?, p.8, les éditions de Minuit.

Deligeorges, S., (1984). Le monde quantique, édition du Seuil, Sciences & Avenir.

Denis, M., (1989). Image et cognition, Puf, Paris.

Develay, M., (1995). Savoirs scolaires et didactiques des disciplines, une encyclopédie pour aujourd'hui, ESF éditeur, Paris.

Develay, M., (1992). De l'apprentissage à l'enseignement, ESF éditeur, Paris.
Dictionnaire étymologique et historique. Librairie Larousse,(1971).

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). Children's ideas and the learning of science. Children's ideas in science. R. Driver, Guesne, E., Tiberghien, A. Milton Keynes, Open University Press: 1-9.

Driver, R. (1981). "Pupils' alternative frameworks in science." European Journal of Science Education 3(1): 93-101.

Duhem, P., (1906). La théorie physique, son objet - sa structure, Vrin, Paris, 1981, pp.218-222.

Dykstra, D. I. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. R. Duit, Goldberg, F., Niedderer, H., Kiel, IPN: 40-58.

Encyclopædia Universalis (2002). France S.A. Tous droits de propriété intellectuelle et industrielle réservés

Encyclopédie Philosophie Universelle, (1990). Les notions philosophiques, Philosophie Occidentale, Tome 2, Puf.

Energie, un enseignement pluridisciplinaire, Rencontres pédagogies, n° :4, 1985, INRP.

Fischler, H., Lichtfeldt, M. (1992). Learning quantum mechanics. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. R. Duit, Goldberg, F., Niedderer, H., Kiel, IPN: 240-258.

Fischler, H., Lichtfeldt, M. (1992). "Modern physics and students' conceptions." International Journal of Science Education 14(2): 181-190.

French, A., P., la nature de la physique([The nature of physics](#)) in Tiberghien et all. (1997, 1998). Résultats de Recherche en Didactique de la Physique au service de la Formation des Maîtres. Livre de l'I.C.P.E. © International Commission on Physics Education.

Gauthier-Villars (1972). Physique atomique et connaissance humaine. Paris.

Gerward, L., Cousins D. and C.(1987). The discovery of the electron a centenary, Phys. Educ. V.32, n°:4 (july).p.219-225. Printed in Northern Ireland.

Gilbert, J. K., Watts, M. (1983). "Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in Science Education." Studies in Science Education 10: 61-98.

Giordan, A. avec J. L. Martinand, J.P. Astolfi, G. Rumelhard, A. Coulibaly, M. Develay, J. Toussaint, V. Host et ses Collaborateurs, (1983). L'Elève et /ou les connaissances scientifiques. Editions Peter Lang SA, Berne.

Giordan, A., De Vecchi, G., (1987, 1994). Les origines du savoir, Delachaux & Niestlé S.A., Lausanne (Switzerland)- Paris.

Grawitz, M., (1986). Méthodes des sciences sociales, Dalloz, Paris.

Greca, I. M., Moreira, M.A. (2001). "Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics." Science Education 86(1): 106-121.

Groupe μ : Francis Edeline, Jean-Marie Klinkenberg .(1998). Université de Liège, VOIR, l'image mentale I, n°-16.

Guichard, J. (29 mai 2001). C.R.D.P., Amiens, Document I.E.N. Amiens 5, <http://www.ac-amiens.fr/amiens5>

Halbwachs F.,(1974). La pensée physique chez l'enfant et le savant, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé (Switzerland).

Hamou, P. (1999). La mutation du visible : : essai sur la portée épistémologique des instruments d'optique au XVII^e siècle. . Volume I , Du Sidereus Nuncius de Galilée à la Dioptrique cartésienne.

Hamou, P. (2001). La mutation du visible : : essai sur la portée épistémologique des instruments d'optique au XVII^e siècle. Volume 2 , Microscopes et télescopes en Angleterre de Bacon à Hooke.

Harman, P., M., (1982). Energy, Force and Matter, The conceptual development of nineteenth-century physics, Cambridge University Press.

Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2001). "Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry". *Instructional Science* 29: 45–85.

Hawkins, J., Pea, R. D. (1987). "Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking." *Journal of Research in Science Teaching* 24(4): 291-307.

Holton, G., Brush , S. G. (1985). Introduction to concepts and theories in physical science, Seconde Edition, Princeton university press, Princeton, New Jersey.

Hulin, M. (1992). Le mirage et la nécessité pour une redéfinition de la formation scientifique de base, Presses de l'Ecole Normale Supérieure et Palais de la Découverte.

Jacop, P. (1998). Voir n'est pas toujours voir, La recherche, 309 mai.

Jacop, P., et Jeannerod, M.(1999). Quand voir, c'est faire. *Revue Internationale de Philosophie* 53 (209) :293-319.

Kojève, A., (1990). *Le concept, le temps et le discours*, NRF éditions Gallimard, Paris.

Kosso, P.(1989). *Observability and Observation in Physical Science*, Kluwer Academic Publisher, Netherland.

Koyré, A., (1939), *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann.

Kuhn, T., S., (1972). *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris.

Kuhn, T., S.(2000). *On learning physics*. *Science&Education*. 9:11-19. Kluwer Academic publishers. printed in the Netherland.

L'imagerie scientifique, voir l'invisible. Textes et documents pour la classe, (T.D.C.) n° : 699, CNDP. 1985

Lacine, A., (1999). *Atom- from hypothesis to certainty* , *Phys. Educ.* 34 (6), November 1999.

Laguier, A., Dumon, A., (1998). *Enseigner les sciences physiques avec de jeunes élèves : quelle épistémologie pour quelle démarche ?*, *Documentation pédagogique, la main à la pâte*, INRP (in ligne). www.inrp.fr/lamap.

Lameyre, X., (1993). *L'imagerie mentale, que sais-je ?*, Puf.

Lawson, A.E., et al. (2000). "What kinds of scientific concepts exist ? Concepts constructions and intellectual development in college biology", *Journal of research in science teaching*, vol, 37, issue 9, pp. 996-1018.

Lemeignan, G. et Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en Physique*, Paris, Hachette.

Le Strat, S., (1990), *Epistémologie des Sciences Physiques*, Nathan.

Lecourt, D., (1999, 2003). *Dictionnaire d'histoire et Philosophie des sciences*, Puf (1999), Qudriage (2003). p.786

Lecourt, D. (1999). *Concept*, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, Quadrige/PUF.

Lévy -Leblond, J., M. (version 2003). *la physique quantique*, *Encyclopédie Universalis France S.A.*

Lévy -Leblond, J., M. *Question-réponse*, avril, 2003.

Levy- Leblond, J., M. (2000). *Impassiences*, Bayard édition. Seul (2003).

Lévy- Leblond, J., M. *Extrait dans le discours de Physicien CEA, à la Radio France Culture*
L'émission 17.02.2004

Lévy-Leblond, J.M., (2003). *On the nature of Quantons*, *Science&Education* 12:495-502, printed in the Netherland.

Lijnse, P. L., Licht, P. L. , Vos, W. de, Waarlo, A. J. (1990). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary science education*. Utrecht, CD-β Press.

- Lorentz K., & Popper K., (1990). *L'avenir est ouvert* : Flammarion, Champs.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- Marx G., (1983). *What is physics?*, Phys. Educ. Vol 18, Printed in Noryhem Ireland.
- Mashhadi, A. (1996). Students' conceptions of quantum physics. *Research in Science Education in Europe*. G. Welford, Osborne, J. , Scott, P. London, The Falmer Press: 254-265.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*, éditions Gallimard, 1945, Paris, p. 104.
- Merleau-Ponty, M., *Le primat de la perception et ses conséquences philosophiques*, éditions Cynara, 1989, Grenoble (résumé de cours à la Sorbonne 1949-1952).
- Microscopie, (2002), Encyclopædia Universalis France S.A.
- Morin, E., Le Moigne, J. L. (1999). *L'intelligence de la complexité*. L'harmattan.
- Niedderer, H. (1999). *Recherche et développement en didactique de la physique à l'université; résultats et tendances*. Didaskalia-n°14-1999. p. 95-113
- Pancherie, E., (1995). *Do we see with microscopes?* The monist, vol, 78, 2: 171-188.
- Pancherie, E. (1997). *Du problème de Molyneux au Problème de Bach-y-Rita*, in Joëlle Proust, Ed. *Perception et Intermodalité, Approches actuelles du Problème de Molyneux*, chapitre 9, pages 255-293, Paris.
- Peraya, D., Meunier, J. M., *Sémiotique et cognition* (1998). VOIR, L'image mentale, N° :16- Mai.
- Petri, J., Niedderer, H. (1998). "A Learning pathway in high-school level quantum atomic physics." *International Journal of Science Education* 20(8): 1075-1088.
- Piaget, J. (2003). *Cognitive development in children*, *Journal of Research in Science Education*, vol.40, supplement, pp. S8-S18.(originally published in volume 2, Number 3, pp. 176-186 (1964).
- Piaget, J. (1967). *la psychologie de l'intelligence*, Arman Colin, Nouvelle présentation, 1998.
- Piaget, J., (2003, 1947). *La représentation du monde chez les enfants*, Quadrige. (Premier édition, PUF, 1947).
- Plaisance, E. et Vergnaud, G. (2001). *Les sciences de l'éducation*, éditions La découverte et Syros, Paris. p.48
- Popper, K., R., (1998). *Des sources de la connaissance et de l'ignorance*, Editions Payot&Rivages.
- Popper, K., R., *Objective Knowledge*, Oxford University Press, Revised Edition (reprinted with corrections and a new appendix 2), 1979. First published: Oxford University Press, 1972.
- Posner, G. J., Strike, K. A. , Hewson, P. W. , Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." *Science Education* 66(2): 211-227.
- Reeves Hubert, (1999). *L'espace prend la forme de mon regard*, éditions du seuil.
- Roberdet, G., Guillaud, J. C., (1994). *Eléments d'Epistémologie et Didactique des Sciences physiques : de la recherche à la pratique*, Publication de l'IUFM de Grenoble.

Rozier S. (1998). Le raisonnement linéaire causal en thermoïonique classique élémentaire. Thèse, Université Paris 7.

Rumelhard, G., (1986). La génétique et ses représentations dans l'enseignement, Berne: Peter Lang.

Saltiel, E. (1994). Un enseignement concret et attractif de la physique doit-elle être avant tout expérimentale, théorique, Didaskalia -supplémentaire au n°3.

Sanner, M. (1999). Modèles en conflit et stratégies cognitives: exquise d'une psychologie de la raison, De Boeck&Larcier s.a., Paris, Bruxelles.

Sievers, K. H. (1999). Toward a direct realist account of observation, Science & education 8, Issue 4, pp. 387-393, Netherlands.

Solomon, J., (1992). Getting to know about energy, The Falmer Press, London, Washington, D.C.

Solomon, J. (1983). "Learning about energy: How pupils think in two domains." European Journal of Science Education 5(1): 49-59.

Sutton, C., R. & Haysom, J., T. (1974). The art of the science teacher: Science teacher education projet. McGraw-Hill Book Company (UK) .

Tiberghien, A. (1994). "Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations." Learning and Instruction 4: 71-87.

Tiberghien, A. et al. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique, synthèse d'un colloque autour d'une action « école et sciences cognitives », UMR GRIC, CNRS-Université Lumière Lyon 2, version courte.

Trumper, R. (1990). "Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept - part one." International Journal of Science Education 12(4): 343-354.

Trumper, R. (1991). "Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept - part two." International Journal of Science Education 13(1): 1-10.

Tsaparlis, G., (2001). Molecules and atoms at the centre stage, Chem. Educ. Research and Practice in Europe, Vol. 2, No. 2, pp. 57-65.

Tyson, L., Venville, G., Harrison, A., Treagust, D. (1997). "A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom." Science Education 81(4): 387-404.

Vergnaud, G. (1994). Homomorphismes réel-représentation et signifié-signifiant: exemples en mathématiques, Didaskalia, n°5, pp. 25-34

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol.10, n°23, pp.133-170, La pensée sauvage, Grenoble.

Verret M., (1975). Le temps des études, Paris, Librairie Honoré-Champion.

Viennot, L. (1986). Raisonner en physique, De Boeck & Larcier s.a., Paris, Bruxelles.

Viennot, L. (1979). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Paris, Herman.

Vosniadou, S. (1996). "Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction." Learning and Instruction, Volume 6, Issue 2, Pages 95-185, pp.95-10.

Vuilleumier Jules (1971). La logique et le monde sensible, Flammarion, Paris, p.144.

Vygotski, Lev. (1934). La pensée et le langage, 3^e édition de la traduction française (1998), la dispute, Paris, 1934-1937 (1^{er} édition).

Watts, M. (1983). "Some alternative views of energy." Physics Education 18: 213-217.

Weil-Barais, A. (1994). « Les apprentissages en sciences physiques », in Vergnaud, G (éd.), Apprentissage et didactique, où en est-on ?, Paris, Hachette, p. 95-126.

Werner Heisenberg, Physique et philosophie, La science moderne en révolution, Paris, Albin Miche, 1961.

White, R. T. (1994). "Conceptual and conceptional change." Learning and Instruction 4: 117-121.

Documents électroniques :

Cité des sciences & de l'industrie : www.cite-sciences.fr

INRP, les questions à formateurs et à scientifiques, documentation pédagogique, 2002 et l'énergie sur le site de « la main à la pâte ». www.inrp.fr/lamap.

CEA de la recherche: Quelques notions scientifiques : <http://www.cea.fr/fr/pedagogie/notions.htm>

Exposition : Le CEA, partenaire de l'exposition "**Soleil, mythes et réalité**", à la Cité des sciences et de l'industrie du 30 mars 2004 au 30 janvier 2005, à Paris. http://www.cea.fr/fr/actualites/page_soleil.asp

Voyage au cœur de la matière... :
<http://voyage.in2p3.fr/frames.html>

Le site grand public de l'**IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules)** : <http://www.in2p3.fr/page/communication/grandpublic/compublicf.htm>

E-doc sur les forces. :
http://www.cerimes.education.fr/e_doc/forces/

Un site grand public sur la **radio-activité** : <http://www.laradioactivite.com/>

CERN (Laboratoire Européen pour la Physique des Particules) : <http://public.web.cern.ch/public/>

Carrefour Atomique: serveur de vulgarisation de physique, un des sites de CyberScol, école virtuelle québécoise : <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/accueil.html>

Windows to the Universe: serveur (en anglais) de vulgarisation d'astronomie : <http://www.windows.ucar.edu/>

Futura-Sciences: <http://www.windows.ucar.edu/>

Faculté de Chimie, Université Louis Pasteur. <http://www-ulp.u-strasbg.fr/>

Le site d'Ecole doctorale (en ligne). Savoir scientifiques: épistémologie, histoire des sciences, didactique des disciplines. <http://www.sigu7.jussieu.fr/Diplomes/DEA/index.htm>
Université paris VII.

Laboratoire de Didactique et d'Epistémologie des Sciences (LDES) <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/>

TABLE DE MATIERES

<u>Remerciements</u> -----	2
<u>En guise de préface</u> -----	3
<u>Un héritage riche, une histoire de pensée, un passage d'une théorie au concret</u> -----	3
<u>Introduction</u> -----	5
<u>0.1 Question de recherches, réflexions et intentions</u> -----	5
<u>0.2 Méthodologie générale</u> -----	8
0.2.1 Population-----	8
0.2.2 Enquête et contenu-----	9
<u>0.3 Objectif général</u> -----	10
<u>0.4 Domaine d'étude</u> -----	11
0.4.1 Physique moderne-----	11
0.4.2 Activités mentales-----	12
0.4.3 Dynamisme en cours des activités mentales.-----	12
0.4.4 Didactique cognitive-----	13
<u>0.5 Plan d'étude</u> -----	14
<u>Apports théoriques</u> -----	16
<u>Chapitre I</u> -----	16
<u>épistémologie, Histoire des sciences, sciences modernes, didactique des sciences enseignement et société</u> ---	16
<u>1.1 Introduction</u> -----	16
<u>1.2 Histoire des sciences, épistémologie et didactique, la part des sciences physiques</u> -----	17
<u>1.3 Les références importantes dans l'histoire des sciences physiques et leurs contributions à notre recherche.</u> -----	19
1.3.1 Le mouvement « Brownien » et l'analyse de « Perrin », la constante d'Avogadro et un passage d'une hypothèse à une certitude-----	19
1.3.2 Une nouvelle ouverture pour la science ! Découverte de l'électron ! et J. J. Thomson : l'atome n'est plus indivisible-----	21
1.3.3 Rêve de Louis de Broglie, matière et rayonnement-----	21
1.3.4 Dualité « énergie –matière », particules ou ondes ?-----	22
1.3.5 Le nouvel esprit scientifique avec la philosophie de « Bachelard », raisonner différemment !-----	23
1.3.6 Physique quantique : Un nouveau mode de pensée et une nouvelle façon de voir le monde-----	24
1.3.7 La physique quantique à grande échelle-----	27
1.3.8 La physique quantique et l'enseignement-----	28
<u>1.4 Changement de sens du mot « vision », un nouveau paradigme pour la science !</u> -----	29
<u>1.5 Réalisme et réalité</u> -----	31
<u>1.6 « Expérience », « observation », « esprit », et reconstruction du réel</u> -----	32
1.6.1 « Incertitudes » en mesure-----	32
1.6.2 Perturbations en mesure-----	33
1.6.3 L'observation scientifique est la reconstruction du réel.-----	35
<u>1.7 Comment définissez-vous la science ?</u> -----	36
<u>1.8 Science, non-science et la culture scientifique</u> -----	38
<u>1.9 L'origine de la pensée moderne</u> -----	40
<u>Chapitre II</u> -----	43
<u>Observation et observabilité en Sciences physiques</u> -----	43
<u>2.1 Introduction</u> -----	43

<u>2.2 L'espace prend la forme de mon regard</u>	44
<u>2.3 La science moderne progresse - t- elle sans « voir » ?</u>	44
<u>2.4 Observabilité et observation en Sciences Physiques</u>	45
<u>2.5 Place de l'observation en science.</u>	46
<u>2.6 Observabilité des propriétés des objets</u>	47
<u>2.7 Observabilité de l'énergie.</u>	48
<u>2.8 Perception et sensation</u>	49
<u>2.9 Sens de l'observation en sciences</u>	51
<u>2.9.1 Premier exemple : « Voir des atomes »</u>	53
<u>2.9.2 Deuxième exemple : « Est-il possible d' « observer sans voir » ? Et la réponse de , J. M. Lévy- Leblond :</u>	53
<u>2.9.3 Et dernier exemple : « Ils regardent mais ne voient pas »</u>	54
<u>2.10 Visibilité d'un objet et d'une propriété.</u>	54
<u>2.11 La représentation du monde microscopique aujourd'hui</u>	56
<u>2.12 Microscope et épistémologie</u>	58
<u>2.12.1 Image ou imagerie</u>	58
<u>2.12.2 Est-ce qu'on voit avec le microscope ?</u>	59
<u>2.13 Visible et visualisé</u>	61
<u>2.14 Diagnostic d'une nouvelle échelle en vue de mieux connaître notre regard sur le monde</u>	63
<u>2.15 Non-observables</u>	65
<u>Chapitre III</u>	67
<u>outils cognitifs, formation des concepts.</u>	67
<u>conceptualisation et science cognitive</u>	67
<u>3.0 Introduction</u>	67
<u>3.1 Terminologie pour la modélisation cognitive :</u>	68
<u>3.1.1 Objet</u>	68
<u>3.1.2 Concept et percept</u>	68
<u>3.2 Outils mentaux (concepts, images et sémiotiques...) pour les activités cognitives</u>	68
<u>3.2.1 le concept</u>	68
<u>3.2.2 Concept et notion</u>	71
<u>3.2.3 Des informations et des concepts</u>	72
<u>3.2.4 Un exemple : l'énergie</u>	74
<u>3.2.5 Concept linguistique et concept scientifique</u>	75
<u>3.2.6 Rapports entre la définition d'un concept et le sens d'un concept.</u>	76
<u>3.2.7 Concepts physiques</u>	78
<u>3.3 Images, du sensoriel au catégoriel</u>	79
<u>3.3.1 Image – « une forme de représentation »</u>	79
<u>3.3.2 Image mentale et cognition</u>	80
<u>3.4 Images mentales, perceptions et sémiotiques</u>	81
<u>3.5 Modèles :comme outils cognitifs dans l'enseignement des sciences</u>	82
<u>3.6 Le processus de « perception - sens » et la modélisation cognitive</u>	84
<u>3.6.1 Introduction</u>	84
<u>3.6.2 Expérience perceptive</u>	84
<u>3.6.3 Expérience cognitive</u>	84
<u>3.7 L'individu multidimensionnel</u>	85
<u>3.7.1 La première hypothèse</u>	85
<u>3.7.2 La deuxième hypothèse</u>	86
<u>3.7.3 La troisième hypothèse</u>	86

3.7.4 Quatrième hypothèse -----	86
3.7.5 Cinquième hypothèse -----	87
3.7.6 Figure 3.3 : Emplacement de l'individu dans le processus « sens –perception » -----	88
3.8 Contenu des savoirs scientifiques -----	88
3.8.1 Sources des savoirs scientifiques ou des connaissances -----	89
3.8.2 Savoir/didactique -----	91
3.9 Savoirs universitaires / scolaires et la transposition didactique -----	91
3.10 De « la main à la pâte » à « la tête à la pâte » -----	94
3.11 Former aux concepts en sciences physiques -----	95
3.11.1 Savoir scientifique/de l'importance des concepts -----	96
3.11.2 Degrés d'abstraction des concepts et notre proposition de regroupement -----	97
3.11.3 Le processus d'abstraction -----	99
3.12 Modes de raisonnement des étudiants en physique moderne -----	99
3.12.1 Raisonnement usuel en physique moderne -----	99
3.13 Relations entre les connaissances naïves et les savoirs scientifiques -----	101
3.14 Articulation entre différents types de connaissances -----	103
3.15 L'articulation entre savoirs disciplinaires et savoirs quotidiens (J. Rogalski, L. Veillard, R. Bouchard). -----	103
3.16 De la causalité au relationnel -----	104
3.16.1 Point de vue épistémologique -----	106
3.17 Contenu conceptuel, développement et changement du contenu conceptuel -----	107
3.17.1 Comment peut-on distinguer le changement conceptuel du changement de conception ? -----	108
3.17.2 Changement conceptuel et développement conceptuel ou plutôt changement du contenu conceptuel et développement du contenu conceptuel. -----	108
3.17.3 Le raisonnement et son argumentation -----	109
3.17.4 Comparaison des résultats des recherches différentes sur le changement conceptuel -----	109
3.17.5 Lecture du contenu conceptuel, réalisation de ce travail. -----	112
3.18 Principaux concepts des sciences physiques -----	113
3.18.1 Introduction -----	113
3.19 Un exemple : matière et énergie -----	114
3.20 La définition du concept d'énergie -----	118
3.20.1 Pour Mario Bunge : énergie entre la physique et métaphysique -----	118
3.20.2 Pour Roger Ballian : -----	119
<i>Apports pratiques -----</i>	<i>121</i>
<i>Chapitre IV -----</i>	<i>121</i>
<i>Recherche de terrain, sujet, préparation des outils de mesure, déroulement des enquêtes. -----</i>	<i>121</i>
4.1 Introduction -----	121
4.2 Recherche de terrain, sujet, préparation des outils de mesure, déroulements des enquêtes. -----	121
4.3 Objectif -----	122
4.4 Méthodologie -----	123
4.5 Le questionnement -----	125
4.6 Choix de terrain de recherche, des sujets et du type des outils de recueil des données. -----	126
4.6.1 Niveaux des questionnaires et leurs fonctionnements -----	126
4.6.2 Objectifs, préparation des recueils de données et leur déroulement pour le questionnaire -----	127
4.6.2.1 Pourquoi ces questions, plutôt pourquoi ces questionnements ? -----	127
4.6.2.2 Energie -----	128
4.6.2.3 Concepts abstrait et concrets -----	128
4.6.2.4 Propriétés macroscopiques -----	129
4.6.2.5 Voir autrement -----	129

4.6.2.6	Une image :-----	129
4.6.2.7	Interactions -----	129
4.6.2.8	Observer l'univers -----	130
4.6.2.9	Vapeur de l'eau et Lumière -----	130
4.6.2.10	Enigme de la masse manquante : -----	131
4.6.2.11	Atome et Molécule -----	131
4.6.3	Et pour le guide d'entretien -----	132
4.6.4	Questionnaire de l'énergie pour les étudiants de collège et de lycée (voir le questionnaire III à la fin de ce chapitre) -----	135
4.7	Présentation des sujets constituant la partie expérimentale de cette recherche -----	137
4.7.1	Pour le questionnaire et le guide d'entretien -----	137
4.7.2	Pour le questionnaire d'énergie -----	140
4.8	Présentations des recueils des données pour cette recherche :-----	141
4.8.1	Le questionnaire :-----	141
4.8.2	Le guide d'entretiens -----	145
4.8.3	Le questionnaire sur le concept d'énergie -----	147
Chapitre V	-----	148
Analyse des questionnaires et des entretiens	-----	148
5.1	Analyses et résultats des questionnaires -----	148
	Introduction -----	148
5.1.1	Energie -----	149
5.1.1.1	Présentation de la question et des participants -----	149
5.1.1.2	Objectifs -----	149
5.1.1.2	Présentation des outils d'évaluation -----	149
5.1.1.4	tendances des représentations des étudiants et des élèves -----	155
5.1.1.5	Conclusion -----	186
5.1.2	Représentation de l'atome -----	187
5.1.2.1	Présentation de la question et des participants -----	187
5.1.2.2	Objectifs -----	187
5.1.2.3	Présentation des outils d'évaluation pour cette question -----	187
5.1.2.4	Présentations des résultats -----	187
5.1.2.5	Conclusion -----	197
5.1.3	Propriétés macroscopiques -----	197
5.1.3.1	Présentation de la question et des participants -----	197
5.1.3.2	Objectifs -----	197
5.1.3.3	Présentation des outils d'évaluation -----	198
5.1.3.4	Présentations des résultats :-----	198
5.1.3.5	Conclusion -----	214
5.1.4	Voir autrement -----	216
5.1.4.1	Présentation de la question et des participants -----	216
5.1.4.2	Objectifs -----	216
5.1.4.3	Présentation des outils d'évaluation pour cette question -----	216
5.1.4.4	Présentations des résultats :-----	218
5.1.4.5	Conclusion -----	223
5.1.5	Une image -----	224
5.1.5.1	Présentation de la question et des participants -----	224
5.1.5.2	Objectifs :-----	224
5.1.5.3	Présentation des outils d'évaluation pour cette question -----	224
5.1.5.4	Répartition des représentations des étudiants, exemples -----	225
5.1.5.5	Conclusion -----	230
5.1.6	Interactions -----	231
5.1.6.1	Présentation de la question et des participants -----	231
5.1.6.2	Objectifs -----	231
5.1.6.3	Présentation des outils d'évaluation -----	231
5.1.6.4	Présentations des résultats :-----	232
5.1.6.5	Conclusion -----	236
5.1.7	Observer l'univers -----	236
5.1.7.1	Présentation de la question et des participants -----	236

5.1.7.2 Objectifs	237
5.1.7.3 Présentation des outils d'évaluation	237
5.1.7.4 Présentations des résultats :	237
5.1.7.5 Conclusion	240
5.1.8 : Vapeur d'eau et lumière	241
5.1.8.1 Présentation de la question et des participants	241
5.1.8.2 Objectifs	241
5.1.8.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question	241
5.1.8.4 Présentations des résultats :	242
5.1.8.5 Conclusion	247
5.1.9 : Enigme de la masse manquante	248
5.1.9.1 Présentation de la question et des participants	248
5.1.9.2. Objectifs	248
5.1.9.3 Présentation des outils d'évaluation pour cette question	248
5.1.9.4 Présentations des résultats :	249
5.1.9.5 Conclusion	250
5.1.10: Atome et molécule	251
5.1.10.1 Présentation de la question et des participants	251
5.1.10.2 Objectifs	251
5.1.10.3 Présentation des outils d'évaluation	251
5.1.10.4 Présentations des résultats :	252
5.1.10.5 Conclusion	254
5.1.11 : Diffraction	255
5.1.11.1 Présentation de la question et des participants	255
5.1.11.2 Objectifs	255
5.1.11.3 Présentation des outils d'évaluation	255
5.1.11.4 Présentations des résultats :	256
5.1.11.5 Conclusion	256
5.1.12 Analyse récapitulative pour les questionnaires	257
5.1.12.1 Analyse récapitulative par rapport au contenu des questions et des activités demandées	257
5.1.12.2 Analyse récapitulative par rapport aux résultats des questionnaires (cf. tableau 5.41)	259
5.2 Analyses des entretiens	262
5.2.1 : 1 ^{er} question	262
5.2.2 : 2 ^e question	264
5.2.3 : 3 ^{ème} question	266
5.2.4 : 4 ^{ème} question	266
5.2.5 : 5 ^{ème} question	267
5.2.6 : 6 ^{ème} question	272
5.2.7 : 7 ^{ème} question	274
5.2.8 : 8 ^{ème} question	277
5.2.9 : 9 ^{ème} question	280
5.2.10 : 10 ^{ème} question	282
5.2.11 : 11 ^{ème} question	285
5.2.12 : 12 ^{ème} question	288
5.2.13 : 13 ^{ème} question	293
5.2.14 : 14 ^{ème} question	296
5.2.15 : 15 ^e question	298
5.2.16 : 16 ^{ème} question	300
5.2.17 : 17 ^{ème} question	303
5.2.18 : 18 ^{ème} question	307
5.2.19 : 19 ^{ème} question	309
5.2.20 : 20 ^{ème} question	312
5.2.21 Analyse récapitulative pour les entretiens	318
5.2.21.1 Analyse récapitulative par rapport au contenu des questions et des activités demandées	318
5.2.21.2 Analyse récapitulative par rapport aux résultats (cf. tableau 5.42)	320
Conclusion générale	323
Références bibliographiques	331
Table de matières	338

« UNE ETUDE SUR LES MODES DE RAISONNEMENT DES ETUDIANTS EN PHYSIQUE ACTUELLE »

Formation et développement du contenu conceptuel : du sensoriel au catégoriel et des particules aux phénomènes



La thèse analyse les modes de raisonnement et de perception sur un certain nombre de concepts-clés (énergie, matière, atome, lumière...) de la science moderne chez les étudiants, futurs enseignants des disciplines scientifiques. Quelle est la représentation scientifique du monde qu'expriment ces futurs enseignants, à partir des connaissances qu'ils ont acquises ? Ces connaissances sont-elles effectivement propres à construire une vision du monde réel pour eux-mêmes et pour leurs élèves ? On s'intéresse en particulier à la relation entre le monde macroscopique et le monde microscopique, le monde connu et le monde inconnu et aux passages éventuels du sensoriel au catégoriel. L'étude auprès des élèves - professeurs a été conduite en France et en Turquie, elle est complétée par une étude auprès d'élèves de lycée et d'étudiants de 1^{er} cycle universitaire ; elle se compose d'une enquête de terrain par questionnaires et d'entretiens d'approfondissement.



Les résultats montrent que les modes de raisonnement et de perception employés par les étudiants/élèves autour des concepts des sciences actuelles ne sont pas compatibles avec les types de pensée développés au cours de la construction des savoirs scientifiques. Cette incompatibilité produit des difficultés pour l'acquisition et la construction des savoirs scientifiques. L'articulation entre les systèmes de pensée et de perception, et l'existence de raisonnements probabiliste et conditionnel soutenus par des expériences nous rapprocherait de la vraie logique de la construction des savoirs scientifiques. Ce "bricolage" entre les deux systèmes permettrait de réduire des distances éventuelles entre les deux modes de raisonnement et de connaissances (scientifique et non-scientifique) qui coexistent dans la structure intellectuelle des individus.

Mots-clés: didactique, physique actuelle, raisonnement, perception, outils cognitifs, conceptualisation.

A STUDY OF STUDENTS' MODES OF REASONING IN MODERN PHYSICS

Formation and development of conceptual contents: from sensorial framework to conceptual framework and from particles to phenomena

The thesis analyzes students' and future science teachers' modes of reasoning and perception of some key concepts in modern science (energy, matter, atoms, light...) What scientific representation of the world n acquired knowledge do future teachers have to offer?. Is this knowledge useful for building  a vision of the real world for themselves and for their pupils? To examine the following questions, the relationship between the macroscopic world and the microscopic one, the known and the unknown one, and the possible passage from sensory to conceptual representations in particular, a sample of students-teachers in France and Turkey has been surveyed. The results of additional questionnaires and interviews of secondary school pupils and first-year university students have been included..

The results show that the modes of reasoning and perception used by the students/teachers about the concepts of modern science  not compatible with the types of thought developed during the construction of the scientific  knowledge. This incompatibility impeded or prevented the acquisition and construction of scientific knowledge. The articulation between different systems of thought and perception, and the existence of probability and conditional reasoning inherent in experimentation may help us to understand scientific reasoning. This makeshift assembly of both systems may help to

bridge the gap between the two modes of reasoning and knowledge (scientific et non-scientific) which coexist in the intellectual structure of individuals.

Key words: didactic, modern physics, reasoning, perception, cognitive tools, conceptualization.

Annexe 2 :

2. Transcriptions des entretiens

2.1 pour les étudiants français : répartition des étudiants et transcriptions (pages 1-84)

Tableau 2.1 Répartition des étudiants ayant participés aux entretiens en France

Total N:15	prénom	pages	1 ^{er} année de DEUG (Science de la matière) (N :9)	Licence de Sciences physiques (N :5)
I.	Alexia, une étudiante russe	1-4	x	
II.	Elise	5-9	x	
III.	Mathieu	10-16	x	
IV.	Géraldine	17-26	x	
V.	Jonathan Burkel	27-31	x	
VI.	Imamenkou	32-36	x	
VII.	Thomas	37-41	x	
VIII.	Werner Gwenaëlle	42-	x	
IX.	Ray Julienne	-47	x	
X.	Guy	48-54		x
XI.	Laetitia	55-60		x
XII.	Ahmed	61-66		x
XIII.	Alice	67-73		x
XIV.	Une étudiante salariée	74-84		x

2.2 pour les étudiants turcs : répartition des étudiants et transcriptions (pages 1-79)

Tableau 2.2 répartition des étudiants ayant participés aux entretiens en Turquie

Total N:15	prénom	pages	Futurs professeurs de physique (N :9)			Futur professeurs de chimie (N :6)		
			I.	III.	V.	I.	III.	V.
I.	Yasar	1-4	x					
II.	isimsiz	5-9	x					
III.	Bahtiyar	10-		x				
IV.	Murat	-17		x				
V.	Enver	18-22		x				
VI.	Mehmet Aslan	23-29			x			
VII.	Emine	30-37			x			
VIII.	Mehmet	38-			x			
IX.	Murat	-46			x			
X.	Arzu	46-50				x		
XI.	Sengul	51-56				x		
XII.	Mehmet I	57-61					x	
XIII.	Mehmet II	62-68					x	
XIV.	Tuncay	69-73						x
XV.	Emel	74-79						x

Transcriptions des entretiens des étudiants en France

[E = étudiant (s) :K = Kemal (interviewer)]

I.

E : Je m'appelle **Alexia**, je suis une étudiante russe en 1^{ère} année de sciences de la matière à l'université Louis Pasteur. Bon !

K : d'accord, je pose ma 1^{ère} question : si vous cherchez à définir une frontière entre le monde microscopique et le monde macroscopique, où la situez-vous ? Quel serait votre critère ?

E : à la l..., à la limite du visible. Dès que je vois, pour moi, c'est macroscopique, quand je vois pas, microscopique, à l'œil nu

K : d'accord. Je pose la 2^{ème} question : si nous avons la taille des molécules, qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ?

E : bein, les autres molécules (rires)

K : les autres molécules ?

E : bein oui

K : est-ce qu'on pourrait voir d'autres choses ?

E : mmm les atomes, oui, les atomes, les atomes par lesquels les molécules sont composés

K : d'accord, **3^{ème} question** : ...pour les protons ou pour des neutrons, comment peut-on définir une échelle pour vous ?

E : protons, neutrons, ça c'est déjà pas à l'échelle du fermi ou bien plus bas donc c'est fermi, ou même plus bas, parce-qu'ils sont très petits

K : et comment on peut définir, s'il y a une définition, qu'est-ce qu'on peut dire ? nanoscopique, mésoscopique ou microscopique ?

E : c'est déjà, nanoscopique, le même plus bas, parce-que y en a c'est moins 9...fermi c'est déjà moins 12, et le reste c'est plus bas, parce-que ce sont des dimensions vraiment très petites

K : d'accord. **4^{ème} question** : on parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique... ?

E : (quelques secondes de silence) visible et pas visible

K : d'accord et... que signifie spectroscopie pour vous ?

E : la servitude des objets en fonction de la lumière ou de leur absorbance et de l'absorbance quoi, ce serait une interaction de la lumière avec la matière

K : quelle serait son importance dans notre société ou dans la science ? La spectroscopie ?

E : elle peut...elle, elle nous aide à définir avec une grande précision, la composition de la matière qu'on est en train de regarder

K : 6^{ème} question : lorsqu'on parle du monde visible et du monde invisible, qu'est-ce que ça signifie pour vous le monde visible et le monde invisible ?

E : visible, ce que je vois, et invisible, ce que je sais que ça existe, mais que je vois pas parce-que, mes yeux, on a des limites visibles quoi, on peut pas voir plus petit que certaines choses

K : d'accord. 7^{ème} question : est-ce qu'il y a un **photon immobile** ? Est-ce qu'il y a un sens pour vous ?

E : non, ça n'a pas de sens, parce-que pour moi, un photon, c'est avec la lumière, et la lumière, elle ne peut pas être immobile, à mon avis. C'est toujours l'onde qui se propage à travers l'espace, donc pas de photon visible, immobile non plus

K : d'accord. 8^{ème} question : voir un objet atomique ou bien voir un objet à notre échelle ... ?

E : bein... voir un monde atomique, non je pense pas que ça a de sens, parce-qu'on peut juste savoir qu'il existe, donc de faire quelque chose avec la fonction mathématique, mais le voir non, ça c'est hors de question, alors que visible, ça peut se voir pour de bon sinon...

K : d'accord. 9^{ème} question : à votre avis, pourquoi l'idée de l'atome... ?

E : non, pas trop d'idées pourquoi, je pensais qu'ils sont tous les 2 à peu près du même temps. Je sais même pas de quel temps est si ancien. Mais sinon s'ils avaient du mal de lier les atomes entre eux et il n'a pas fait ça c'est possible c'est parce-que les couches des électrons, et donc ça, c'est en fonction de la bein sinon pas trop d'explications

K : 10^{ème} question : tous objets animés, inanimés.. ?

E : (rires) ça j'y crois pas

K : on sait très bien qu'ils sont tous...

E : bein oui, on le sait, mais, on le dit en général à l'école, donc on le croit ; après, on étudie après, on regarde que les propriétés des matières et le monde ne peut être expliqué qu'à la lumière de cette théorie, mais pour aller vérifier, je vois pas trop

K : on n'a jamais vérifié ou ?

E : mais si. Personnellement, je n'ai pas vérifié, mais je sais que c'est possible, avec, par exemple, euh, les ... X-ray, euh, avec les ... pour élucider les structures des cristaux, on utilise les X-ray, donc on peut dire qu'on a visualisé déjà les atomes eux-mêmes, mais pour moi, personnellement (rires) je n'ai ni vu, ni visualisé des atomes

K : d'accord. 11^{ème} question : voir des atomes, toucher des atomes....?

E : non, pas pour l'instant, pas trop. Je les vois, mais comme une fonction mathématique, mais rien pour l'instant de très concret

K : c'est impossible de toucher à ton avis ?

E : mmm le noyau, oui peut-être, mais, pour le toucher, bein ils sont trop petits quoi (rires) ; pour les toucher effectivement

K : après 12^{ème} question : observer sans voir... ?

E : ça, ce que je comprends, ça veut dire que, l'on observe déjà les conséquences de certaines choses, mais on ne voit pas, comme par exemple, les atomes, les autres choses, on les voit pas, mais on observe les conséquences ou on les étudie, on sait mal de choses sur eux... pour moi, c'est ça, on les voit pas, mais on les observe, on les étudie, quoi !

K : d'accord. 13^{ème} question : Pourquoi chacun observe... ?

E : parce-que nous sommes tous différents, chacun d'entre nous a son regard différent

K : parce-que la science exacte normalement...

E : (quelques secondes de silence) parce-que c'est notre cerveau qui filtre l'information qu'on obtient avec les yeux, c'est pour ça que chacun a un cerveau différent, avec des capacités différentes, chacun a ses moyens d'analyser les choses autrement, c'est pour ça que chacun interprète les éléments différemment, c'est pour ça qu'on voit tout le monde différemment. C'est pas possible que tout le monde voie la même chose sinon ce serait trop ennuyeux, sinon on serait tous les mêmes.

K : d'accord. Une autre expression : il regarde mais il ne voit pas. Qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : mmm dans le sens philosophique, ça veut dire qu'il y a certains, certains gens qui ne savent pas trop faire euh, tirer les conséquences logiques de certains évènements, donc ils les observent mais ils ne peuvent pas les interpréter, donc ça veut dire que ça sert pas, qu'ils ne les comprennent pas, donc les autres peuvent tirer leurs conclusions, par exemple, dans le cas où y a des erreurs, on peut essayer après de les aider, on peut voir, savoir en fonction de qui venait tel précédent et ses erreurs sont décollés. Donc on peut faire l'analyse, on peut éviter les erreurs, c'est-à-dire les gens qui ne voient pas, ils vont répéter, répéter, répéter à l'infini, ils vont jamais être capables de comprendre pourquoi ça se passe au bout du compte ; pour moi c'est ça

l

K : maintenant, je pose quelques questions un petit peu : faites le lien avec quelques mots, par exemple, on commence photon, électron, proton. Quand tu entends ces 3 mots : photon, électron, proton, qu'est-ce qu'ils évoquent pour toi ?

E : électron, photon et ...proton Ah non, c'est photon qui ne va pas. Electron et proton ce sont les particules dans le noyau qui sont bien existants, alors que photon, ça c'est un élément, une particule de la lumière arbitraire qu'on a, on a séparé, mais y a pas de masse, y a rien. Alors que l'électron il a de la charge, pour donner la charge, sa masse c'est son, la masse est bien définie, donc ça existe, **alors que photon ça a un côté plutôt virtuel**

K : d'accord. 16^{ème} question : c'est le même type, matière, force et énergie, qu'évoquent ces 3 mots pour toi ?

E : mmm , matière, force et énergie, en général, elles sont liées. Alors on a plein de relation de passer de l'une à l'autre, alors que pour moi la matière, bon, ça c'est, pour moi, ça, ça va pas ici, c'est quelque chose de plutôt mobile et immobile, on va dire, qu'importe, mais ça ne va pas ensemble. Force et énergie sont plutôt théoriques alors que matière c'est plutôt pratique.

K : 17^{ème} question : c'est toujours la même : atome, élément chimique ou molécule

E : ça c'est, atome et molécule ils vont ensemble, alors qu'élément chimique, ça c'est, c'est comme **un des noms**, c'est la dénomination de certains atomes. Dans ce cas, c'est molécule qui ne va pas. Atome, élément chimique ? Mais non, élément chimique, ça c'est quand même le mélange de différents atomes existants, donc plutôt atome et molécule... alors qu'élément chimique c'est pas si précis que ça. C'est en général le mélange avec la masse moyenne qui n'existe pas dans la réalité, dans la plupart des cas. Mais qu'on utilise par condamnation, parce-que c'est plus, plus facile

K : d'accord, **18ème question** : on change un peu de style, quelle est l'importance de la lumière visible et invisible dans notre société... ?

E : pour moi, lumière invisible n'a pas trop de sens, parce-que s'il y a les ondes comme infrarouges, ultraviolets, bein là-bas ils sont nuisibles pour la santé en général, **l'invisible, c'est notre ennemi**, alors lumière visible, ça me dit pas grand chose. Je comprends pas trop.

K : d'accord. **Je pose la 19ème question** : pourquoi la couleur... ?

E : euh alors ce que je sais sur ça, c'est que l'onde de la lumière qui n'est pas absorbée par la matière mais qui est réfléchi. Donc, bein, on peut lier la lumière avec l'atome parce-que ça c'est en fonction des atomes qui s'en va, mais la propriété après. Mais effectivement, si c'est la propriété, c'est la longueur d'onde qui n'absorbe... pas. Donc c'est ça la couleur. Pour moi, elles sont liées.

K : d'accord. 20^{ème} question : y a quelques mots, comment peut-on percevoir leur existence ? Je te demande seulement l'un des deux, par exemple, la chaleur. Comment on peut comprendre son existence ?

E : bein

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu de la chaleur ?

E : la chaleur, quand il fait chaud, on enlève la plupart des vêtements , c'est du soleil, ça ça, c'est le beau temps (**rires**) ça c'est quelque chose que j'aime bien. Comment percevoir, percevoir c'est tout, quand il fait chaud, on est obligé d'enlever les vêtements parce-qu'il fait chaud, donc ça c'est la chaleur. (**rires**)

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ? de la chaleur ? quand on parle de la chaleur ?

E : ça c'est, la température qui est assez haute, donc qui nous fait du bien, parce-que l'homme en général, il aime bien la chaleur, il aime les températures chaudes c'est ce que je pense !

K : d'accord. merci beaucoup

E :de rien

II.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : euh, bien moi, je suis en 1^{ère} année de DEUG sciences de la matière et euh, en fait finalement, je suis pas très représentative du tout parce-que c'est juste une voie de garage, parce-que je veux faire la la marine marchande après,, donc c'est... une année où il faut que je fasse quelque chose, donc je viens ici quoi

K : tu t'appelles comment ?

E : **Eloise**

K : tu as quel âge ?

E : 19

K : d'accord, je commence pour la **1^{ère} question** : si vous cherchez à définir une frontière... ?

E : euh, je pense que la frontière elle se situerait euh juste au moment où on peut plus distinguer la structure des, de la matière à l'œil nu

K : d'accord, je passe tout de suite à la 2^{ème} question : si nous avons la taille de la molécule... ?

E : euh, je pense qu'on verrait peut-être jusque euh, jusqu'aux particules euh

K : jusqu'où ?

E : à mon avis euh, on pourrait voir peut-être jusqu'au quark euh, carrément à l'intérieur des atomes, probablement... ouais je pense et bein sinon, bein sinon les autres molécules et les atomes quoi

K : ok pour la 3^{ème} question : nous utilisons plusieurs échelles afin de bien expliquer... ?

E : euh, ouais euh, je dirai euh (quelques secondes de silence) bein c'est plus petit que nanoscopique, on pourrait dire euh, je sais pas **femtoscopique** (rires) par exemple

K : **femtoscopique** ?

E : ouais

K : d'accord, euh 4^{ème} question : on parle souvent... ?

E : (silence) euh ouais mais je dirai que ça serait peut-être plus précis de, au lieu de dire microscopique, si on veut donner une idée de la longueur euh, on pourrait dire **femtoscopique** et puis macroscopique euh, je sais pas **metroscopique**, enfin de l'ordre de, faudrait faudrait inventer des des trucs qui qui présentent, que ce soit le mètre ou euh, si c'est le mètre ou le **femtomètre** plutôt

K : tu as une idée ?

E : bein, non. Bon c'est aussi simple de dire euh un mètre et puis dix moins quinze quoi

K : d'accord 5^{ème} question : pour la spectroscopie, quand on entend le mot spectroscopie, est-ce qu'il y a un sens pour toi ?

E : euh, oui, c'est euh la mesure des absorbances euh de diverses euh solutions euh qu'on fait avec un spectro, avec un spectromètre et euh bein ça sert euh

K : tu crois qu'il est assez important dans la science ?

E : bein ça sert euh... je donne un exemple : pour l'ADN par exemple, on peut savoir si l'ADN est très pur s'il absorbe à 260 millimètres, puisque les protéines absorbent à 230 millimètres. Donc ça nous permet de faire des mesures, savoir si euh certains composés sont purs ou voilà, par exemple

K : d'accord. 6^{ème} question : Quand on parle du monde visible, de monde invisible... ?

E : bein pour moi, le monde visible, c'est le monde macroscopique et l'invisible c'est microscopique, tout simplement

K : 7^{ème} question : est-ce qu'il y a un sens pour le photon immobile... ?

E : (silence) non, y a aucun sens, puisque c'est, un photon euh

K : pour le photon y a un sens ?

E : non si, photon immobile ça a un sens, ouais, puisqu'il a pas de masse, donc euh

K : d'accord

E : la seule, les seules particules qui sont immobiles pour moi c'est les particules sans masse : photon sans masse mais ça me paraît quand même bizarre

K : d'accord. 8^{ème} question : voir un objet atomique... ?

E : (silence) euh (silence) je, je, je comprends pas bien la question

K : on utilise 2 verbes : voir un objet atomique, voir un objet à notre échelle, par exemple, voir un crayon, voir un arbre... ?

E : ah oui, c'est le verbe voir ! ouais d'accord

K : on utilise les 2 verbes, est-ce que les 2 verbes ont le même sens ?

E : ouais, non, les verbes euh, les 2 verbes n'ont pas le même sens puisque euh, si on prend un objet atomique euh, on voit pas euh ni à l'œil nu, et en plus finalement on peut pas vraiment le voir euh, parce-qu'il existe pas de d'instrument optique pour les voir

K : d'accord.

E : pas vraiment... on les voit pas directement

K : ok. Pour l'idée de l'atome, il existe depuis 25 siècles... ? Pourquoi l'idée de l'atome existe depuis toujours ?

E : bein je crois qu'au départ, c'était surtout euh, c'était Aristote qui avait euh lancé la théorie atomique, qui s'était dit qu'au bout d'un moment, on pouvait toujours euh, on pouvait euh couper la matière en 2 jusqu'à un certain point, et après on pouvait plus sinon ça... ça voudrait dire qu'y a plus trop de, enfin ça expliquerait pas la cohésion quoi

K : ouais en fait les molécules sont plus grandes que l'atome, mais ils pensaient toujours que c'était quelque chose de plus petit comme l'atome

E : ouais, c'était ça

K : tous objets animés, inanimés sont fait d'atomes... ?

E : bein déjà de toute façon, c'est pas très facile à vérifier, parce-qu'il faut, on a un monde, on a réussi à voir des atomes entre guillemets, mais on a jamais, enfin ça ça suppose énormément de matériel et euh, c'est très onéreux, donc finalement euh

K : dans le labo, par exemple, est-ce qu'on peut vérifier ça ?

E : dans le ?

K : dans le labo, laboratoire ?

E : oui, en labo, je pense qu'on peut le vérifier, enfin on arrive à voir exactement, on peut le vérifier

K : est-ce que tu l'as déjà fait sans en avoir conscience ?

E : ??

K : est-ce que tu l'as déjà fait, à ton avis sans en avoir conscience ? T'as déjà vérifié ?

E : non, moi j'ai pas vérifié, mais je crois en les gens

K : d'accord

E : toutes les théories sont basées là-dessus, donc euh

K : d'accord. Dernièrement on parle de voir des atomes, de toucher des atomes... ? Est-ce qu'il y a un sens pour toi ?

E : bein, pour moi, surtout toucher des atomes, ça a aucun sens quoi. Voir des atomes, peut-être un peu plus, parce-que euh, avec les moyens qu'on a actuellement, on peut

K : c'est possible ?

E : euh les mettre en évidence donc les voir quoi, mais les toucher euh, ça me paraît, ça me

K : par exemple, toucher, ça a quel sens pour toi ?

E : toucher ?

K : oui

E : bein pour moi c'est euh, c'est, c'est juste euh, le... sens quoi, le

K : toucher avec les mains, ou bien toucher avec **un autre** moyen ?

E : bein je vois mal comment on, oui, enfin même si c'est toucher avec un instrument, je vois, je vois mal le **verbe** quoi. Là, ça a pas de sens

K : d'accord. Une autre expression : observer sans voir

E : mmm

K : parce-que depuis un siècle à peu près, la science avance. Observer sans voir, y a une expression comme ça. Est-ce qu'il y a un sens pour toi ou bien, est-ce qu'on a découvert quelque chose (sans observer), sans voir ?

E : bein oui, on a découvert euh, ouais je pense ça vient du fait. C'est euh, l'observation se fait euh, ouais tu dis ça en fait, je pense quand quand on fait des expérimentations, quand on tient quelque chose et qu'on en déduit autre chose, c'est ça que, on observe sans voir, puisque finalement, on a observé sans voir vraiment les atomes jusque, jusqu'à récemment. C'est peut-être ça je pense. Observer sans voir par exemple les quarks, on a pas, on les a pas mis en évidence, mais on est pratiquement sûr qu'on les, qu'ils existent quoi

K : d'accord. Pour la 13^{ème} question : pourquoi chacun observe-t-il différemment le monde qui nous entoure ?

E : (rires) ça pour moi, c'est une question

K : on observe tous différemment même si on connaît les mêmes choses ou

E : mais je pense que c'est une question de notre culture, parce-que euh les scientifiques euh n'observent pas pareil que que les littéraires ou les gens comme ça, et puis euh je pense que ça vient surtout, attends, ouais c'est ça, la différence de culture euh et de savoir entre les personnes, et puis bon après, pour des questions plus métaphysiques, je pense que c'est la différence de philosophie, tout simplement

K : d'accord. 14^{ème} question : à peu près, c'est la même idée : on regarde, mais on ne voit pas. Qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : (quelques secondes de silence) pour moi, c'est pas vraiment une phrase de de scientifique, quoi, après euh

K : c'est pas tout à fait scientifique, quand on parle, on regarde, mais on voit, c'est une façon d'observer en fait. On essaie d'observer quelque chose, mais on voit pas, on regarde seulement

E : bein simplement pour moi c'est, je vais essayer de voir si euh, si y a un phénomène qui va se produire et qui n'arrive pas quoi, tout simplement

K : d'accord. Maintenant, on change un peu de style, on demande plutôt de faire le lien entre différents mots. Par exemple, on commence : photon, électron, proton. Quelle relation faites-vous entre les concepts physiques : photon, électron, proton par exemple ?

E : bein pour moi le proton, c'est ce qui, enfin, avec les avec les neutrons c'est ce qui forme le noyau de l'atome, et euh leur cohésion se fait par échange de photons entre eux. Et l'électron est lié euh, bein au proton et au neutron par des interactions électrostatiques, par échange de particules aussi

K : d'accord. Même question pour la matière, la force et l'énergie. Quelle est la relation entre les 3 concepts ?

E : bein matière euh, je pense plutôt entre masse, force et énergie. Pour moi la matière, c'est forcément de la masse

K : de la masse

E : ouais c'est ça ouais. Sauf pour les photons, mais ça c'est des particules élémentaires, on parle pas vraiment de matière, donc euh, la masse, entre la masse et la force, y a une relation, et euh, enfin entre la masse et l'énergie, y a déjà une relation, $E=mc^2$, et euh ensuite entre, enfin on peut déduire la force de l'énergie observée pour une particule

K : d'accord

K : même question pour l'atome, l'élément chimique et la molécule. Comment on peut... ?

E : euh, mm

K : l'atome, l'élément chimique, la molécule

E : non, l'élément chimique, pour moi c'est plus le noyau... ouais c'est ça les noyaux atomiques

K : sans électrons ?

E : ouais euh... ouais sans électrons, ensuite atome c'est avec les électrons, et molécule, c'est euh, une, c'est euh, des atomes liés entre eux pour former une euh, une molécule

K : d'accord. 18^{ème} question : Quelle est l'importance de la lumière visible, lumière invisible dans notre vie contemporaine, ou dans notre société ?

E : lumière visible euh, c'est, bien ça nous permet de voir autour de nous, déjà. Puis ensuite euh, les, par exemple, pour la lumière invisible, y a les UV euh qui sont assez importants, je pense pour certaines, certains végétaux en particulier, et puis les infrarouges. Et euh, mm... bien ça, ça a une importance, puisque ça, enfin, lumière visible et invisible, à différentes longueurs d'ondes ont des effets sur euh notre monde

K : d'accord. 19^{ème} question : pourquoi la couleur n'est-elle pas une propriété de l'atome ? Est-ce que tu as déjà entendu, est-ce que tu as une idée pour expliquer ça ?

E : bein je pense que (quelques secondes de silence) le le fait de dire euh, de parler de couleur, c'est qu'on voit déjà l'objet, euh. Ca ça parle, ça parle forcément de quelque chose

de macroscopique, et en plus, c'est lié à l'absorbance de lumière et euh, quand on parle de l'atome, je sais pas si on peut vraiment le mesurer, pour l'instant non !

K : d'accord. Dernière question : Y a 3-4 concepts, je vais te demander pour un seul, par exemple, pour le son, comment on peut percevoir son existence ?

E : (quelques secondes de silence) bein on peut percevoir l'existence du son déjà par euh, par le sens de l'ouïe, et puis aussi par euh des, par des mesures, euh, parce-que y a des des... je pense qu'il y a du son, comme les ultrasons qui sortent de notre notre gamme de de sons qu'on puisse entendre, donc là, on peut mesurer avec certains appareils euh pour mesurer les longueurs d'ondes et les fréquences des sons

K : à ton avis, qu'est-ce qu'il y a dans le contenu du son ?

E : bein le son pour moi, c'est juste une onde quoi

K : ok

E : l'onde

K : d'accord, je te remercie/E:de rien

III.

K : est-ce que tu peux te présenter un petit peu ?

E : alors je m'appelle Deiss **Mathieu**. Euh, je je suis étudiant en DEUG SM, donc euh, c'est ma première année, et, activité scientifique euh, bien tout ce qui concerne le DEUG. Et encore un petit peu chez moi euh, quelques trucs comme l'électrolyse, des trucs comme ça

K : d'accord. Bon je commence alors, de temps en temps, tu peux lire aussi. Je commence par la 1^{ère} question : si vous cherchiez une frontière entre le monde microscopique, le monde macroscopique... ?

E : bein c'est, pour moi la limite c'est entre le visible et l'invisible, enfin, ce qu'on arrive à discerner à l'œil et et ce qu'on n'arrive pas à discerner à l'œil. Enfin, qui est encore visible, bon euh, macroscopique je mettrais encore ce qui est visible au microscope mais, mais euh, au-delà du visible au microscope, ce serait microscopique

K : pour la 2^{ème} question : si nous avons la taille des molécules, qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ? A ton avis ?

E : (silence)

K : si on vivait avec...

E : pas grand chose, surtout du vide

K : surtout du vide ?

E : ouais

K : d'accord. Pour la 3^{ème} question

E : enfin la taille ! Si nous on avait la taille des molécules ? Si nous on avait la taille des molécules...

K : c'est un peu d'imagination

E : ah si, quand même ! du vide, beaucoup de vide !

K : est-ce qu'on peut voir les atomes quand même ?

E : au grand complet, non. Enfin, si on a la taille d'une molécule, euh, ouais, mais enfin, c'est tellement petit le centre et l'extérieur que

K : on voit pas, tu dis ?

E : ouais

K : d'accord ; 3^{ème} question : nous utilisons plusieurs échelles afin de bien expliquer les phénomènes... ?

E : mésoscopique plutôt

K : mésoscopique ?

E : ouais nanoscopique, c'est 10^{-9} et, enfin, de l'ordre de 10^{-9} normalement

K : mésoscopique, à ton avis c'est quelle échelle

E : euf ça doit être 10^{-12} méso, il me semble, ou alors 10^{-15}

K : c'est pas seulement ça, par exemple, tu peux

E : ouais donc plus petit que que 10^{-9} , bon je saurai pas dire exactement

K : d'accord, 4^{ème} question : on parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique... ?

E : alors à la place de, à la place de macroscopique, je mettrai euh, visible, et microscopique euh, (quelques secondes de silence) observable au microscope. Mais je n'arrive pas à trouver d'adjectifs exacts

K : non, c'est pas un problème...5^{ème} question : spectroscopie, qu'entends-tu par ce mot spectroscopie. Qu'est-ce qu'il signifie pour toi ?

E : bein c'est euh c'est quand on a le spectre complet des de la lumière. C'est-à-dire euh en fonction de la longueur d'ondes, et qu'on veut déterminer par exemple l'absorbance à une certaine euh, à une certaine longueur d'ondes

K : quelle est l'importance à ton avis ?

E : dans la science, c'est important pour calculer les les pourcentages des molécules, quand on sait l'absorbance à une longueur d'ondes précise, bein dans la vie quotidienne, bein tout

ce qu'on voit hein : les couleurs tout ça, c'est que c'est que de la spectroscopie, vu que y a de l'absorbance pour les peintures, pour euh

K : d'accord. 6^{ème} question : lorsqu'on parle du monde visible, du monde invisible, qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : le monde visible euh pff (quelques secondes de silence) oh je sais pas trop, ouais tout ce qui est macroscopique quoi. Et le monde invisible euh, (quelques secondes de silence) invisible euh, je sais pas comment dire ! invisible euh

K : des exemples, par exemple, quand on parle d'invisible

E : bein la taille des molécules euh. Une molécule, une molécule ! ou un atome ou...tout ce qui est de l'ordre de

K : tout ce qui est petit

E : ouais, et qui... enfin, microscopique. nanoscopique (rires). Enfin tout ce qui est extrêmement petit ouais

K : d'accord. 7^{ème} question : on parle toujours d'un photon immobile

E : proton ?

K : photon ouais. Pour le proton et le photon, on sait très bien que c'est différent

E : ouais ? c'est moi qui me trompe ?

K : oui, un petit peu mais, est-ce qu'il y a un sens pour un photon immobile ?, on sait bien qu'il y a la vitesse, mais si on parle d'un photon immobile, est-ce qu'il y a un sens pour toi ?

E : non je pense pas. Enfin photon immobile euh

K : il n'existe pas ou bien il n'a pas de sens ?

E : euh (quelques secondes de silence) il n'existe pas, plutôt. Enfin qu'il n'a pas de sens, ouais je sais pas trop, je sais pas

K : d'accord, c'est pas grave. 8^{ème} question : voir un objet atomique, voir un objet à notre échelle... ?

E : non. Voir un objet atomique, c'est à travers une observation à moyen de, avec un autre moyen de vision que les yeux et, pour, à notre échelle, c'est les yeux quoi, c'est la **vision oculaire** normale quoi

K : d'accord. 9^{ème} question : à votre avis pourquoi l'idée d'atome existe...

E : parce-que mm, je crois que l'atome c'était c'était défini au départ comme euh, tout ce qui était indivisible, enfin, c'était la plus petite échelle de l'indivisible. Je pense que l'idée de la construction est venue plus tard

K : indivisible !

E : non, euh tout ce qui était indivisible

K : indivisible, d'accord

E : et, et je pense que l'idée d'associer ces petites parties pour faire une certaine matière est venue plus tard

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés, inanimés... ? Est-ce qu'on peut vérifier facilement

E : oui je pense qu'on peut

K : dans notre labo et dans notre environnement ?

E : inconsciemment ?

K : on bien consciemment. Est-ce qu'on a déjà fait ça ?

E : bein oui, on l'a déjà fait euh... Bein qui est constitué d'atomes euh ? Regarde, moi personnellement. Non, mais euh, je veux dire, on est déjà fait avec euh les **bords euh, les raides lumières**, enfin

K : les ??

E : les **raides lumières**.

K : d'accord

E : ou alors euh, ouais enfin je veux dire, même la décomposition chimique brûlant ou n'importe, enfin je sais pas comment l'expliquer

K : d'accord, j'ai compris

E : ouais ; on peut aller aussi jusqu'à, au microscope, enfin, microscope à effet tunnel où on voit les les atomes, les atomes par

K : directement ?

E : ouais enfin pas directement, mais alors faut aller sous un tunnel quoi

K : d'accord je te pose tout de suite l'autre question : 11^{ème} question : dernièrement les gens parlent toujours de voir des atomes ou toucher. Est-ce que ça a un sens pour toi ? ou bien des molécules ? mais plutôt

E : bein dans le sens général euh, dans le sens général quand on touche quelque chose, c'est, on touche des atomes, on on voit **des atomes**, mais enfin, c'est c'est pas un atome quoi, c'est

K : **quelques** atomes

E : beaucoup, beaucoup d'atomes, mais euh dans le sens voir un atome précisément, on peut pas quoi. Il faut toucher euh, toucher un atome, enfin...**c'est pas palpable**, quoi c'est beaucoup trop petit sauf si c'est en quantité euh

K : d'accord. Les savants, ils disent depuis à peu près 2 siècles, peut-être plus. La science avance « observe sans voir », est-ce qu'il y a un sens pour toi ? Est-ce que la science avance sans sans voir. Observation oui, mais sans voir, comment ?

E : bein je pense que c'est une construction, et que, à partir des observations qu'on a fait précédemment, on peut construire un modèle et et continuer ses observations à partir de ce qu'on connaît quoi. Mais voir euh, voir certaines choses précisément, on peut pas

K : d'accord. Et est-ce qu'on se sert des autres perceptions. Parce-que l'une d'elles, c'est voir, est-ce qu'il y a une autre perception pour percevoir le monde autour de nous ?

E : **bein nos sens, le toucher euh, l'odorat euh. Mais bon dans la science, je pense que c'est moins**

K : moins utile !

E : je pense que ouais l'odorat par exemple, enfin, en tout cas euh, entendre pas trop, mais euh (rires)

K : d'accord. 13^{ème} question : pourquoi chacun...

E : bein ça dépend de de la perception qu'il a eu, enfin de sa propre expérience, face aux choses quoi

K : et les informations qu'on a acquises forment la différence, ou bien, c'est les personnes qui forment la différence ?

E : je pense que c'est plutôt les informations qu'on a acquises qui font la différence

K : d'accord. Une autre expression : on regarde mais on ne voit pas. Que signifie par exemple cette expression ?

E : (quelques secondes de silence) euh

K : on regarde, mais on ne voit pas. Par exemple, pour voir quelque chose, est-ce qu'on a besoin de reconnaître ?

E : pardon ?

K : pour voir quelque chose, est-ce qu'on a besoin de reconnaître ?

E : bein, ouais, enfin, donc là dans dans le sens de la phrase, je, j'ai l'impression que « voir » signifie plutôt trouver euh, trouver une explication que vraiment voir au sens de la vision, mais euh

K : pour toi c'est totalement différent : regarde et voir

E : parce-que **pour moi, ici regarder, c'est plutôt observer, et voir, c'est plutôt trouver ici**

K : d'accord

E : (quelques secondes de silence) dans le sens que je comprenais quoi

K : d'accord. Les 3 questions qui suivent concernent 3 concepts. Par exemple

E : photon...

K : photon, électron, proton. Quand on parle de ces 3 concepts, comment peut-on les relier ces trois concepts?

E : bein par exemple euh (silence)

K : est-ce qu'ils ont déjà une liaison entre eux ?

E : bein, mm, oh je saurai pas trop non... Si c'est des particules euh, c'est des particules euh, enfin, qui, qu'on pensait indivisible, maintenant, on connaît les quarks pour par exemple, le proton, mais sinon, euh, ouais c'est des particules élémentaires

K : d'accord. Même question pour la matière, force et énergie, par exemple

E : bein matière et énergie euh, $E=mc^2$, ça on connaît bien. Euh, force euh, bein force, force euh

K : y a un rapport ou à part de ça ?

E : pardon ?

K : pour la force

E : force = masse x accélération. Donc, euh, masse et, masse euh, matière et, ouais enfin, je vois quand même

K : tu veux dire masse égale matière !

E : pas forcément masse –matière, mais euh y a y a quand même un passage entre les deux, je pense

K : d'accord. La même question pour l'atome, l'élément chimique et la molécule

E : l'atome, l'élément chimique et la molécule. Bien les atomes euh, les atomes constituent les molécules, par les liaisons des atomes, et les 'éléments chimiques, je pense que c'est plutôt une molécule en particulier, ou ou même un atome simple, mais enfin, un aimant, je pense qu'on peut tout regrouper dans l'élément chimique

K : d'accord. 18^{ème} question : quelle est l'importance de la lumière visible, et invisible dans notre société ?

E : mm, je sais pas trop. Lumière visible, invisible, mmm. On a beaucoup d'infrarouges, des choses comme ça pour les alarmes euh, les détecteurs euh, sinon, je vois pas trop

K : d'accord. 19^{ème} question : pourquoi la couleur... ?

E : je pense pas, enfin

K : est-ce que tu as une idée ?

E : bein la couleur dépend de l'absorbance ; l'absorbance dépend des molécules, des atomes, je sais pas trop, mais

K : par exemple, pour les molécules, est-ce qu'on parle de la couleur !

E : non, c'est pas, la molécule en elle-même n'a pas la couleur, à mon avis la couleur, c'est, c'est un reflet de l'absorbance, c'est le reflet du spectre de

K : macroscopique, on peut dire ?

E : oui, des propriétés (silence) micro... oh ! c'est pas enfin, c'est pas évident pour moi ! La couleur c'est pas directement une propriété, c'est la , c'est ce qui découle de la propriété de la, de la molécule. La molécule a une propriété à absorber ou à ne pas absorber à une certaine longueur d'ondes, et la couleur est la conséquence, enfin. Ouais bon, c'est quand même lié, quoi

K : d'accord, dernière question : il y a 4-5 concepts, mais je te demande seulement l'odeur. Comment on peut comprendre son existence ? l'odeur.

E : de l'odeur ?

K : oui

E : euh,

K : celle-là

E : là ?

K : l'odeur

E : ah !

K : comment on peut percevoir son existence ?

E : bein, **grâce au récepteur sensoriel** qu'on a dans l'odeur, c'est-à-dire euh, euh on a un récepteur qui se lie avec une molécule et le cerveau traduit ça comme une odeur qu'on interprète nous ! Mais l'odeur, c'est pas quelque chose de d'universel, je pense qu'on peut avoir une perception de l'odeur qui n'est pas forcément du même percept, où du moins euh, où du moins euh, on donne le même nom à ce qu'on sent pour une même molécule, mais l'odeur en elle-même n'est pas euh

K : d'accord. Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ? de l'odeur ? On perçoit quelque chose, ou on sent quelque chose, est-ce qu'il y a quelque chose dans l'odeur à ton avis ? comme matière ou

E : dans l'odeur ?

K : oui

E : bein les molécules qui sont euh, c'est celles-là qu'on détecte quand on sent... l'odeur

K : d'accord, je te remercie

IV.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : bein, je m'appelle Géraldine. Je suis en 1^{ère} année de DEUG de Chimie et

K : t'as quel âge ?

E : j'ai euh 21 ans

K : d'accord. Je passe tout de suite à la première question. Peut-être, on peut lire en même temps. Si vous cherchez à définir une frontière entre le monde microscopique, le monde macroscopique... ?

E : c'est en chiffres ou en ?

K : comme tu veux !

E : bein

K : comment tu peux définir ? Si quelqu'un te dit, tu peux trouver une frontière entre le monde microscopique

E : bein microscopique, c'est ce qu'on peut pas voir, macroscopique, c'est plus grand, c'est plus gros

K : y a une frontière à ton avis ?

E : pfff... une frontière euh

K : entre les 2 ?

E : oui, quand même ouais

K : comment tu peux la définir ?

E : la frontière ? Donner un nom à la frontière ?

K : le monde microscopique et le monde macroscopique. Est-ce qu'il y a une frontière à ton avis ?

E : ce qui est visible et invisible

K : d'accord. Je passe tout de suite

K : à la 2^{ème} question : par exemple, si nous avons la taille d'une molécule, qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ?

E : si j'étais une molécule

K : oui, à la taille d'une molécule

E : bein les atomes, les protons, les, enfin tout, tout ça quoi. C'est ça ce que vous demandez ?

K : bein en fait, tu peux dire de n'importe quelle sorte. C'est pas une réponse juste, c'est seulement ton imagination : qu'est-ce qu'on voit autour ?

E : si j'étais une molécule, je sais pas, tout ce qui euh

K : par exemple, on peut voir les liaisons des molécules ?

E : une liaison ?

K : les liaisons des molécules

E : euh oui, bein oui, je pense, oui

K : je passe à la 3^{ème} question : nous utilisons plusieurs échelles... ?

E : mésoscopique , c'est quoi ça ? mésoscopique ?

K : moi, c'est des exemples mais pour le proton, pour le neutron, est-ce qu'on peut définir une échelle ou bien est-ce qu'on peut utiliser les autres ?

E : est-ce qu'on peut utiliser les autres ?

K : par exemple, on peut dire microscopique, nanoscopique, ou bien mésoscopique, ou bien quelque chose d'autre à ton avis ?

E : bein neutron... et proton, c'est tellement petit quoi, c'est euh. Est-ce qu'on utilise une échelle ?

K : si tu utilises une échelle, par exemple, qu'est-ce que tu utilises ?

E : la plus petite possible. Ouais voilà la plus petite possible

K : d'accord. 4^{ème} question : on parle souvent du monde microscopique, du monde macroscopique... ?

E : si vous aviez choisit 2 autres adjectifs à la place des précédents, quels seraient... A la place de microscopique et macroscopique ? (silence) visible et invisible

K : d'accord

E : ce qui est grand ou petit

K : d'accord. N'hésitez pas

E : oui, oui, oui

K : parce-qu'il n'y a pas une réponse correcte. 5^{ème} question : le monde spectroscopique que signifie pour toi ?

E : (silence)

K : est-ce que tu as déjà entendu parler de ça ?

E : oui, la spectroscopie, oui, oui, oui, de masse, oui, euh, oui. Euh, donner une définition

K : à quoi ça a servi jusqu'à maintenant, la spectroscopie

E : de masse

K : est-ce que ça sert à quelque chose ?

E : pardon ?

K : est-ce que ça sert à quelque chose ?

E : oui, oui, oui, oui, oui, oui, oui, oui, pour les euh, pour analyser euh les isotopes

K : par exemple

E : par exemple, ouais. Pouvoir dire euh, on utilise un élément, et puis pour étudier tous ces isotopes, on utilise la spectroscopie

K : d'accord. 6^{ème} question : quand on parle du monde visible, du monde invisible... ?

E : bein ce qu'on voit, et ce qu'on voit pas. Voilà. Visible, c'est tout ce qu'on peut voir, et invisible, c'est tout ce qui est euh, qui est tellement petit

K : à l'œil nu

E : à l'œil nu qu'on peut pas voir voilà

K : 7^{ème} question : vous savez ...

E : un photon ?

K : un photon

E : ouais

K : est-ce qu'il y a un photon, un photon immobile ?

E : ouais

K : est-ce que ça a un sens pour toi ? Un photon immobile ?

E : est-ce que ça a un sens ?

K : qu'est-ce que ça signifie par exemple ?

E : si c'est réel, ou si c'est possible

K : c'est possible, ou c'est pas possible, ou rien.

E : pour moi, non

K : ça te dit quelque chose ?

E : pour moi, non. C'est toujours en mouvement, ça bouge

K : il n'existe pas

E : si !! un photon, ça existe, si, si, si, si

K : un photon immobile ?

E : un photon immobile ? euh, non, je dirais non

K : c'est Gaston Bachelard qui parle d'un photon immobile ! Vous le connaissez ?

E : bein, je sais pas moi, je pense que non, non

K : d'accord. 8^{ème} question : voir un objet atomique, voir un objet à notre échelle... ?

E : voir un objet à notre échelle... non, je pense que ça a pas vraiment la même euh, enfin, ça a le même sens, mais ça a pas vraiment non plus le même sens. Ca a des nuances différentes.

K : par exemple, comment on peut distinguer

E : bein voir à notre échelle, c'est quand, c'est voir, bien je vois euh, je vois l'éponge, là je la vois, et voir à l'échelle euh, à l'échelle atomique, c'est c'est, c'est pas voir directement à l'œil nu. C'est pas voir, enfin, c'est pas voir avec mes yeux, c'est à, c'est à l'aide d'un autre instrument, de quelque chose qui nous permet de voir

K : d'accord. 9^{ème} question, à votre avis, pourquoi l'idée de l'atome... ?

E : pourquoi euh l'atome !

K : pourquoi l'idée de l'atome est beaucoup plus ancienne ?

E : que que la molécule ?

K : oui

E : pourquoi c'est plus ancien ?

K : oui y a une grande différence entre les 2. L'idée de ...

E : bein l'atome c'est, l'atome c'est (quelques secondes de silence) bein une molécule, c'est un ensemble. L'atome c'est quelque chose de, comment je pourrais, pourquoi l'idée ?

(silence) bein parce-que, on a d'abord étudié l'atome, c'est plus petit. Et c'est après qu'on s'est rendu compte qu'il y avait des molécules, un assemblage, voilà, c'est ça ? je sais pas si... à votre avis pourquoi l'idée

K : parce-qu'il y a pleins de philosophes qui disaient que l'atome existe, ils pensaient ça. Y a pleins de philosophes qui pensaient ça !

E : quoi d'abord, ils ont, je pense, étudié l'atome euh, ils ont d'abord découvert les atomes, et puis après, ils ont remarqué que euh ça pouvait s'assembler et former des molécules

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés... ? Est-ce qu'on peut vérifier ça ? Dans la vie quotidienne, dans le labo, est-ce qu'on peut vérifier ça ?

E : oui. Tous objets animés, inanimés sont faits d'atomes... oui, oui

K : même dans notre corps, il y a des atomes

E : c'est ça ce que vous me demandez ?

K : non, par exemple

E : oui

K : comment on peut vérifier qu'ils existent ?

E : bein, je sais pas moi ! Comment vérifier qu'on ait, qu'il y a des atomes euh ??

K : on a des atomes dans notre corps

E : des atomes, c'est euh, enfin, y a des molécules

K : si y a des molécules, y a des atomes

E : oui oui oui oui oui

K : d'un autre côté comment on peut comprendre qu'il y a des molécules ?

E : on analyse les molécules et puis après, quand on analyse les molécules, on se rend compte qu'il y a des atomes, enfin

K : c'est-à-dire qu'il faut toujours analyser quelque chose ? Pour comprendre ? Pour percevoir ? On a besoin toujours d'analyses

E : bein faut toujours, si faut analyser ? c'est ça votre question ?

K : on a besoin de faire des analyses tous les jours. Pour comprendre ?

E : oui,oui, oui

K : 11^{ème} question, il y a des expressions du type : voir des atomes, toucher des atomes...? Qu'est-ce que ça signifie ?

E : bein moi, pour moi, toucher euh, toucher des atomes... bein c'est pas possible, à part euh, bein si, les molécules qu'on fabrique, là qu'on assemble. Là, on peut toucher, oui, on touche

K : voir ?

E : bein voir, on peut pas voir euh !

K : en fait, ce sont toutes des expressions, c'est pas moi qui le dit ? il y a des gens qui en parlent dans les revues actuelles.

E : bein pour moi, toucher des atomes euh, toucher des atomes euh, c'est quand on assemble euh, nos petites molécules et puis on

K : c'est-à-dire on touche **inconsciemment** ?

E : on touche pas des atomes euh , c'est c'est des, comment dire ?

K : on touche la molécule, ou on touche la matière

E : c'est pas un atome, c'est quelque chose, c'est un objet qu'on, qu'on euh, on dit que c'est un atome. On les assemble pour voir la molécule dans l'espace et tout ça

K : d'accord, 12^{ème} question : une autre expression : observer sans voir. Depuis 1 siècle, ou depuis peut-être 2 siècles, la science, les gens disent que la science avance, observe sans voir. Par exemple, est-ce que tu as un exemple

E : bein, je sais pas, je pense que quand on fait des recherches euh, au niveau scientifique, au niveau, je sais pas la médecine, dans les recherches, ils observent des choses sans voir euh, euh, comment dire quand on recherche, on sait pas ce qu'il y a, c'est petit à petit et donc on on avance mais sans savoir ce qui va, à quoi on va aboutir. Donc sans voir ce qui (silence) ce qui va se passer enfin...je sais pas trop comment expliquer ça ! moi, dans ma tête, c'est clair

K : d'accord. Encore quelques questions, après on termine. Pourquoi chacun observe-t-il... ? Toi, moi, on observe différemment ?

E : pourquoi chacun observe-t-il différemment le monde qui nous entoure ? ça veut dire la perception de ce qu'on a autour de nous ?

K : oui

E : bein parce-qu'on est tous différents, on a chacun nos expériences

K : mais la différence, elle vient de la personnalité ou elle vient de la formation qu'on a acquise déjà ?

E : bein, ça dépend, euh

K : ou bien l'imagination ? la force de perception...

E : le monde, mais ça dépend de ce qu'on dit par le monde. Le monde comment le ?

K : le monde de tous les jours, ce qui nous entoure

E : tous les objets qui nous entourent ? Comment est-ce que nous on le perçoit ? comment on voit les choses ? les gens ? les objets ? les

K : pourquoi chacun observe différemment ?

E : pourquoi ? bein parce-que, ouais, on est tous, on est différent euh, on a une, une éducation différente euh, des expériences différentes, une culture différente euh

K : un cerveau différent

E : pardon ?

K : un cerveau différent sûrement

E : un cerveau ? bein, enfin, physiquement, il est pareil, mais euh dans la tête, on est tous différents, on a chacun nos

K : d'accord, une autre expression : on regarde mais on ne voit pas?

E : ils regardent mais ils ne voient pas ? bein, y a quelque chose qui cache ! Un voile qui cache !

K : on voit quelque chose, on regarde, mais on voit pas. Même s'il y avaient des choses, parfois

E : mais pour moi, ça a pas euh un sens propre regarder-voir euh. Je ne le prends pas dans un sens comme ça, parce-que, il regarde mais il ne voit pas (silence) il regarde mais il ne voit pas euh. Pour moi, c'est regarder des des signes ou des je ne sais pas quoi, et euh je peux pas dire, je regarde la table, mais je ne la vois pas, quelque chose de

K : y a quelque chose dedans, mais il ne voit pas

E : il regarde mais il ne voit pas (silence)

K : c'est pas grave

E : c'est bein, je sais pas trop comment expliquer ! moi, je le prends pas au sens propre, je le prends euh

K : ce que t a compris en fait ?

E : parce-que il regarde mais il ne voit pas pour moi, euh, c'est euh, (silence) comment dire, c'est c'est une observer, enfin voir quelqu'un, mais pourtant ne pas voir euh, euh, ne pas voir vraiment la personne euh, (silence) qui est en face, enfin je sais pas, moi ! ne pas, enfin ne pas voir les choses cachées

K : d'accord. Maintenant les 3 questions qui suivent c'est à peu près le même sens. Quelle relation faites-vous entre les concepts photon, électron et proton ?

E : électron ? proton ?

K : électron, photon, proton. Tu connais déjà ça ?

E : bein oui, mais quelle relation faites-vous ? entre les concepts physiques photon, électron, proton ? bein proton c'est +, électron c'est - euh, non, mais je comprends pas trop le sens de la question. Je vois pas trop ce que vous me demandez.

K : est-ce qu'on peut les lier ?

E : oui, on peut les lier, oui

K : comment on peut faire ?

E : bein proton électron euh, euh, bein selon moi c'est relier à la masse atomique, au euh, enfin tout ça là, y a un élément euh, qui a un nombre de protons euh défini, un nombre d'électron, euh, tout ça c'est lié

K : je te demande une chose : l'électron, le proton, c'est la matière

E : ouais

K : un photon, c'est pas la matière

E : ouais, non, un photon, ouais, ouais

K : un photon c'est pas la matière, c'est la lumière, c'est une onde

E : oui, c'est, oui, c'est différent entre photon, électron et proton, je mets électron et proton ensemble et photon à part

K : quelle relation faites-vous entre les concepts matière, force et énergie ?

E : concepts matière, force. Bein je mettrais chaque chose dans un (silence). Matière c'est différent de la force et différent de l'énergie

K : ils sont tout différents ?

E : non, la force et l'énergie, on peut les relier, mais la matière, c'est euh, enfin, matière euh (silence). Vous parlez d'échelle alors, je sais pas, non ?

K : l'autre question, c'est la même idée : l'atome, l'élément chimique, la molécule

E : (quelques secondes de silence) chaque fois, c'est une échelle euh plus grande. La molécule est constituée d'atomes euh, y a l'élément chimique, molécule

K : par exemple, est-ce qu'il y a une différence entre l'atome et l'élément chimique ?

E : (silence)

K : quelle est la différence entre les 2 ?

E : (silence)

K : c'est la même chose, ou c'est différent ?

E : c'est à peu près pareil

K : ça ?

E : élément chimique, élément chimique. (silence) Un élément c'est un cuivre c'est

K : moi aussi, j'étais curieux dans ce sujet avant

E : un élément chimique, c'est comme, enfin, c'est un élément de la, du tableau euh, un atome... Puis moi, je dirai l'atome et enfin l'élément chimique constituent la molécule

K : d'accord. L'autre question : quelle est l'importance de la lumière visible, invisible... ?

E : l'importance du visible et de l'invisible dans notre vie actuelle ? (silence) bein heureusement qu'on, enfin, (silence) la question ! quelle est l'importance de la lumière visible et invisible dans notre vie contemporaine ? (silence)

K : si tu n'as pas d'idée, c'est pas grave

E : non, j'ai vraiment pas, je, non, cette question, elle me

K : 19^{ème} question : pourquoi la couleur... ?

E : oh celle-là, non. Celle-là... Pourquoi la couleur n'est-elle pas une propriété de l'atome ? oh, non, non, non

K : par exemple, la couleur c'est une propriété macroscopique ou microscopique ?

E : bein la couleur, c'est quelque chose qu'on voit ! une couleur. La propriété de l'atome, l'atome c'est

K : tous les objets, ils ont différentes couleurs, on le sait

E : oui

K : est-ce que. Les savants disent que la couleur n'est-elle pas une propriété de l'atome ? c'est le sens microscopique. Euh par exemple, si on parle de quelque chose de macroscopique, la couleur, c'est quelque chose, c'est une propriété ? A ton avis ?

E : mmm...propriété, non

K : dernière question : il y a 3-4 concepts, mais je te demande un seul.

E : pour un seul ? comment on peut percevoir leur existence ?

K : par exemple, le vent. Comment on peut percevoir, le vent ?

E : bein le vent, bein par exemple, les cheveux, quand y a du vent, bein, les cheveux volent enfin... (silence) les cheveux ça bougent, quoi, donc y a du vent. Quand y a du vent, bein je vois que mes cheveux sont décoiffés

K : d'accord. Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ?

E : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ? du vent ? (silence) le contenu du vent ?

K : qu'est-ce qu'il y a dedans ?

E : bein, le vent, c'est le vent, c'est euh

K : t'as jamais pensé ?

E : hein ? pardon ?

K : t'as jamais pensé à ça ?

E : bein le contenu du vent, non, quand y a du vent, bein les arbres euh

K : par exemple, est-ce qu'il y a la matière dedans ?

E : (silence) oui

K : ou bien sans matière ?

E : mais partout. Mais le vent c'est pas une euh, le vent c'est des courants, c'est des, c'est, c'est pas un contenu

K : y a quelque chose dedans ?

E : dans le vent ? (silence) et si dans l'air y a quelque chose, effectivement, oui y a un contenu, mais dans le vent ? ! je veux dire euh, parfois, y a des jours, où y a pas de vent. Ca veut pas dire, qu'y a pas, y a pas, y a pas quelque chose , y a l'atmosphère

K : d'accord, dans l'air y a quelque chose, mais dans le vent...

E : mais si dans le vent, si. Mais le vent en soi, enfin le vent c'est, c'est, c'est un courant, c'est

K : d'accord, j'ai compris, merci bcp

E :de rien

V.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : donc moi, c'est **Jonathan Burkel**. Donc je suis en 1^{ère} année à la fac en DEUG sciences de la matière. J'ai, l'année dernière, j'ai fait un bac S euh scientifique, option physique-chimie, et actuellement bein , en 1^{ère} année, on fait encore de la physique, de la chimie, donc c'est un peu, c'est un peu vague, j'ai pas encore d'idée sur ce que je veux faire après.

K : t'as quel âge ?

E : euh, j'ai 19 ans

K : ok, je commence avec la 1^{ère} question : si vous cherchiez à définir une frontière entre le monde microscopique, le monde macroscopique... ?

E : alors euh, (silence) je dirais, la frontière, pour moi la frontière ce serait, ça se situerait au niveau du millimètre quoi, entre juste, entre ce qu'on voit encore et et, on arrive difficilement à l'observer, enfin je sais pas (rires)

K : d'accord, je passe à la 2^{ème} question : si nous avons la taille des molécules...?...
Imagine

E : (silence) ouais je sais pas... un agglomérat de de molécules, d'atomes avec des électrons qui tournent autour (rires)

K : c'est imaginé ça ?

E : bein je sais pas. J'ai du mal quoi, à avoir une idée exacte de ce qu'on est

K : d'accord. Je passe à la 3^{ème} question : nous utilisons plusieurs échelles... ?

E : ah ! ça ! euh ça c'est, c'est plus petit que microscopique, ça c'est sûr, mais je sais pas euh, je connais pas, enfin je connais pas le terme mais euh

K : juste microscopique

E : plus plus petit que microscopique, beaucoup plus petit, mais euh, je sais pas comment expliquer

K : d'accord. 4^{ème} question : on parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique... ?

E : (silence) à la place de microscopique ?

K : microscopique et macroscopique

E : euh,

K : qu'est-ce que tu peux mettre pour microscopique et qu'est-ce que tu peux mettre pour macroscopique ?

E : euh, microscopique, pour moi, c'est ce qu'on ne peut pas voir, et macroscopique, c'est ce qu'on peut voir quoi

K : est-ce qu'on peut l'appeler comme ça ?

E : (rires) peut-être

K : d'accord. 5^{ème} question : le mot spectroscopie, quand on entend ce mot.... ?

E : comme définition exacte, je sais pas exactement ce que c'est mais euh

K : pas tout à fait une définition. C'est ce qu'on entend par le mot spectroscopie

E : c'est par rapport à la lumière, c'est euh, mais je sais plus exactement, je sais plus ce que c'est

K : est-ce que ça nous aide ? dans la vie, dans le labo, dans

E : bein dans la chimie, je sais que c'est déjà utilisé, moi j'en ai jamais fait, donc je sais pas trop, mais euh je pense que ça a avoir...

K : est-ce que c'est utile ?

E : oui, c'est utile (rires) j'en ai déjà entendu parler mais je sais pas exactement ce que c'est

K : d'accord. La 6^{ème} question : quand on parle du monde visible, du monde invisible ... ?

E : bein, j'ai déjà dit avant que le monde microscopique, c'était ce qu'on peut pas voir, donc pour moi, le monde invisible, c'est tout ce qui est microscopique quoi, des éléments euh

K : si y a quelque chose, un microscope, on peut le voir ?

E : ah (rires) c'est vrai qu'au microscope, on peut le voir, mais moi je dirai à l'œil nu, à l'œil nu, sans sans autre appareil, euh ce qu'on peut pas voir, c'est le monde microscopique

K : d'accord, d'accord. 7^{ème} question : un photon, un photon existe. Qu'est-ce que c'est un photon immobile pour toi, à ton avis ? un photon immobile ?

E : bein je sais pas du tout (rires), je vois pas

K : on sait que le photon existe

E : ouais les photons existent, ouais

K : mais juste un photon immobile, y a-t-il un sens ?

E : bein, pas trop, je vois pas trop... s'il était immobile... enfin... je sais pas, j'arrive pas à m'imaginer ! (rires)

K : 8^{ème} question : voir un objet atomique ... ?

E : pour moi, voir voir un objet atomique, c'est plutôt euh l'imaginer euh, je sais pas le conceptualiser, comme ça, le et pour voir un objet, ouais c'est dans le sens littéral, mais voir un objet atomique, c'est plutôt se l'imaginer je crois, enfin je sais pas

K : d'accord. A votre avis pourquoi l'idée de l'atome... ?

E : bein je pense, je pense que les, enfin les les premiers scientifiques euh cherchaient euh le le fondement de de tout ce qui existe quoi, et je pense que c'est comme ça qu'est née l'idée de l'atome, l'un des composants les plus petits, le plus fondamental quoi de

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés... ? Comment on peut le vérifier ? Est-ce qu'on l'a déjà fait, consciemment ou inconsciemment, ou bien est-ce qu'on peut vérifier ça avec l'imagination ?

E : ah ça je je... comment pouvez-vous vérifier ? Bien... si... enfin je sais pas si on arrive à le, à le toucher, à le, enfin à avoir une sensation par rapport à cet objet, ce que, il est composé de quelque chose, de de matière, et donc la matière est composé d'atomes, enfin, je sais pas si c'est ça

K : d'accord. 11^{ème} question, c'est à peu près ce que tu disais : voir des atomes, ou toucher des atomes. Les gens utilisent ces 2 mots dernièrement dans les revues, dans les articles voir des atomes, toucher des atomes. Qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : bein comme j'ai dit, voir avant, et voir euh des atomes, c'est je pense les imaginer, arriver à les, à les construire dans la tête quoi, mais, toucher des atomes euh, c'est assez, enfin, je sais pas comment on peut expliquer ça

K : par exemple, quand on touche une table, c'est possible de toucher des atomes ?

E : voilà... bein quelque part, c'est, en réalité... enfin, on touche, oui, on touche des atomes, mais, enfin, c'est... dur à expliquer

K : c'est pas très concret

E : oui voilà

K : d'accord. 12^{ème} question, une autre expression que les gens utilisent aussi : observer sans voir... ?

E : sans faire d'expérience, sans

K : qu'est-ce que ça veut dire pour toi ?

E : (silence) c'est... constater des effets, je sais pas, constater des effets sans voir les le début... je sais pas, je. Observer, c'est... bein observer, c'est s'intéresser à à quelque chose, c'est, c'est faire attention à, mais sans le, sans le voir réellement... oh pfff

K : par exemple, entendre c'est une observation, à ton avis ?

K : d'accord. 13^{ème} question : pourquoi chacun observe-t-il... ? Toi, moi, les gens

E : bein ça dépend, je pense de... sa culture, son éducation, de ses intérêts euh, plutôt pour la science, ou plutôt pour euh, je sais pas la philosophie. Tout dépend de... de son éducation

K : d'accord. 14^{ème} question, une autre expression : on regarde mais on ne voit pas

E : oui (rires)

K : on regarde un point fixe ou bien autour de nous, mais on voit pas. Qu'est-ce que ça signifie ?

E : il regarde mais il ne voit pas, oh (rires)

K : t'as déjà fait ça ?

E : bein pff

K : on regarde, y a des atomes, des molécules, y a des matières, dedans

E : ouais mais on les voit pas, voilà

K : on voit pas, pourquoi on voit pas ?

E : parce-que c'est dans le monde invisible, c'est dans le microscopique quoi, donc

K : c'est pas toujours comme cela, parce-que si on connaît quelque chose déjà peut-on le voir ?

E : c'est vrai, on peut se l'imaginer, on peut se l'imaginer, sans le voir euh, réellement quoi, on peut arriver

K : d'accord. Maintenant y a 3 questions qui ont à peu près le même sens. Y a 3 concepts, comment peut-on relier ces 3 concepts ? par exemple, je commence avec photon, électron, proton. Quand tu entends ces 3 mots, ces 3 concepts, comment peux-tu les relier ?

E : (silence)

K : photon, électron, proton, ou bien

E : ouais... électron, ouais proton, bein, électron et proton, c'est, c'est ce qui constitue un atome, photon c'est, enfin, je sais pas comment le relier aux 2 autres

K : à part ça ?

E : bein (silence) c'est les... c'est les, des composantes euh fondamentales de la matière et, enfin, parmi les choses les plus petites qu'on peut trouver, enfin à part ça, je sais pas

K : d'accord. Une autre question : matière, force, énergie ?

E : (silence) bein force et énergie sont étroitement liées... euh... matière euh ? bein la matière existe, enfin, on peut la voir et la, enfin, on peut voir la matière ou la... elle existe grâce à des forces et des énergies, sans quoi, elle n'existerait pas la matière, je sais pas

K : une autre question : l'atome, l'élément chimique et la molécule ?

E : (silence)

K : tous les jours, on entend dans les labo, l'atome, l'élément chimique et la molécule

E : (rires) quelle relation ? euh (silence) j'arriverai pas à expliquer

K : t'imagines qu'il y a une relation ou...

E : oui, bien sûr, les... tout, enfin ils sont étroitement liés quoi l'atome, l'élément chimique...

K : par exemple, entre l'atome et l'élément chimique, y-a-t-il une différence ? pour les molécules et pour l'atome, on peut distinguer facilement, mais pour l'élément chimique et pour les molécules ou bien pour l'atome, y a une distinction ?

E : bein il doit y avoir une distinction, mais je sais pas trop (rires) je saurai pas l'expliquer

K : d'accord. On passe de l'autre côté : quelle est l'importance de la lumière... ?

E : la lumière invisible et la lumière visible ? je vois pas trop

K : tu peux, tu peux me donner un exemple de lumière invisible

E : je sais pas, je je vois pas (rires)

K : rayons ?

E : les rayons X et tout ça ? ouais, ouais d'accord

K : qu'on voit pas en fait

E : ouais, c'est quoi c'est des découvertes importantes pour l'heure actuelle je pense. Tout ce qui est le rayonnement, avec la radioactivité et tout ça, euh

K : ça nous aide ?

E : si ça nous aide dans la vie, ça je sais pas (rires). Mais ça nous aide bein, ça fait progresser la connaissance de la science quoi

K : d'accord. 19 question : pourquoi la couleur n'est-elle pas.... ?

E : bien je pense que l'atome en lui-même on peut difficilement se l'imaginer, enfin, c'est pas, je m'imaginer pas un atome avec une couleur propre, c'est la l'assemblage du tout qui fait qu'elle est... enfin, je sais pas... c'est pas une question que je me suis posée (rires)

K : pour la molécule, on peut dire la même chose ? la couleur pour les molécules, c'est une propriété ?

E : je pense pas qu'on puisse dire une propriété d'une molécule, la couleur

K : c'est quelque chose de macroscopique ou microscopique la propriété de la couleur ?

E : bein microscopique je pense, la propriété chimique

K : d'accord. Dernière question, y a quelques exemples, ici, mais je te demande seulement un, par exemple la chaleur, comment on peut percevoir ?

E : son existence ?

K : oui

E : bein c'est des effets, enfin c'est des sensations qu'on a soi-même, on sent la chaleur, sans la voir, ça a des effets sur notre corps quoi, c'est seulement comme ça qu'on

K : est-ce qu'il y a quelque chose du sensible qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ?

E : (rires) le contenu ? bien la chaleur c'est une forme d'énergie, donc euh, l'énergie a un effet sur la matière

K : est-ce la matière ?

E : c'est pas de la matière je crois, c'est pas de la matière, mais ça, ça a un effet sur la matière, c'est une énergie qui

K : d'accord, je te remercie

VI.

K : est-ce que tu peux te présenter un petit peu .

E : euh, je m'appelle **Imamenkou** et euh je suis en sciences de la matière, je fais de la physique-chimie, des mathématiques

K : t'as quel âge ?

E : j'ai 21 ans

K : d'accord, on peut mettre ça de côté, tu lis et je te pose aussi les questions

E : d'accord

K : 1^{ère} question : si vous cherchiez à définir une frontière entre le monde microscopique et le monde macroscopique, comment on peut le faire ?

E : (silence) à mon avis, c'est euh mm, (silence) je crois que c'est, y a y a le vide, ce serait plus logique qu'il y ait le vide, mais je sais pas. D'après mon mon interprétation, moi ça c'est le vide, mais je sais pas

K : d'accord, 2^{ème} question : si nous avions la taille... ?

E : des électrons (rires) je crois que... on aurait euh... des pertes d'électrons, comme des gaines d'électrons, comme les euh les

K : vous imaginez !

E : ouais, ouais, par exemple euh je vois, je vois, comme le phénomène d'électricité, mais sauf que, en plus petit, c'est c'est ça ressemble

K : tu pourrais bouger comme des molécules ?

E : ouais je crois que je je bougerais, ouais

K : ça protège quelque chose ?

E : c'est vrai mais, je trouve que vraiment, je m'imagine, justement dans, dans une, dans une liaison chimique de telle sorte que je bouge pour euh, **trouver** des liaisons et tout ça quoi

K : d'accord, 3^{ème} question : nous utilisons... ?

E : moi, je trouve que c'est, c'est la microscopie.

K : microscopique ?

E : microscopique, ouais. Vu que c'est dans l'ordre de 10^{-20} , c'est beaucoup quoi je trouve

K : d'accord. On parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique. Si vous aviez à choisir 2 autres adjectifs à la place... ?

E : on peut dire euh... minuscule...

K : pour microscopique

E : voilà, et euh, et gigantesque (rires)

K : 5^{ème} question : Le mot spectroscopie, qu'entends-tu par le mot spectroscopie, qu'est-ce qu'il signifie pour toi ?

E : euh, je trouve que c'est euh, c'est l'étude des spectres, qui montre justement les euh (silence) qui montre, qui fait, qui mm, qui met en évidence les **les échelles énergétiques**...avec des spectres, des spectres, c'est ce que je vois, mais franchement euh, c'est

K : c'est quelque chose de macroscopique ou microscopique à ton avis ?

E : moi je trouve que c'est microscopique. Macroscopique par rapport à l'échelle, à l'échelle justement des protons et des neutrons

K : lorsqu'on parle du monde visible et invisible, qu'est-ce que tu dis ?

E : euh, avec ces... c'est presque, c'est presque la même conception, sauf que le monde invisible, c'est euh, même même si en admettant qu'on regarde dans un microscope, on voit rien du tout, ça c'est l'invisible, c'est le visible pour moi, l'invisible, pour moi, et le visible c'est par contre, si on voit des petits trucs, mais je peux pas justement mettre euh en relation monde microscopique et monde macroscopique

K : d'accord. 7^{ème} question : on sait bien que le photon, il existe. Est-ce qu'on peut parler de photon immobile ?

E : euh à chaque, à chaque moment, je trouve que, vu que un photon, ça correspond à un corpuscule, et euh, il bouge tout le temps, il bouge tout le temps et

K : ça veut dire que c'est possible ?

E : oui, je crois que c'est, d'être immobile ? je crois pas, c'est impossible, je crois pas

K : d'accord. 8^{ème} question : voir un objet atomique, voir un objet à notre échelle... ?

E : euh, un objet atomique et un objet à notre échelle ? (silence)

K : c'est-à-dire on voit quelque chose, quelque chose de macroscopique, voir le sens de voir macroscopique et voir microscopique, est-ce que ça a le même sens ?

E : bein c'est pas le même sens, vu que, bein le domaine macroscopique, on n'a pas besoin de de matériaux, par exemple pour pouvoir voir ce, ce, la matière, comme par exemple ici, nous l'homme, ça c'est un objet macroscopique, et un tout petit truc, c'est microscopique, donc euh il faut d'autres d'autres **façons** justement pour pouvoir voir les petites particules

K : 9^{ème} question : à votre avis pourquoi l'idée de l'atome...

E : depuis puis longtemps que l'idée de la molécule ?

K : oui, parce-que l'idée de l'atome, ça fait à peu près 25 siècles qu'elle existe, pour la molécule : à peu près 2 siècles

E : parce-que déjà, nous les hommes, en prenant, nous les hommes, on a autour de de de notre univers, on représente les objets microscopiques, donc ce serait logique justement que, euh, pour l'atome

K : donc ça ferait plus longtemps qu'il existe dans la pensée humaine ?

E : donc ça serait logique justement, de de de mettre en évidence des objets plus petits et ces objets plus petits justement, ils doivent concevoir, s'ils ont une vie, par exemple, de concéder justement qu'ils ont encore d'autres petits, des trucs plus petits, ainsi de suite, ça finit pas

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés ... ?

E : tout simplement l'homme, l'homme

K : y a des atomes, y a des molécules

E : voilà y a des atomes, y a des molécules, et c'est normal de voir un bois il peut réagir comme l'homme, lui aussi il peut pleurer comme nous, comme nous, et les feuilles aussi. Tout ce qu'on faisait justement aussi...

K : on peut dire qu'il y a des molécules, y a des atomes. On est en train de se demander y a des atomes dans notre corps. On peut comprendre qu'il y en aient ?

E : mm... par exemple, en comparant d'autres trucs : on prend, on prend, par exemple, l'essence d'orange par expérience et après on prend la, une partie de notre peau, on laisse, on on met en relation. On va, c'est un truc qu'on peut toucher, les 2 trucs sont touchables, donc euh cela peut mettre justement en évidence, le terme de d'atome

K : c'est-à-dire tu fais l'expérimentation

E : voilà, j'ai fait une expérimentation

K : d'accord. Maintenant, y a 2 expressions qui suivent : voir des atomes et toucher des atomes... ?

E : de voir des atomes ? on en voit pleins ! Là même là, là j'en vois, j'en vois, même vous, vous êtes... constitué d'atomes et, en l'occurrence, on peut le toucher. Parce-que même là, la, une très grande partie, elle est à l'échelle macroscopique de d'atomes

K : c'est-à-dire y a un sens pour toi ?

E : ouais, je trouve qu'il y a un sens. Tout, tout ce qui passe à travers le toucher et tout ce qui passe par le sens justement ça ça conçoit le terme de d'atome

K : d'accord. 12^{ème} question, une autre expression : observer sans voir. Les gens l'utilisent depuis 1 siècle, depuis 2 siècles. La science avance comme ça : observer sans voir.

E : observer sans voir, en fait c'est euh

K : on ferme les yeux

E : voilà, justement. Quand on ferme les yeux, Quand on ferme les yeux, on voit rien du tout, mais en fait, y a pleins de trucs qui se cachent, c'est comme si on, on... enlève la conception du monde, justement on peut rester comme ça, en fait on voit des trucs, tous ces trucs là sont artificiels, et euh, je trouve que c'est euh... plus concrètement, je trouve que c'est

K : est-ce qu'il y a d'autres sens qui nous aident, à ton avis ?

E : pardon ?

K : par exemple, si la science, ça marche observer sans voir, est-ce qu'il y a d'autres sens qui nous aident ?

E : toujours, toujours. C'est inséparable de l'homme. On peut percevoir soit par l'odorat, soit par l'expérience chimique, par l'odorat ou par euh par le toucher

K : sentir

E : voilà sentir. Même entendre des fois, voilà

K : encore quelques questions : pourquoi chacun observe-t-il différemment... ?

E : mm

K : y a pleins de personnes, et chacun observe différemment

E : bein l'homme, chaque homme est différent l'un de l'autre et donc euh

K : l'origine de cette différence, c'est quoi à ton avis ?

E : c'est dû justement aux atomes

K : (rires)

E : c'est dû justement aux atomes

K : d'accord. Une autre expression : on regarde mais on ne voit pas

E : c'est-à-dire qu'on, que c'est... on refuse de voir ce qu'il y a derrière, justement, à travers ce qu'on voit, y a quelque chose toujours qui est derrière. A travers ça là, y a quelque chose qui est derrière, mais je le vois pas. Derrière cette table par exemple

K : d'accord. Maintenant, il y a 3 questions où il s'agit de faire la liaison avec 3 concepts. S'il y a, s'il y a pas, tu dis qu'il n'y en a pas. Je commence euh d'abord : photon, électron, proton. Est-ce qu'il y a une liaison

E : ouais échelle microscopique. Tout ça c'est échelle microscopique

K : d'accord. 16^{ème} question : matière, force, énergie

E : matière, force et l'énergie ? non, pas la même relation. Y a pas de relation, y a pas de relation, je trouve qu'y a pas de relation... je trouve que... force, énergie, ouais, mais matière, je sais pas, je crois pas

K : d'accord, une autre question : atome, élément chimique et molécule

E : mmm... ce sont tous des des composés chimiques, je trouve euh

K : atome, élément chimique, entre les 2 y a une différence

E : atome et élément chimique ? justement l'atome, c'est un élément chimique. Y a pas, c'est euh, disons, c'est

K : n'y a-t-il pas une différence ?

E : non, je trouve pas, parce-que dans l'élément chimique, on trouve l'atome

K : d'accord. Dans la vie contemporaine ou dans le labo, dans nos recherches, on utilise toujours de la lumière visible ou de la lumière invisible. Quelle importance à ton avis ?

E la lumière visible ? c'est justement, c'est le fait de comparer, justement, le fait de voir, de voir tout simplement, et le fait de ne pas voir, des trucs que l'on peut pas concevoir

K : 19^{ème} question : pourquoi la couleur... ?

E : si difficile !

K : ça désigne quelque chose. Par exemple, quelque chose de macroscopique, pour les... ?...l'or. C'est une propriété ou...

E : en fait, on refuse tout ce qu'il y a autour de lui, comme nous. Quand on porte pas de vêtements, on est que l'homme, on oublie carrément le terme de de vêtements. C'est comme pour l'atome, l'atome on regarde tout ce qu'il y a à l'intérieur. Donc on regarde pas ce qu'il y a autour de lui, on laisse euh dans un 1^{er} temps, c'est après qu'on, après d'autres études qu'on

K : et pour les molécules ?

E : ouais

K : pour les molécules, y a une couleur, à ton avis ?

E : non, y a pas de couleur, justement. Y a pas de couleur

K : ils ont des habilles ?

E : non, non. Les molécules par contre, elles ont des habilles, avec les liaisons. Les liaisons, je crois que... c'est leurs habilles

K : d'accord. Dernière question, il y a quelques concepts, je te demande seulement un seul. Par exemple, le son, comment on peut le percevoir ?

E : le quoi ?

K : le son, le son

E : comment le percevoir ? L'ouïe, l'ouïe c'est grâce à l'ouïe. Percevoir ?

K : percevoir

E : mm... phénomène de vibration !

K : d'accord. A ton avis, qu'est-ce qu'il y a dans le son, dans le contenu ?

E : y a mmm...(silence) y a des, y a des photons, des photons qui sont tout le temps excités

K : d'accord, je te remercie /E :de rien

VII.

K : est-ce que tu peux te présenter un petit peu ?

E : alors je m'appelle **Thomas**. Euh, je suis étudiant en 1^{ère} année... de physique-chimie. Euh, je viens de, je viens du lycée.

K : d'accord. T'as quel âge ?

E : j'ai 20 ans

K : d'accord. Je commence avec la 1^{ère} question : si vous cherchiez à définir une frontière... ?

E : bein, pour moi, microscopique, c'est tout ce qui est, c'est tout ce qui est petit, tout ce qui est les bactéries, tout ça, et le macroscopique, c'est le monde qui est autour de moi quoi

K : y a une frontière à ton avis ?

E : non, je crois pas

K : pourquoi ?

E : parce-qu'il y a toujours plus petit que... toujours plus petit quoi

K : d'accord. Je passe à la 2^{ème} question : si nous avons la taille... ?

E : euh, bein, justement tout ce qui est, tout ce qui est microscopique, c'est-à-dire toute les bactéries, toutes les

K : mais t'imagines par exemple, dans l'échelle des molécules, tu marches, tu vois quelque chose

E : euh, (silence) ouais je sais pas euh

K : tu peux voir des molécules ?

E : des des, ouais des molécules ou des, des bactéries, ou des, des petites bêtes quoi, des petites bêtes

K : par exemple, quand tu marches, ça t'empêche de faire quelque chose : marcher ou

E : non

K : d'accord. 3^{ème} question : on utilise plusieurs échelles... ?

E : bein je pense que c'est trop petit, donc y a pas d'échelle spécifique pour ça

K : tu pense pas !

E : non je pense pas

K : d'accord. 4^{ème} question : on parle souvent du monde microscopique... ?

E : bein microscopique, moi ce serait tout ce qui est minuscule, tout ce qui est petit

K : on peut dire le monde minuscule

E : le monde minuscule ouais

K : pour le m

E : et le macroscopique, ce serait euh, bein le monde des géants, quoi, le monde des un peu plus grand

K : 5^{ème} question : pour la spectroscopie, qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : (quelques secondes de silence) c'est un truc avec la lumière non. Je ne sais plus, c'est euh, (silence) c'est la décomposition de la lumière, il me semble, je sais plus

K : est-ce que ça sert à quelque chose pour la science ?

E : bein euh, non pas trop, enfin, je vois pas, pas trop

K : d'accord. 6^{ème} question : on parle du monde visible, du monde invisible. Par exemple, le monde microscopique, le monde macroscopique. Est-ce que le monde visible le monde invisible c'est différent par rapport au ?

E : bien le monde invisible, c'est tout ce qui est justement microscopique, ce qu'on arrive pas à voir à l'œil nu quoi

K : d'accord

E : donc euh, ça existe, mais on le voit pas quoi, donc pour nous, c'est invisible

K : d'accord. 7^{ème} question : un photon. On sait très bien qu'un photon, ça existe, est-ce qu'il existe un photon immobile à ton avis ?

E : bein pour moi, le photon, c'est tout ce qui est lumière, donc ça se déplace, ça se déplace obligatoirement quoi. Donc c'est c'est pas immobile, je pense pas

K : d'accord. 8^{ème} question. Y a 2 verbes qu'on utilise : voir un objet atomique... ?

E : ouais je pense, c'est euh la même signification

K : d'accord. 9^{ème} question : pourquoi l'idée de l'atome... ?

E : la molécule, c'est euh, c'est des atomes, donc je pense que

K : en fait pour les molécules, y a quelque chose de plus grand que l'atome. Même s'il est plus grand, toujours c'est l'idée de l'atome qui a existé

E : je pense que les gens cherchaient déjà à définir ce qu'étaient les objets, donc euh, ils ont pensé d'abord à l'atome, et puis ensuite à la molécule quoi

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés... ? Même nous, même la table, tous les objets sont des atomes. Comment on peut le comprendre ?

E : bein ouais

K : quand y a quelqu'un qui te demande, comment tu peux expliquer ?

E : bein je sais pas, par exemple, quand tu, quand on se coupe, y a toujours euh, (silence) y a toujours tout ce qui est le sang, tout ce qui est à l'intérieur du sang, les plaquettes, les

globules rouges, pour moi, c'est c'est des molécules quoi, c'est pas mal de voir qu'on est constitué de plusieurs choses, quand même

K : d'accord. 11^{ème} question : voir des atomes, toucher des atomes... ?

E : (silence) je sais pas, euh

K : c'est possible de toucher des atomes ?

E : bein les atomes, en fait, c'est tout ce qui nous entoure, c'est tous les objets qui nous entourent, donc je pense qu'il y a moyen de

K : **d'après toi**, c'est possible

E : ouais, ouais

K : au **microscope**, ce serait possible ?

E : je pense pas, non

K : d'accord. L'autre question : observer sans voir ... ?

E : bein ils regardent les choses à l'extérieur, mais ils ne comprennent pas ce que c'est, donc euh, je pense pas que ce soit, je sais pas

K : d'accord. Encore quelques questions : pourquoi chacun observe-t-il différemment ?

E : chacun, chacun a...a une philosophie différente du monde, donc euh, chacun le voit à sa manière, donc euh, certains, certains le voient du bon côté, d'autres le voient du mauvais côté

K : l'origine de la différence, c'est l'individu ou ?

E : ouais c'est l'individu je pense. L'individu selon le mode dont il a été élevé, il a été

K : la formation qu'il a suivi

E : ouais, ouais

K : d'accord. Une autre expression : on regarde, mais on ne voit pas. Ca te dit quelque chose ?

E : (silence)

K : on regarde mais on voit pas. Même s'il y a quelque chose

E : bein justement, on voit, on observe l'extérieur, mais on comprend pas toujours ce qui se passe quoi donc euh, je pense que c'est euh, on a beau regarder, mais on ne comprend pas ce qui se passe, donc ça doit être ça je pense

K : d'accord. Maintenant y a 3 questions, elles ont à peu près le même sens. Quelle relation faites-vous avec les concepts physiques, par exemple, photon, électron, proton ?

E : bein je pense que ça fait partie du même euh, au niveau microscopique, c'est la même, la même taille et tout

K : par exemple, pour l'électron, pour le proton, y a une différence

E : euh (silence) je pense pas

K : par exemple pour l'électron, c'est la matière, pour le proton

E : c'est la lumière

K : c'est la lumière

E : ouais

K : y a quand même une différence

E : y a quand même une différence, ouais c'est vrai

K : d'accord. 16^{ème} question : cette fois, c'est matière, force et énergie

E : euh je pense que force et énergie, on peut les mettre ensemble, parce-que quand y a une force, y a de toute façon, besoin d'énergie. Mais pour la matière euh... non matière, je vois pas

K : d'accord. L'autre question : l'atome, l'élément chimique, la molécule

E : bein atome et molécule, on peut les mettre ensemble, parce-que justement les molécules sont composées d'atomes ; mais les éléments chimiques... enfin si les éléments chimiques, c'est aussi constitués de d'atomes, je pense que on peut les mettre ensemble. C'est ça peut-être la signification

K : 18^{ème} question : lumière visible... ?

E : euh... lumière invisible, c'est tout ce qui est infrarouge euh, donc je pense que c'est quand même utile pour vivre, parce-que tout ce qui est infrarouge euh, ultraviolet tout ça, c'est c'est quand même nécessaire à la vie pour

K : même si on ne voit pas, elle est nécessaire pour la vie ?

E : ouais, parce-que ça a quand même une nécessité pour euh, pour l'effet de serre, pour euh

K : pour vivre dans le monde

E : ouais

K : 19^{ème} question : les savants disent : la couleur... ?

E : bein que l'atome n'a pas de couleur, qu'ils se ressemblent tous et euh, qu'il n'y a pas de différence euh, différence physique

K : par exemple, tous les atomes sont sans couleur

E : ouais, ils ont tous la même forme et la même couleur, je sais pas, ils sont peut-être tous gris ou je sais pas. Y a pas de différence physique, c'est une différence euh... ouais y a pas de différence physique

K : pour les molécules, par exemple, qu'est-ce que tu peux dire ? y a une couleur de molécule ou ?

E : non, je pense pas

K : quelque chose de macroscopique ?

E : macroscopique, c'est en fonction de la lumière qui, de la lumière qui absorbe et qui rejette, donc je pense que

K : en fait, c'est l'effet de la lumière toujours qui forme la couleur

E : ouais, ouais

K : d'accord. 20^{ème} question. Il y a quelques concepts, mais je t'en demande seulement un seul. Par exemple, l'odeur. Comment peut-on la percevoir ?

E : bein l'odeur, c'est des, c'est des molécules euh, qui sont en l'air et euh qui lorsqu'on on les respire, ça déclenche des récepteurs d'odeur

K : qu'est-ce qu'il y a comme contenu dans l'odeur ?

E : (silence)

K : si y a quelque chose, la matière ou y a pas de matière ?

E : je pense que c'est des molécules ou... ouais des molécules, ouais

K : y a des molécules qui bougent ?

E : ouais, des molécules ouais

K : d'accord. A côté des molécules, est-ce que

E : je sais pas. Non, je pense que c'est juste des molécules ou des trucs comme ça

K : d'accord. Moi aussi, je ne sais pas ... (rires) ; je te remercie

VIII. et IX.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E1 : donc euh, je m'appelle **Werner Gwenaëlle** et je suis en DEUG sciences de la matière, 1^{ère} année. Donc je suis en physique-chimie et je fais de la physique-chimie

K : tu as quel âge ?

E1 : 18 ans

K : d'accord. Toi ?

E2 : moi je suis Ray Julienne, j'ai 19 ans et je suis aussi en DEUG SM, 1^{ère} année

K : d'accord. Je commence avec la 1^{ère} question : si vous cherchiez à définir une frontière... ?

E1 : c'est une différence de taille ?

K : si on cherchait une frontière avec le monde microscopique et le monde macroscopique. Par exemple ?

E1 : on peut donner un exemple ou ?

K : non, si, si vous avez une idée pour la frontière. Elle existe ou pas ?

E1 : ouais

K : pour toi ?

E2 : non, y a pas de frontière. Bein non, c'est juste une plus petite échelle

K : d'accord. Je passe à la 2^{ème} question : si nous avons la taille... ?

E1 : d'autres molécules (rires)

K : on pourrait marcher facilement ?

E1 : euh, marcher ?! oui, oui

K : et toi ?

E2 : moi, je crois que ce serait un peu serré

K : tu vois quelque chose, quand même ?

E2 : ouais

K : qu'est-ce que tu vois par exemple ?

E2 : bein des autres petites molécules (rires)

K : d'accord. 3^{ème} question : on utilise plusieurs échelles... ?

E1 : euh oui (rires), une échelle plus petite encore

K : comment elle peut s'appeler ?

E1 : je sais pas comment elle s'appelle, c'est 10^{-30} kilomètres mais

K : à ton avis ?

E2 : je sais pas

K : d'accord. 4^{ème} question : on parle souvent du monde microscopique... ?

E1 : euh (silence)

K : au lieu de microscopique ?

E1 : minuscule

K : minuscule

E2 : encore plus minuscule

K : pour le macroscopique ?

E1 : bein... immense

E2 : oui immense

K : immense ok. Euh, 5^{ème} question : avec la spectroscopie... ?

E1 : je vois les rayons lumineux, mais je sais pas du tout si c'est ça...

E2 : les longueurs d'ondes

E1 : spectre, les longueurs d'ondes et

K : ça nous aide pour quelque chose la spectroscopie ?

E1 : ça ?

K : ça nous aide, ça sert à quelque chose ?

E1 : ça

E2 : connaître les longueurs d'ondes

K : la science de la spectroscopie

E1 : (quelques secondes de silence) oui, ça sert forcément (rires)

E2 : ça sert à mesurer des... la pureté d'une solution

K : d'accord. 6^{ème} question : on parle du monde visible, du monde invisible. Qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E1 : ce qui est visible, c'est ce qu'on voit, et ce qui est invisible, c'est trop petit pour qu'on le voit

K : et ton avis ?

E2 : ouais, c'est pareil

K : 7^{ème} question : on parle de photon. Est-ce qu'il est possible un photon immobile ?

E1 : non je pense pas

E2 : aucune idée

K : d'accord.

E1 : j'ai déjà répondu

K : d'accord. 8^{ème} question : voir un objet atomique... ?

E1 : si on voit à l'œil nu, l'autre, c'est le microscope qui le voit !

K : c'est le même sens le verbe voir ?

E1 : oui, c'est, c'est voir par l'intermédiaire de quelque chose

E2 : moi, je dirai que le, le 1^{er}, c'est imaginé plutôt

K : l'autre ?

E2 : l'autre, c'est voir avec les yeux

K : 9^{ème} question : l'idée de l'atome existe depuis plus... ?

E1 : parce-que l'atome est plus... ah (silence)

E2 : parce-que l'atome, il est, une molécule, c'est plusieurs atomes, donc d'abord y a eu l'atome, et après on les a assemblés

K : à ton avis ?

E1 : je sais pas du tout

K : d'accord. 10^{ème} question : tous objets animés... ? Comment on peut le vérifier ça ? vous aviez une idée ?

E1 : des microscopes très puissants (rires)

K : par exemple, dans notre corps... on peut vérifier qu'il existe des atomes ?

E2 : ouais enfin, je sais pas

K : d'accord. 11^{ème} question : voir des atomes, toucher des atomes... ?

E1 : je pense que ça va être possible, mais je sais pas si c'est possible. Bein les voit... oui... mais c'est pas toucher dans le sens où on les touche avec les doigts (silence)

K : à ton avis ?

E2 : moi, je pense qu'on peut... on en touche tout le temps, tous les jours sans le remarquer, mais on ne peut pas les voir

K : d'accord. L'autre question, c'est à peu près le même sens : observer sans voir ... ?

E1 : mm (silence)

K : qu'est-ce que ça veut dire ?

E1 : (silence) je sais pas trop (rires)

K : à ton avis ?

E2 : (silence) je sais pas, on pense à comment ça fonctionne, mais on ne voit pas, on imagine

K : d'accord. Encore quelques questions : pourquoi chacun observe-t-il différemment ?

E1 : chacun a une façon de voir les choses qui lui est propre

K : c'est qui qui fait la différence ? c'est l'individu ou la formation qu'on a acquise ou... la culture ?

E1 : tout

K : à ton avis ?

E2 : je pense chacun a sa vision des choses, et c'est la personnalité qui fait qu'on voit différemment

K : d'accord. Y a encore 3 questions qui ont à peu près le même sens. Comment on peut, quelle relation faites-vous avec les concepts physiques, par exemple, photon, électron, proton ? d'abord photon, proton, électron

E1 : un photon c'est, je sais plus trop ce que c'est (rires)

E2 : c'est euh, quelque chose qui émet de la lumière, un électron, c'est une particule chargée négativement, et un proton positivement

K : d'accord. Ton avis ?

E1 : pour moi, l'électron et proton, c'est un peu le contraire, positif et négatif, et photon, c'est la lumière

E : non, j'avais pas lu la question

K : d'accord. L'autre question, c'est à peu près le même sens : matière, force et énergie

E1 : euh force et énergie c'est un peu, c'est c'est, c'est un peu la même chose et bein la matière, c'est

K : c'est différent ?

E1 : oui c'est différent

K : à ton avis ?

E2 : je dirai que la matière, elle est soumise à des forces, et puis l'énergie qui entre en jeu

K : d'accord. L'autre question : l'atome, l'élément chimique, la molécule

E1 : bein entre molécule et atome, c'est, enfin c'est pas la même chose, mais une molécule, c'est plusieurs atomes. Et un élément chimique, c'est la même chose que la molécule

E2 : que l'atome !

E1 : que l'atome

E2 : moi je dirais qu'un, une molécule, c'est pleins d'atomes assemblés et un élément chimique, c'est un, c'est un atome précis

K : l'autre question : lumière visible... ?

E1 : la lumière ??

K : la lumière visible, la lumière invisible, quelle est l'importance dans notre vie ?

E1 : la lumière visible euh, c'est ce qu'on peut voir, la lumière invisible, c'est les rayons euh

E2 : ultraviolets

E1 : infrarouges et... c'est important bein par exemple pour déterminer... des puretés de solution, des choses comme ça, ou dans l'espace, euh, je sais pas trop

K : à ton avis ?

E2 : la lumière visible, c'est ce qu'on voit, et la lumière invisible, c'est, faut savoir qu'elle existe, parce-que ça peut être dangereux

K : d'accord. L'autre question : la couleur... ? pourquoi ?

E1 : parce-que... parce-que c'est un atome et y a pas de, de longueurs d'ondes, parce-que la lumière, c'est une longueur d'ondes, je sais pas, je pense pas que

E2 : la couleur, c'est uniquement liée à la, à la longueur d'ondes, y a pas de rapport avec l'atome

K : j'ai pas entendu

E2 : y a pas de rapport avec l'atome en fait réellement

K : et pour les molécules, on peut dire la même chose ? y a une couleur pour les molécules ?

E1 : non

K : non

E2 : non, je pense que c'est l'œil après qui voit suivant les

K : dernière question. Par exemple, il y a 4 concepts, vous en choisissez un, comment on peut le percevoir ? Par exemple, le vent, la chaleur, l'odeur, le son. Chacune en choisit un : le vent par exemple. Comment on peut le percevoir

E1 : le vent ? bein, on le sent, on le sent ou on voit le déplacement des des objets

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ?

E1 : dans ?

K : dans le vent, qu'est-ce qu'il y a, à ton avis ?

E : de l'air

K : la matière, la molécule ? ou ?

E1 : de la poussière, ce qu'il y a dans le ciel en fait

K : d'accord. La même question pour toi. La chaleur ?

E2 : la chaleur, on la perçoit au toucher, enfin, c'est une sensation sur la peau

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu, à ton avis ?

E2 : y a aussi de l'air, des atomes, des molécules

E1 : de l'eau

E2 : de l'eau, un peu de tout

K : d'accord. Je vous remercie

X.

K : est-ce que tu peux te présenter ?

E : Je m'appelle **Guy**, en fait, j'ai fait un IUT en mesures physiques en 2 ans parce-que je voulais d'abord avoir un diplôme me permettant de travailler en entreprise, avant d'aller à la fac. Et... mais en fait, j'ai toujours voulu faire prof, mais c'était juste par sécurité. Et donc après j'ai obtenu une équivalence pour aller en licence de sciences physiques. Voilà...

K : je vous pose directement la 1^{ère} question : le monde microscopique et le monde macroscopique que signifie pour vous ?

E : bein, en fait, euh, microscopique, euh, je pense à micro, donc, euh dix puissances moins six, donc, euh c'est toutes les grandeurs qui sont inférieures à dix puissances moins six euh...mètres. Voilà...

K : pour le macroscopique ? Le monde macroscopique ?

E : bein c'est le monde qui est palpable en fait, donc euh, des grandeurs qui sont euh qui sont visibles à l'œil nu par exemple, macroscopique.

K : par exemple si on cherche une frontière entre le monde microscopique et le monde macroscopique, peut-on trouver une frontière ?

E : bein, une unité, par exemple ouais, dirais que c'est ouais, ouais et puis aussi y a les lois aussi, en fait euh certaines lois euh sont applicables au monde macroscopique et d'autres

K : certaines lois sont spécifiques

E : ouais.

K : d'accord. 2^{ème} question : si nous avons la taille des molécules, qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ?

E : euh des des atomes, des orbitaux, euh (rires) oh remarque les orbitaux, non, peut-être pas, mais euh (réflexion)

K : on peut voir facilement les molécules, les...

E : bein, on pourrait se frayer dans la matière, les différents matériaux...

K : d'accord, 3^{ème} question : ...pour les protons et les neutrons, est-ce qu'on peut définir une échelle ?

E : bein c'est de l'ordre de, d'Angstrom, dix puissances moins dix

K : Angstrom ?

E : ouais

K : d'accord

E : ...un nanomètre

K : 4^{ème} question : ... ?

E : euh ...(quelques secondes de silence) petit et grand (rires) c'est naze ... euh, ouais ou qui n'est pas, non visible à l'œil nu et euh, tu me diras macroscopique, euh, il faut aussi parfois les appareils de mesures permettant de les voir, mais euh (quelques secondes de silence)

K : c'est pas grave

E : visible à l'aide d'un appareil euh, euh externe pour le microscopique, et euh voilà quoi

K : 5^{ème} question : pour la spectroscopie, qu'entendez-vous par le mot spectroscopie ? que signifie -t-il ?

E : bein on a spectre

K : spectre ?

E : ouais, spectre

K : est-ce qu'il nous aide pour la science ? Spectroscopie ? la science spectroscopique !

E : bein ça permet de faire varier un paramètre, euh, dont on a le contrôle et de visualiser en fait l'effet sur un deuxième paramètre, donc en fait un paramètre en fonction d'un autre et dont on a le contrôle

K : visualiser le monde qui est caché plutôt !

E : bein ça nous permet de caractériser, euh, euh, ouais de caractériser.

K : est-ce que par exemple pour le monde macroscopique aussi, on peut utiliser la science de la spectroscopie ou bien la méthode

E : euh

K : pour les...étoiles, pour le...

E : ah oui, ah oui, ah oui oui oui, si, si, on peut aussi euh utiliser cette méthode. Ouais c'est une méthode de mesure, euh, euh (quelques secondes de silence). Ouais parce que l'œil humain en fait ne peut pas voir euh ce genre de choses, donc ça permet de caractériser euh, effectivement.

K : d'accord. L'autre côté : le monde visible et le monde invisible, qu'est-ce que cela signifie pour toi ?

E : alors euh, oui bein le monde visible moi, c'est ce qui est visible en fait à l'œil nu et invisible, euh, c'est tout ce qui est visible avec une aide extérieure quoi, donc une aide technique par exemple

K : par exemple, comme le microscope pour les microbes, on peut voir à l'aide du microscope

E : ouais. Ca fait partie de l'invisible, mais en fait, par contre les causes sont visibles.

K : comment on peut décider ce...

E : cette frontière entre le visible et l'invisible?

K : c'est pas tout à fait une frontière mais, tout ça c'est assez facile de distinguer le monde visible et le monde invisible

E : ouais pour moi en fait tout s'arrête, enfin tout est question de la personne, en fait quoi. Ce qu'on ne voit pas euh...

K : si on utilise un appareil c'est-à-dire c'est invisible

E : par contre les causes en fait de ce qu'on observe ne sont pas forcément invisibles. Vous pensez que quelqu'un est malade parce-qu'il a attrapé un virus, mais il faut qu'on vérifie qu'il ait bien attrapé ce virus, donc là en fait le microscope entre en jeu.

K : d'accord. L'autre question concerne le photon. Est-ce qu'on peut parler d'un photon immobile ?

E : bein là pour moi, c'est une particule qui est obligée d'avoir la vitesse de la lumière

K : si on ignore la vitesse

E : ouais

K : après ?

E : le photon immobile, bein on peut ralentir la lumière en fait, mais euh

K : pas la vitesse

E : non, je conceptualise pas ça le truc là

K : d'accord. Voir un objet atomique et voir un objet à notre échelle... ? est-ce que les deux verbes signifient les mêmes choses ?

E : ah d'accord. Euh non, parce-qu'en fait, euh, c'est à l'aide de détecteur par exemple qu'on verra, euh, et donc c'est par l'intermédiaire d'un appareil, d'un détecteur qu'on pourra voir, donc c'est pas la même signification. On peut détecter, on détecte et on voit

K : il faut qu'on utilise qqch. pour la détection ! on voit qqch. ou on détecte qqch. ?

E : il faut qu'on utilise une détection, en fait

K : on détecte quelque chose, on voit quelque chose, d'accord. Euh l'autre question, à votre avis pourquoi l'idée d'atome.... Ca fait 20 siècles que l'idée d'atome existe de l'autre côté, ça fait 2 siècles que l'idée de molécule existe. On sait très bien que la molécule est plus grande que l'atome, mais l'idée de l'atome est plus ancienne.

E : mm, ah .

K : qu'est-ce que vous pouvez me dire.

E : non pour moi ça me paraît assez logique euh la molécule en fait, c'est un agglomérat de plusieurs atomes, et pour construire quelque chose, euh (quelques secondes de silence) en fait eux ils voyaient des atomes à part c'est ça ?

K : l'idée de l'atome est plus ancienne, ça fait 25 siècles qu'elle existe, mais l'idée de la molécule, à peu près, ça fait 1 siècle ou 2 siècles qu'elle existe. Donc pour moi c'est plus logique de découvrir la molécule, parce-que la molécule est plus grande, elle est plus proche de nos propres yeux...

E : mmm

K : c'est plus proche à toucher...ou je ne sais pas.

E : bein j'ai j'ai grandi avec, hein (rires) donc en fait je sais pas pourquoi, je ne vois pas pourquoi, euh...

K : d'accord. L'autre question : tous objets....

E : (silence)

K : tous objets inanimés, animés sont ... ? Il y a des molécules, il y a des atomes dans notre corps, quelqu'un qui te demande est-ce qu'il y a des atomes dans notre corps ou des molécules, si toi par exemple tu es convaincu jusqu'à maintenant, comment tu peux vérifier ça ?

E : le vérifier ou l'expliquer ?

K : ou vérifier ou expliquer.

E : bein en fait, euh pour créer une fondation on est obligé de, par exemple un bâtiment, on est obligé d'avoir un squelette, et puis bon euh, ce squelette en fait c'est par des liaisons qu'il tient, et en fait les molécules c'est exactement pareil, c'est euh, c'est un squelette en fait qui permet de tenir l'édifice, et cet agglomérat en fait d'atomes, selon en fait les atomes en fait qui sont dans la molécule et selon les structures on aura différents matériaux avec différentes caractéristiques. Mais ça peut être expliqué avec, euh, justement des indices macroscopiques quoi.

K : tout ça c'est assez facile à expliquer ?

E : ouais, je pense

K : d'accord. Voir un atome, toucher un atome, est-ce que ça a un sens pour toi ?

E : (silence)

K : par exemple, on a touché

E : mm

K : on a touché des atomes ou bien

E : bein ça on peut le faire sans le voir (rires), alors que voir des atomes, on peut pas le, euh ... (rires)

K : est-ce que tu as déjà senti quelque chose, on touche des atomes tous les jours ou bien est-ce qu'il y a une possibilité de toucher un atome un jour ?

E : bein tous les jours, mais pas forcément un atome, parce-que pour ça il faut pouvoir le voir. Si on veut choisir un atome il faut pouvoir le voir, mais sinon tous les jours on touche des atomes si on considère que tout est fait euh de, de molécules.

K : l'autre question : observer sans voir, qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : euh, bein, l'observation c'est ce qu'on fait avant les expériences et tout ça, donc euh, si maintenant on voit que la face change, c'est une observation, et on sait en fait par la théorie quels sont les mécanismes qui sont en cours, mais on voit pas la molécule qui est en train de changer. L'observation c'est plus l'effet euh dans le milieu macroscopique, euh de ce qui se passe euh dans le milieu microscopique.

K : l'autre question par exemple pour les aveugles, est-ce qu'il y a une science ?

E : bein oui y a l'odeur, l'odorat qui peut entrer en jeu, euh, voilà quoi, le toucher

K : c'est-à-dire toutes les autres perceptions qui nous aident !

E : mm pour l'observation

K : d'accord, encore quelques questions : pourquoi chacun ... ?

E : pourquoi chacun l'observe différemment de nous, bein ça c'est ça c'est parce-que chaque personne en fait a son,

E : chaque personne est différente en fait, et euh

K : la différence qui vient de la culture

E : par exemple, ouais, par l'éducation que chaque personne a eu, par euh, y a pas mal de paramètres qui entrent en jeu. Par rapport aux études qu'ils ont suivies

K : ce qui est le plus important à ton avis c'est quoi ?

E : euh, c'est qu'euh ce qu'on fasse en fait nous plaise quoi. Qu'on soit en accord avec ce qu'on pense, et voilà quoi.

K : d'accord. Une autre question : on regarde mais... ?

E : (rires) ça c'est quand t'as pas préparé un TP et que (rires) tu regardes et tu comprends pas. Non, non, euh, bein oui il peut se passer des réactions, des choses comme ça sous nos yeux alors que on les voit pas

K : mm et euh

K : pour voir quelque chose c'est pas seulement nécessaire de regarder. On regarde mais on ne voit pas. On a besoin d'autres choses pour voir

E : mm. Oui par exemple, oui. Oui des outils euh, des outils extérieurs, parce-que sinon autrefois, on était limité sur la technique, c'est pour ça qu'on voyait pas autant de choses qu'on voit actuellement.

K : d'accord. Quelle relation faites-vous... ?

E : euh,

K : atome, élément chimique

E : et la molécule en dernier ?

K : oui

E : bein l'atome c'est euh, c'est un noyau avec euh l'électron seul en fait, une molécule c'est euh, c'est euh, mm plusieurs atomes en fait qui sont liés.

K : l'élément chimique ?

E : l'élément chimique bein ça peut être euh, (rires) y a la prof qui fait « fait gaffe » euh l'élément chimique euh (quelques secondes de silence) bein ça, ça peut tout hein, ça peut être ce qu'il y a dans la lessive, ça peut être euh simplement chimique, la chimique c'est euh, c'est tout ce qui nous entoure, l'eau c'est de la chimie, on va dire

K : question pour la matière, force et énergie. Est-ce que tu peux distinguer facilement les 3 concepts ?

E : euh (quelques secondes de silence) alors euh la force et l'énergie je dirai déjà ensemble, parce-que bon la force fournit un travail, et un travail fournit de l'énergie, et euh,

K : l'énergie et la matière ?

E : et euh (quelques secondes de silence) mm, ouais $E = MC^2$, t'as la masse et t'as l'énergie (rires)

K : t'as bien compris cette équation ?

E : euh, ouais ça va, si si, c'est pas mal

K : quand on entend la matière, ça peut être de l'énergie en même temps.

E : mm

K : donc euh, transformer de l'énergie

E : mm c'est ça, ouais ouais, c'est ça, ouais

K : d'accord. 2 dernières questions : pourquoi la couleur n'est-elle pas une propriété de l'atome ?

E : la couleur ?

K : la couleur

E : him. c'est

K : la couleur n'est pas la propriété de l'atome tout seul ou bien de quelques atomes

E : euh (quelques secondes de silence). Ca dépend oui, parce-qu'en fait ça dépend de la lumière qu'on envoie sur l'atome, non ?

K : c'est la lumière qui décide de la couleur

E : ouais, mais, mais ça dépend de la lumière qu'on envoie en fait sur l'atome. Si on envoie, ouais, ouais, bon, c'est pas bon ça

K : tu peux

E : ouais non les absorptions sont quand même caractéristiques de chaque, de chaque molécule, euh

K : pour les molécules, on peut parler de l'absorption, mais pour les atomes est-ce qu'on peut parler de la même chose ?

E : c'est pour les atomes que tu me demandes pas pour les molécules ?

K : non, pour les molécules c'est pas juste s'il y a une absorption on peut parler de la couleur

E : mm d'accord, y a pas d'absorption alors pour l'atome

K : pour l'atome, c'est pas l'absorption !

E : ouais

K : dernière question : l'odeur comment peut on percevoir son existence ?

E : l'odeur comment on peut la percevoir ? bein on prend une échelle avec la main on fait saisir ces affaires c'est pas ça ?

K : ...

E : mais disons on n'a pas de capture, on ne l'utilise pas comme mesure parce-qu'on a pas de capteur assez performant euh, pour euh,

K : on peut détecter toutes les odeurs facilement ?

E : avec le nez, oui

K : ça c'est possible

E : ouais disons quand on a de l'expérience, mais euh certains produits, mais pas tous quoi

K : 2^{ème} question : qu'est-ce qui est contenu dans l'odeur ?

E : bein c'est des molécules qui sont volatiles et euh, que le détecteur en fait, que le nez capte et euh

K : c'est les matériaux qui font ça ou c'est les ondes qui font ?

E : ah c'est des molécules qui euh, sont volatiles en fait quoi, la matière

K : l'origine de ce mouvement de la matière dans l'odeur c'est quoi alors ?

E : l'origine de la matière ?

K : il y a quelque chose dans l'odeur, il y a des molécules. Comment elles s'avancent ?

E : ah c'est euh (quelques secondes de silence)

K : il y a quelque chose qui les pousse

E : ouais c'est l'air, en fait

K : c'est l'air

E : ouais (rires)

K : d'accord

E : parce-que la densité est moins importante en fait, donc euh c'est volatile et avec l'air ça monte, quoi, je pense

K : d'accord

E : parce-que c'est pas très dense

K : d'accord, Merci bcp.

XI.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : donc euh je m'appelle **Wolgringer Laetitia**. Je suis donc en licence de sciences physiques. C'est la 2^{ème} fois que, que je passe la licence et (quelques secondes de silence) en fait moi je, là je vais arrêter en fait tout ce qui est scientifique parce-que l'année prochaine je vais faire l'IUFM pour faire, oui, instit

K : moi je viens aussi de l'IUFM, j'étais à la fac, après j'ai commencé à faire de la recherche. Maintenant, je commence la 1^{ère} question : le monde microscopique, le monde macroscopique, que signifient pour toi ?

E : bein le monde microscopique c'est quelque chose de très, d'infiniment petit, mais euh macroscopique c'est encore euh plus petit.

K : macroscopique c'est encore plus petit ?

E : mm que microscopique

K : c'est macroscopique qui est plus grand ou microscopique ?

E : microscopique c'est plus grand que macroscopique

K : d'accord ; 2^{ème} question : si nous avions.... ?

E : d'autres molécules (rires)

K : par exemple, on peut voir

E : ah on peut voir, euh (quelques secondes de silence) bein tout ce que nous on voit à notre taille. Si on était minuscule on verrait tout beaucoup plus grand quoi

K : par exemple, on peut voir des atomes ?

E : oui, voilà, oui, des atomes

K : d'accord, l'autre question : on utilise plusieurs échelles pour expliquer le monde.... Pour les protons et les neutrons, est-ce qu'on peut définir une échelle ? protons, neutrons peut-on définir une échelle ?

E : ouais c'est macroscopique, non

K : macroscopique on dit, d'accord

K : l'autre question : le monde macroscopique, le monde microscopique, il y a 2 mots. Peux-tu choisir 2 autres adjectifs ... ?

E : (quelques secondes de silence) mm...

K : est-ce que tu as déjà une idée ?

E : non, des adjectifs ?

K : par exemple, moi j'utilisais le monde minuscule, le monde majuscule

E : mm, petit et infiniment petit

K : d'accord

E : c'est pas trop un adjectif

K : d'accord, c'est seulement pour demander, parce-qu'il y a des gens qui utilisent plusieurs mots. Pour la spectroscopie, qu'entends-tu par spectroscopie. Qu'est-ce qu'il signifie pour toi ? Est-ce que ça nous aide pour la science ?

E : bein c'est l'analyse des spectres. Est-ce que ça peut nous aider pour la science ?

K : c'était déjà utiliser la spectroscopie ?

E : bein oui, on l'a utilisée euh...(quelques secondes de silence) l'infrarouge. La RMN et l'UV, les les points

K : qu'est-ce que t'as compris dans son utilisation ?

E : bein par exemple pour l'infrarouge, bein ça nous indique les fonctions qu'il y a dans dans un composé

K : d'accord. Le monde visible, le monde invisible, que signifient pour toi ?

E : (quelques secondes de silence) bein le monde visible, c'est peut-être euh(quelques secondes de silence), c'est peut-être toutes les choses qui sont à notre taille et notre limite et invisible, tout tout ce enfin, ce qui est trop petit pour qu'on le voit quoi, à l'œil nu

K : par exemple, comme les virus

E : les virus ?

K : ça fait partie du monde visible ou le monde invisible ?

E : invisible, pour moi ouais

K : autre question : un photon immobile, qu'est-ce que ça signifie ?

E : (quelques secondes de silence) photon immobile ?

K : est-ce que t'as déjà entendu, un photon ?

E : photon oui, mais immobile euh

K : immobile c'est pas possible ?

E : pour moi, non

K : d'accord

E : mais c'est possible ou pas ?

K : ah je ne sais pas. C'était seulement pour demander. Si on dit qu'un photon est immobile, y a une possibilité, parce-que ça change certaines choses, c'est-à-dire si on arrête la lumière, est-ce qu'on peut faire arrêter la lumière. C'est possible ? Pourquoi ?

E : (silence)

K : C'est la même question en fait.

E : bein oui

K : d'accord

E : ça me paraît bizarre

K : l'autre question : voir un objet atomique....

E : bein non c'est pas la même chose parce qu'un objet atomique, c'est quelque chose qu'on voit forcément avec euh, pas à l'œil nu quoi, faut faut des instruments pour le voir.

K : tu dis c'est différent de «voir», voir des choses autour de nous, et voir des choses atomiques. On utilise les 2 mots en même temps, mais est-ce que la signification est la même ?

E : (silence)

K : Ou bien c'est différent ?

E : c'est différent

K : d'accord. L'autre question : à ton avis pourquoi l'idée d'atome existe...Pour l'idée de la molécule (erreur il s'agit de l'atome), ça fait à peu près 25 siècles qu'elle existe, pour l'idée

de la molécule, à peu près ça fait 2 siècles qu'elle existe. Est-ce que tu as une idée, est-ce que tu as déjà pensé à ça ?

E : non, j'ai jamais pensé à ça

K : d'accord. L'autre question : tous objets animés... On est des scientifiques. On a suivi une formation. Y a des gens qui demandent y a des atomes dans notre corps, y a des molécules, est-ce qu'on peut le vérifier, est-ce qu'on est convaincu qu'il y a des atomes dans notre corps ? y a des molécules ?

E : (silence)

K : t'as jamais pensé ?

E : (rires) non, non

K : tu sais qu'il y a des molécules ?

E : euh oui

K : par exemple, l'année prochaine, tu seras prof, y a un étudiant qui te demande y a des molécules dans notre corps, est-ce qu'on peut le vérifier ou bien est-ce que vous pouvez me convaincre ?

E : là je sais pas. Bonne question (silence) !

K : c'est facile quand on est de l'autre côté, c'est mieux. C'est facile pour comprendre

E : ouais c'est logique

K : c'est logique. C'est dur pour convaincre

E : mm

K : pour faire convaincre plutôt ?

E : comment comprendre ça ?

K : avec des ex...

E : des expériences

K : des expériences, je suis pas sur que sans expérience, on peut expliquer ça

E : mm... (silence) je vois pas non

K : d'accord. L'autre côté : voir des atomes et toucher... Est-ce que ça a un sens pour toi ?

E : (quelques secondes de silence) bein non puisque c'est quelque chose de très très petit, euh...(silence)

K : d'accord. Une autre question !, En fait c'est l'idée que je recherche.

E : mm

K : observer sans voir, qu'est-ce que ça signifie pour toi. On observe quelque chose mais sans voir.

E : observer sans voir ?

K : on ferme les yeux , je continue, on va faire l'observation, si possible. C'est-à-dire, je te demande plutôt le sens de «observation »

E : c'est plutôt imaginer alors euh, observer

K : par exemple, pour les aveugles, y a une science ?

E : non

K : ils voient pas, ils entendent ou ils touchent. Ils peuvent lire des choses. Pour eux il y a une science... à ton avis ?

E : non

K : d'accord. Encore quelques questions : pourquoi chacun... Toi, moi ou les autres. Même si on a suivi la même formation, on regarde différemment le monde ou bien les phénomènes.

E : bein chaque personne est différente, donc forcément euh, il a pas les mêmes idées sur euh, que la nôtre

K : l'origine est différente, c'est quoi à ton avis ? Y a pleins de raisons, mais ce qui est le plus important, à ton avis, c'est quoi ? Les informations, la culture,

E : mm, la culture, ouais

K : ou alors, c'est l'imagination qui fait la différence

E : (silence)

K : je passe à l'autre question. Si t'as pas d'idées, c'est pas grave. On regarde mais on ne voit. Que signifie cette expression ? Y a un sens pour toi ?

E : (quelques secondes de silence) non, je vois pas

K : tu le vois ou tu vois pas. Est-ce que tu as déjà été dans une situation comme ça ? On regarde mais on voit pas.

E : c'est philosophique quoi, mais euh

K : (rires)

E : c'est pas trop mon domaine la philo... on regarde, mais on voit pas

K : par exemple, quand tu regardes maintenant, qu'est-ce que tu vois ?

E : des fenêtres, un bâtiment...

K : il pleut, mais tu vois pas

E : ah oui ! mm

K : c'était ça ce que je te demande, parce-qu'il y a des choses, y a des choses, on regarde, mais on voit pas toutes les choses. Ce qu'on voit seulement c'est ce qu'on... euh... pour toi c'est la fenêtre, pour moi, c'est autre chose, chacun observe différemment.

E : ouais et pourquoi chacun observe différemment ? Ca... je vois pas...

K : d'accord. La lumière visible, la lumière invisible...

E : (silence)

K : pour la lumière visible, tu peux tu peux concevoir facilement

E : bien la lumière on en a besoin de toute façon, non ?

K : la lumière invisible, qu'est-ce que tu comprends ?

E : (quelques secondes de silence) pas grand chose, lumière invisible (silence)

K : d'accord. Dernière question : pourquoi la couleur... ? Les scientifiques ont décidé que la couleur n'était pas une propriété de l'atome ou bien de quelques atomes. Pour les matières, pour le monde, on peut dire que les gens vivent avec pleins de couleurs, mais quand c'est l'atome, y a pas de couleur. Est-ce que tu as déjà entendu ?

E : non, pas du tout

K : tu as une idée ?

E : (quelques secondes de silence) non, désolée

K : non, non, ne dis pas « désolé », parce-que... Dernière question : le son, comment on peut percevoir le son ? Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ?

E : des ondes

K : des ondes. Qu'est-ce qu'il y a dans le contenu du son qu'on peut percevoir ?

E : différentes fréquences

K : différentes fréquences. Y a des matières ?

E : (silence)

K : ou bien simplement y a seulement des ondes

E : simplement des ondes

K : d'accord. Je te remercie

E : c'est moi, mais...

XII.

K : est-ce que tu peux te présenter ?

E : Je m'appelle **Kissi Ahmed**. Voilà, donc je suis en licence de sciences physiques. Je fais ça, bein parce-que euh, je veux être plus tard professeur, dans les écoles et les lycées, collèges-lycées plutôt. Euh sinon bein euh, mais euh, voilà.

K : d'accord. Je passe à la première question : le monde microscopique, le monde macroscopique...

E : bein, moi je l'arrête au niveau de la molécule, pour moi ça se sépare à ce niveau-là. Molécule c'est tout ce qui est palpable euh, pardon pas molécule, mais euh, macroscopique c'est tout ce qu'on voit, tout ce qu'on peut toucher, qui est assez assez grand quoi, qui est visible à l'œil nu, et après bein, je classe microscopique, bein tout ce qui est au niveau de la molécule, quoi.

K : est-ce que tu peux distinguer facilement une frontière entre le monde microscopique et le monde macroscopique ?

E : facilement, non. Sincèrement non. Là, comme ça, non, là je pense que c'est plus complexe que ça.

K : d'accord. 2^{ème} question : si nous avons la taille d'une molécule, qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ?

E : (rires) (quelques secondes de silence). C'est vrai que pour la spontanéité, je suis pas super, je suis pas tout à fait spontané. Si on a la taille d'une molécule, bein euh je sais pas, on verrait que ça c'est beaucoup trop grand pour nous.

K : on peut voir des molécules, on peut voir des atomes ?

E : si on a la taille d'une molécule ? bein c'est possible, ouais

K : est-ce qu'on peut voir d'autres choses ? dans ton imagination ?

E : dans mon imagination ? euh bein si, ouais je pense qu'on verrait des trucs bein maintenant nous paraissent invisibles, on ressentirait peut-être aussi plus les forces d'attraction, enfin tout tout ça, la frontière beaucoup plus forte

K : d'accord, je passe à l'autre question : nous utilisons plusieurs échelles... ?

E : ouais je pense que oui, on peut aussi essayer de trouver une échelle au niveau du proton et du neutron

K : qu'est-ce que tu peux dire par exemple

E : bein je sais pas, par exemple, si maintenant nous, on a tout définit par rapport à notre échelle macroscopique, bon bein l'humain se place par rapport à son niveau. Je pense que si maintenant, on devait prendre une référence comme le proton, bein ça serait cette taille-là quoi. On se baserait sur ça.

K : ça serait plutôt microscopique

E : quoi ce serait plutôt microscopique, effectivement, oui

K : d'accord. L'autre concept : on parle souvent du monde microscopique, du monde macroscopique. Il y a deux adjectifs... ?

E : vous voulez dire que si on peut mettre quelque chose au milieu, ou entre les deux ?

K : non, c'est juste au lieu de monde microscopique, qu'est-ce qu'on peut mettre

E : ah au lieu de microscopique - macroscopique. Bein je ne sais pas, on pourrait donner un seul terme, et puis dire petit et grand

K : d'accord

E : voilà

K : c'était ça c'est pour expliquer seulement

E : tout simplement ouais

K : d'accord. Autre question : le monde spectroscopique que signifie-il pour toi ?

E : bein c'est l'analyse des spectres

K : aujourd'hui c'est la science de la spectroscopie

E : ouais c'est ça

K : la science de la spectroscopie ça nous aide ?

E : ça nous aide ! ah effectivement ça nous aide, par exemple euh, là on va en chimie, on peut lire grâce à la spectroscopie, pleins de choses, des des, on fait des analyses des, pour savoir entre une molécule, pour la reconnaître

K : plutôt pour reconnaître le monde microscopique, le monde macroscopique, ou bien les 2 ?

E : bein je pense qu'on commence par microscopique, parce-que c'est ce qu'on définit au départ, mais en remontant on peut découvrir le macroscopique

K : par exemple, est-ce qu'avec la spectroscopie on peut découvrir des étoiles, une galaxie ou autre chose ?

E : bein j'ai peut-être pas beaucoup, enfin je veux dire je suis pas calé là-dedans, mais je pense que ouais pourquoi pas, parce-que bon bein, à partir du moment où on fait un spectre, on peut en trouver des molécules et on peut en déduire que bon ça appartient à certaines étoiles ou pas

K : d'accord. L'autre question : un photon... un photon immobile, si possible

E : un photon immobile ? non, ça m'étonnerait ! un photon par définition, c'est quelque chose qui bouge, donc qui n'est pas immobile

K : ça sera pas possible

E : je pense pas

K : d'accord. L'autre question : le verbe voir ; voir un objet atomique... ?

E : non, non, pour moi, non, ils ont pas tout à fait le même sens. Bein parce-que y en a un qui est dans dans un, dans notre entourage habituel, dire bein lorsque je regarde, je vois un objet macroscopique, mais il est entouré de pleins d'objets ; tandis que lorsque je regarde au microscope, bein c'est différent, c'est que, on voit que des molécules ou des atomes.

K : d'accord. A ton avis, pourquoi l'idée d'atome... ?

E : bein parce-que euh, je sais pas si on a découvert avant la molécule ou après, mais je pense que à cause de ces découvertes, bon bein l'idée a exister à partir de ce moment là

K : parce-que l'idée de l'atome existe depuis à peu près 25 siècles

E : 25 siècles. Et la molécule ?

K : 2 siècles à peu près

E : ah alors la molécule est beaucoup plus loin. Et on connaissait déjà l'idée de l'atome avant...

K : ouais avant la molécule. Pourquoi à ton avis ?

E : bein je pense

K : c'est plutôt, on a découvert avant ou bien on a réfléchi, on a pensé plus longtemps qu'avant. En fait les molécules c'est plus grand que

E : ouais c'est plus grand, ouais mais c'est peut-être parce-qu'on se disait étant donné que les molécules sont formées de plusieurs trucs, c'est obligatoirement, y a toujours quelque chose de plus petit, même aujourd'hui on pense toujours qu'il y a un truc plus petit que ça, qui a subsisté

K : d'accord. L'autre question : tous objets animés... ? Est-ce qu'on peut vérifier, comprendre facilement ?

E : comprendre, peut-être pas, mais on peut à la rigueur essayer, essayer de voir si effectivement on est constitué totalement d'atomes

K : par exemple, toi t'es déjà convaincu qu'il y a des atomes dans notre corps.

E : dans mon corps ? ouais, sûr ouais, là je suis convaincu, étant donné qu'il y a des molécules, et y a des atomes obligatoirement

K : et si y a des atomes autour de nous ou des molécules !

E : si y a des atomes, y a automatiquement des molécules, je veux dire c'est ça. Et si y a des molécules, c'est qu'il y a des atomes. C'est l'un engendre l'autre

K : voir un atome, toucher un atome...plutôt toucher un atome, toucher un atome. Est-ce possible ?

E : toucher ? Physiquement ?

K : physiquement !

E : un atome ?

K : un atome, toucher un atome.

E : ouais, mais, pour moi, c'est

K : de temps en temps on fait quelque chose, on utilise un objet

E : ouais

K : on touche

E : ouais y a un choc

K : on touche indirectement, mais est-ce qu'il y a possibilité de toucher, même si directement ou indirectement avec

E : bein directement oui. Bein comme là, vous avez donné l'exemple, je prends mon doigt, je touche. Comme cette table est constituée d'atomes, bein obligatoirement je touche les atomes

K : un atome

E : un seul ? ah non, lorsque je mets mon doigt, je touche des milliers, des milliers d'atomes, c'est, ça, c'est tellement petit que bein y a une concentration relativement importante. Bon maintenant, même avec des appareils super super précis, on pourrait pas le toucher.

K : pour l'instant, y a pas de possibilité

E : non

K : l'autre question : observer sans voir, on fait une observation mais sans voir, quelle est la signification de cette phrase ?

E : ouais sans voir. Bein justement c'est une question d'atomes. Je veux dire on est pas obligé de voir l'atome, on observe, mais on n'arrive pas à le voir concrètement. Ca revient sur la définition de tout à l'heure, vous avez dit euh : voir il a deux sens. (Bonjour). En fait, c'est ça, les 2 sens, y a le mot observer, puis y a le voir tout simplement, voir euh avec ses yeux, et puis

K : d'accord. L'autre question : pourquoi chacun observe-t-il... ? Même si on a suivi la même formation, on pense différemment, observe différemment. A ton avis pourquoi ?

E : pourquoi ? bein je pense que, parce-que bon, la nature de l'homme, elle-même, est complètement différente, je veux dire, chacun de nous, on est différent, physiquement et en plus mentalement, par conséquent, chacun de nous voit avec son propre esprit et sa manière de voir.

K : c'est donc l'esprit qui décide ?

E : bein disons, euh, c'est son raisonnement, chacun a un raisonnement qui est propre à lui-même, et c'est à partir de ce moment-là où il voit bein les choses différemment.

K : d'accord. Cette phrase : il regarde mais... ?

E : ils regardent mais ils ne voient pas

K : que signifie pour vous cette expression ?

E : regarde mais ne voit pas (rires)

K : on regarde mais on ne voit pas

E : bein, on n'est pas concentré

K : on n'a pas de concentration ?

E : ça peut être, par exemple, ne pas être concentré, je peux regarder un objet, puis pas du tout le voir. Je veux dire, je suis en train de penser à autre chose. Ca , ça peut être ce sens-là

K : pour voir, en même temps il faut réfléchir, c'est ça ?

E : ouais, mais faut réfléchir, effectivement. Par exemple, y a des gens qui tournent leur stylo, il regarde leur stylo il tourne, il regarde il regarde ce qu'ils font, mais il ne voit pas parce-qu'en fait leur esprit est ailleurs.

K : d'accord. L'autre question : quelle relation faites-vous entre les concepts... ?

E : bein photon, électron, proton. Bon proton et électron, sont liés parce-que l'un tient l'autre, enfin l'électron tourne, gravite autour du proton. Et euh, bein le photon, c'est c'est c'est la lumière, donc euh, on sait très bien que, on connaît enfin euh l'effet photo électrique, lorsqu'il y a un photon qui vient, il tape sur la plaque, bein il dégage un électron ainsi de suite, donc ils sont reliés parce-que bein, c'est des forces qui s'exercent les unes sur les autres.

K : d'accord. L'autre question : quelle est l'importance de la lumière visible, invisible... ?

E : quelle est l'importance de la lumière visible bein effectivement, c'est d'avoir la lumière, c'est de pouvoir se guider euh, la photosynthèse, tout ça, bein c'est essentiel à la vie. Invisible, bein euh, les UV, euh, je pense qu'ils doivent être utiles, sinon bein euh, on les utiliserait pas.

K : c'est utile en même temps

E : ouais, c'est utile bien sûr, ouais.

K : l'autre question : pourquoi la couleur... ?

E : ah la couleur c'est pas une propriété de l'atome ! (quelques secondes de silence). Bein peut-être que euh c'est pas la couleur qui définit l'atome, c'est l'atome qui définit par la suite les couleurs

K : pour les molécules, est-ce qu'on peut parler de la couleur ?

E : même euh, bein, je pense en fait que c'est euh, le fait, bein moi, je suis pas sûr, mais pour la couleur, c'est donné par euh, par euh, par un certain assemblage de de d'atomes, c'est ça qui, et en fait, c'est pas vraiment la couleur, parce-que on sait que la couleur ça vient de la lumière. Y a de la lumière qui est envoyée, et euh l'atome, enfin la molécule ou quelque chose, par exemple, ce bureau, bein il va tout reflété, il va il va il va absorber les autres, il va refléter juste celles que nous on va voir comme étant couleur. Donc, c'est pas le concept de couleur, nous on parle de couleur, c'est ce qu'on voit, mais en fait, c'est ce qui est rejeté, c'est une longueur d'onde qui est rejetée par l'objet en question.

K : d'accord. Dernière question : le vent, comment on peut percevoir le vent ?

E : comment on peut le percevoir ? oh la ! ça c'est une bonne question !! euh...

K : avec les yeux, avec...

E : avec les yeux ? non, je pense que c'est plus avec le visage, enfin avec les sens, je veux dire, on sent que que le vent nous passe dessus, que ça souffle

K : tous les objets de perception, plutôt ?

E : ouais voilà, je pense que, ouais c'est quelque chose, que bon bein, on a besoin de tout pour le ressentir.

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu à ton avis ?

E : pardon ?

K : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ? dans le vent

E : ah qu'est-ce qu'il contient le vent ?

K : qu'est-ce qu'il contient ? qu'est-ce qu'il y a ?

E : bein c'est euh (silence)?

K : c'est de la matière ? c'est des ondes ? ou les 2 ? ou bien encore d'autres ?

E : mais je sais pas si normalement y a de la matière, c'est ça. En fait, c'est c'est un déplacement, c'est un déplacement d'air, c'est juste l'air qu'il y a dans l'air qui est formé d'azote, d'oxygène et tout

K : c'est quoi les causes du déplacement plutôt

E : c'est c'est la dépression, c'est dû à la, c'est c'est, quand par exemple, on a un phénomène de haute pression, c'est comme une chambre à air, donc une chambre à air, vous la gonflez, vous prenez un truc, vous la percez. Ca va dégager de l'air, pourquoi, parce-qu'en fait y a une différence de pression, y a une pression plus haute dans la chambre à air que dehors. Donc, tout l'air qui a, l'air a tendance à vouloir toujours occuper le maximum de volume, donc il va sortir, il va se mettre dans la pression et c'est ça qui fait le phénomène du vent.

K : ah d'accord. A la fin si tu dis que, il y a des matières dedans, y a des molécules ?

E : oui y a des, ouais y a sûrement des molécules, y a l'air, l'oxygène, donc euh H₂O tout ça, donc effectivement, y a des molécules

K : c'est-à-dire ça fait partie de la matière ?

E : oui, ça fait partie de la matière en quelque sorte, oui

K : d'accord. Merci beaucoup

E : bein je vous en prie, j'espère que vous avez avancé



XIII.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : donc euh je m'appelle **Alice Masour** , j'ai 20 ans. Euh, donc là je suis en licence de sciences physiques pour devenir prof, mais je vais certainement passer la maîtrise l'année prochaine pour peut-être essayer de passer l'agreg. Euh sinon, quelle formation j'ai suivie ? bein j'ai fait donc après le bac, 1 an de prépa sciences physiques. Euh, après, j'ai intégré la fac, j'ai fait 1 an à Nancy pour ma 2^{ème} année de DEUG et me voilà en licence à Strasbourg. Donc, j'ai changé chaque année, et euh

K : vous êtes française ?

E : oui, oui, française, née à Mulhouse en Alsace. Mmm, alors quelles sont mes activités scientifiques ? euh, c'est-à-dire, euh ?

K : tu fais quelque chose en dehors de la fac ?

E : euh, oui, mais, pas d'activités scientifiques, (rires), ça non, voilà

K : d'accord, je passe à la 1^{ère} question : le monde microscopique, le monde macroscopique ça signifie quoi ?

E : euh, bien le macroscopique, c'est tout ce qui est à notre échelle, l'échelle humaine, et le monde microscopique, c'est ce que nous, on ne pourrait pas voir à l'œil nu, quoi, c'est pour ça qu'on utilise, par exemple, un microscope, euh

K : par exemple, pour les virus, ça fait partie du monde microscopique

E : microscopique, ouais

K : microscopique

E : ouais

K : est-ce que tu peux distinguer facilement celui-ci c'est microscopique, celui-là c'est macroscopique

E : bein, je pense que euh, enfin, nous on voit ça en gros euh , y a des choses qu'on peut voir, qu'on peut observer jusqu'aux insectes, c'est des choses qu'on peut, qu'on peut voir. Bon maintenant, après, tout ce qui est petites bactéries et tout ça, moi je le considère comme microscopique, mais euh, je je sais pas si la distinction est vraiment très nette entre les deux mondes.

K : si nous avions la taille des molécules... ?

E : euh, dans ce cas-là, euh, bein tout serait immense, immense, immense. Euh, il faut donner un peu une comparaison. Euh, je sais pas, donc euh (quelques secondes de silence). Mais je sais pas, par exemple, une table, euh, ça serait quoi un terrain de foot, euh, (rires), pour nous aujourd'hui, j'imagine, peut-être même encore plus, en fait, euh, dans les proportions

K : est-ce que tu peux voir facilement des molécules ou des atomes autour ? Si nous avons la taille des molécules

E : ouais

K : est-ce qu'on pourrait voir facilement ?

E : si on pouvait voir, ah les molécules !

K : on pense mais...voir

E : ah oui d'accord. Euh, ça je sais pas, je sais pas si on peut distinguer dans une matière les molécules, si on a la taille d'une molécule, je sais pas

K : on parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique

E : mm

K : est-ce qu'on peut mettre 2 autres adjectifs au lieu de microscopique et au lieu de macroscopique ? qu'est-ce que tu peux mettre ?

E : bein à la place de macroscopique, moi je dirais à l'échelle humaine, et euh, microscopique, euh, euh, ce qui n'est pas visible en fait.

K : d'accord. Le mot spectroscopie, que signifie pour toi ?

E : la spectroscopie ?

K : oui spectroscopie. Aujourd'hui c'est une science

E : ouais, euh, la spectroscopie, euuuuhhhh, bein c'est, (silence, réflexion) c'est, analyser euh une molécule euh pour euh, pour faire des spectres, en fait, euh qui vont nous permettre d'identifier les différents composants qu'on aura dans cette molécule et donc, euh, passer à une échelle inférieure que celle l'échelle de la molécule en fait et, connaître les constituants même de

K : c'est reconnaître plutôt le monde microscopique, reconnaître le monde macroscopique, ou bien les 2 ?

E : euh, (silence) bein en fait, quand on fait de la spectroscopie, on s'attarde sur une molécule donc, c'est le monde microscopique, pour pouvoir la la définir vraiment, savoir quels sont ses composants, mais après c'est des études qui vont servir dans le monde macroscopique parce-que le monde macroscopique, bein c'est un ensemble de molécules, donc c'est un ensemble microscopique, et à ce moment-là, on pourra connaître

K : tu te dis à peu près, c'est la même idée

E : oui, oui, bien, je pense, je pense que de connaître dans le monde microscopique, puisque c'est la même chose, c'est juste à une taille différente, ça nous permet aussi de mieux comprendre les choses macroscopiques

K : par exemple, pour les étoiles, les étoiles lointaines,

E : oui

K : on utilise en même temps la spectroscopie ? Est-ce que tu as déjà entendu ?

E : euh, non, ça je, je sais pas. Mais j'imagine que certainement

K : ce serait possible ?

E : euh, enfin ceci dit, il faudra avoir une molécule (rires), donc il faudrait être allé la chercher. Donc euh à mon avis, c'est plutôt des spéculations, euh en imaginant euh, quels seraient les constituants. Mais pour faire de la spectroscopie, comme nous on le fait en TP, il faut avoir la molécule, donc euh en tant que spectroscopie, à mon avis, c'est pas possible.

K : d'accord. Un photon

E : ouais

K : immobile,

E : oui

K : c'est possible ?

E : (rires). Euh... (silence) bein, en fait, euh, si on se place euh... c'est de la mécanique, et si on se place dans la mécanique classique, on pourrait le considérer comme immobile, mais si on se place dans la mécanique relativiste

K : ou bien cantique

E : ouais ou cantique, et bein, dans ce cas-là, à mon avis ça peut pas être immobile, mais je ne saurai pas vous dire exactement pourquoi (rires).

K : moi non plus. Voir un objet atomique... ?

E : quels deux verbes ?

K : voir, voir quelque chose, voir un objet atomique, voir quelque chose macroscopique, à notre échelle, on utilise le verbe voir

E : euh, je dirai pour le monde macroscopique, on observe, puisqu'on peut le faire à l'œil nu comme ça, et pour le monde microscopique, euh, on peut pas voir, ça c'est sûr

K : par exemple, est-ce qu'on peut mettre un autre mot au lieu de voir ? voir un objet atomique

E : euh, pff, non, je pense qu'on peut pas dire voir un objet atomique, mais je dirai qu'on peut dire voir un objet à une échelle donnée. Mais euh, voir un objet atomique, non, mais je sais pas ce qu'on pourrait mettre.

K : d'accord. A ton avis pourquoi l'idée de l'atome... pour l'idée de l'atome = 25 siècles, l'idée de la molécule = 1 siècle, 2 siècles

E : ouais

K : même si la molécule c'est plus grand que l'atome, c'est plus perceptible que l'atome, mais les gens, dans la pensée humaine, les gens ont trouvé d'abord l'atome

E : ouais, euh, pourquoi, bien je pense que comme le monde c'est quelque chose qui échappe beaucoup aux gens, les scientifiques, ils ont vraiment voulu l'étudier, et pour savoir à partir de quoi on était parti, qu'est-ce qui pouvait nous constituer, qu'est-ce qu'il y avait de plus petit qui pouvait exister, je pense que c'est ça, en fait la notion qui donnait envie de connaître jusqu'où on peut aller euh au plus petit, quoi. Je pense que c'est ça qui devait primer au départ, et en fait, de cette définition de l'atome, après ils se sont rendu compte de l'existence des molécules et tout ça (rires).

K : d'accord. L'autre question : voir un objet ou bien voir un atome, ou bien toucher un atome. Qu'est-ce que ça signifie pour toi ? ou bien plutôt toucher un atome, aujourd'hui

E : aujourd'hui, non, on peut pas toucher un atome

K : même à l'aide d'un appareil ? par exemple, comme ça, on utilise quelque chose, on touche un atome. Y a une possibilité à ton avis ?

E : euh (silence)

K : directement ou bien indirectement

E : donc voir les atomes, moi je pense que c'est avec des études, euh, euh bien, enfin oui, avec des microscopes, mais plus que des microscopes, je sais pas trop comment ça pourrait s'appeler, mais euh, donc là, je pense qu'on peut arriver à observer des choses, maintenant toucher des atomes, en tout cas pas à la main, ça c'est sûr, euh, je pense même pas, parce que les atomes ils sont utilisés surtout dans les centrales nucléaires et tout ça, et euh, et c'est vraiment une entité qui, enfin qui est protégée et tout, personne ne va toucher un atome quoi, donc euh, non moi je pense pas que toucher se soit possible en fait, même avec d'autres instruments, enfin je vois pas trop comment ça pourrait être fait

K : d'accord. Une autre expression : observer sans voir... ?

E : euh...(silence) bein c'est un peu tout, enfin pour toutes les sciences qui sont, euh qui sont très abstraites, qu'on peut pas forcément mettre en œuvre euh facilement, on connaît les propriétés, on sait ce qu'on devrait observer, donc ce qui devrait se passer, mais on le voit pas en tant que tel quoi, nos yeux euh, ne peuvent pas être témoins

K : par exemple, entendre c'est une observation, à ton avis ?

E : euh, entendre un phénomène

K : ou bien toucher un phénomène ? c'est une observation ?

E : euh, oui, oui, c'est une observation, ouais. Euh, mais par contre, enfin je pense que, enfin là, observer sans voir, euh, pour moi, ça voudrait pas dire observer dans le sens

toucher tout ça, ça voudrait dire euh, plus imaginer les choses, prédire un peu euh comment elles devraient se passer. Faire ce style d'observation, mais sans pouvoir les voir réellement, quoi

K : d'accord. Encore quelques questions, c'est la même idée peut-être pour toi : chacun observe... ?

E : euh, bein tout ça je pense que c'est plus euh

K : même si on a suivi la même formation, même si on a grandi quasiment dans la même culture

E : bein c'est ce qui fait l'identité humaine quoi, heureusement (rires), et donc on a des perceptions différentes, et je pense que ça vient du tout tout début de la vie où on est formé tous différemment. Maintenant est-ce que des vrais-jumeaux voient le monde exactement de la même façon, je sais pas.

K : il regarde mais il ne voit pas : qu'est-ce que ça signifie pour toi ?

E : euh... (silence) bein, enfin, c'est comme entendre sans écouter quoi euh, (rires), on peut voir des choses sans les regarder. Regarder, c'est c'est d'avoir un quelconque intérêt pour euh pour ce qu'on est en train d'observer et de regarder, je pense, de voir

K : d'accord. L'autre question : quelle relation fais-tu entre les concepts suivants : atome, élément chimique et molécule ?

E : alors euh atome...

K : élément chimique et molécule

E : euh, donc, euh, une molécule est formée d'atomes

K : tu peux distinguer facilement l'atome, la molécule, l'élément chimique

E : euh, donc pour moi l'élément chimique c'est c'est une molécule en fait, qui a des des propriétés chimiques, et euh, et cette molécule elle est formée de de différents atomes. Et euh, ah non puisqu'il y a les atomes qui confèrent les propriétés à la molécule, euh

K : c'est-à-dire pour les chimistes, il faut bien distinguer ces deux concepts. A ton avis.

E : mais je pense que c'est quand même bien abstrait, et là moi comme ça je sais pas, j'ai pas assez de culture chimique pour pour faire une distinction exacte, mais je pense quand même que c'est la c'est la molé, en tout cas, nous on étudie les propriétés chimiques d'une molécule qui est formée d'atomes, et maintenant, euh, un atome tout seul ça n'a pas vraiment de poids

E : ouais donc pour moi c'est euh, l'atome tout seul, c'est quelque chose à mon avis qu'on sait pas encore bien expliquer, c'est plus la molécule qu'on sait expliquer

K : d'accord. Même question pour la matière, force et énergie. Qu'est-ce que tu peux dire ?

E : euh

K : tu peux distinguer facilement, tu peux relier facilement ?

E : bein l'énergie et la force, euh bein ils sont reliés euh par euh par les lois de Newton, donc ça c'est, elles sont vraiment connectées quoi, on peut pas différencier une force d'une énergie. Et maintenant, la matière, euh bein la force ne s'applique pas sur rien, donc elle s'applique sur la matière, donc c'est quand même 3 choses qui sont liés quoi. Pour expliquer l'énergie, il faut savoir de quelle matière qu'on parle, et savoir quelle est la force qui lui est appliquée quoi

K : d'accord. Quelle est l'importance de la lumière... ?

E : euh, (quelques secondes de silence) bein la lumière visible, c'est l'une des choses qui permet, enfin qui permet, la vie sur la Terre, quand même, qu'il y ait le jour etc ; et euh la lumière invisible, je vois pas trop (rires)

K : les ondes électro- magnétiques ça te dis quelque chose ?

E : oui, c'est quoi, c'est quel est l'intérêt, quelle est l'importance, euh (quelques secondes de silence) bein l'importance, c'est une importance

K : quand tu parles de la lumière, ça veut dire présence des ondes électromagnétiques

E : donc euh, bein tout ça c'est utile pour tout ce qui est radio, télé, euh, enfin toute la technologie en fait qui a été fabriquée par l'homme, maintenant je sais pas si au moment où y avait pas toute cette technologie, c'était vraiment une lumière ou du moins des ondes qui avaient une activité puisque il devait bien exister aussi et c'était pas de montrer et utiliser comme il faut, mais je sais pas si c'était indispensable pour la vie, mais en tout cas, la lumière visible, euh, je pense que

K : le plus important c'est la transformation de l'information

E : ouais

K : avec la lumière invisible

E : ouais

K ; est-ce que ça peut être logique ?

E : de dire qu'en fait, une information elle se propage par la télé, tout ça

K : c'est pour...

E : mais je pense que, enfin, à mon avis, c'est certes important, mais c'est pas important au point de la lumière visible

K : d'accord, la lumière visible, c'est plus important ?

E : la lumière visible est pour moi plus importante, ouais

K : d'accord. Pourquoi la couleur n'est-elle pas.... ?

E : euh, pfff (quelques secondes de silence) pour moi, ça rejoindrait un petit peu la différence là entre atome et molécule. Dire que l'atome tout seul c'est pas quelque chose qu'on connaît très bien, et que en fait c'est l'ensemble d'atome, c'est une molécule qui a une couleur, c'est

K : pour la molécule, on peut parler de la couleur ?

E : ouais, mais à mon avis, pas pour l'atome, enfin je crois pas

K : d'accord. Pour l'odeur, comment on peut la percevoir

E : bein grâce à notre odorat (rires)

K : en utilisant en même temps les autres sens ?

E : euh, (quelques secondes de silence) chaque sens est indépendant

K : est-ce qu'on peut percevoir d'une autre façon ?

E : euh, bein la bouche je pense. Enfin, oui et non, parce-que, (quelques secondes de silence) on peut dire quand même que c'est indépendant dans le sens où quand on a le nez bouché, on sent rien, mais d'un autre côté euh, par exemple je sais pas quand on mange des aliments et qu'on a le nez bouché, on dit qu'on sent pas le goût des aliments, donc ça veut bien dire que l'odorat et les papilles gustatives, c'est quand même reliés, parce-que c'est vrai qu'on apprécie beaucoup moins, je sais pas de la haute gastronomie quand on a le nez bouché, parce-qu'on est beaucoup moins sensible aux différences de goût etc, donc ça doit quand même être relié, je dirais

K : d'accord. L'autre question : qu'est-ce qui est contenu dans l'odeur ? c'est de la matière, c'est des ondes ? les 2 ?

E : c'est la molécule euh odorante, comme y a des molécules qui ont une couleur, y a des molécules odorantes je dirai

K : d'accord. Merci beaucoup

XIV.

K : est-ce que tu peux te présenter?

E : donc euh, j'ai 25 ans, je suis **salariée**, je travaille à côté en tant que pionne, enfin en tant que surveillante dans un lycée, et donc oui, j'aimerais faire prof plus tard. C'est c'est pour ça que j'ai choisi cette filière, scientifique. Voilà

K : 1^{ère} question : le monde microscopique, le monde macroscopique, que signifient pour toi ?

E : (rires) c'est philosophique (rires). Le monde microscopique, euh, et bein ça appartient à une certaine mesure déjà. Donc, pour le monde microscopique, c'est déjà ce qui n'est pas observable à l'œil nu (rires), et le monde macroscopique

K : est-ce que tu peux les distinguer facilement, par exemple y a un objet, tu peux dire c'est macroscopique, ou tu fais une observation, c'est quelque chose de microscopique. Tu peux distinguer facilement ?

E : distinguer facilement ? Mais disons qu'à partir du moment où je le vois à l'œil nu, pour moi, c'est ça fait partie du monde macroscopique. Et à partir du moment où il faut d'autres outils pour pouvoir observer, ça fait partie du monde microscopique

K : par exemple, pour les virus, on utilise le microscope

E : oui

K : on peut voir à l'œil nu ou avec un appareil.

E : oui avec un appareil

K : c'est quelque chose microscopique ou macroscopique ?

E : euh (réflexion) le virus. Je serai quand même tenté de dire que c'est microscopique, parce-qu'on a besoin d'un appareil, enfin on a besoin de l'adaptation de la vue, pour voir ce qu'on ne peut pas voir comme ça, euh, ce qu'il y a autour de nous. Donc pour moi, tout ce qu'on peut voir à l'œil nu est macroscopique encore une fois, et à partir du moment où on a besoin d'un outil pour le voir, ça devient, ça rentre dans le domaine du monde microscopique. Mais là, c'est faux, enfin, c'est pas tout à fait juste, parce-que par exemple les planètes et l'observation des astres c'est le monde macroscopique, et on a quand même besoin d'appareils. Donc, c'est vraiment à la limite, je sais pas comment, j'ai été claire ou pas, enfin tu vois ce que je veux dire ?

K : non, non, tu dis ce que tu veux

E : oui, bein voilà, pour moi, c'est ça. C'est, un virus, je le mettrais dans le monde microscopique quand même.

K : d'accord, parce-que ce qui compte pour moi, c'est l'idée seulement. Parce-que chacun observe différemment, chacun a des idées différentes, c'est pour cela que la science avance. L'autre question : si nous avons la taille... ?

E : qu'est-ce qu'on verrait autour de nous ? bein, on verrait pleins de molécules, ailleurs (rires), on verrait d'autres molécules. Bein, on verrait d'autres molécules, et, enfin, ça si vous voulez, pour moi, une image euh, la taille des molécules et la taille des atomes, si on reprend le référentiel, on retranscrit le monde moléculaire, bein on se retrouve comme sur Terre, euh face à l'univers. Voilà comment moi je vois, enfin, si en tant que molécule, je verrais ce qu'on voit nous en tant que enfin, ce qu'il y a dans le monde, dans l'univers, voilà comment, voilà

K : d'accord. On parle souvent du monde microscopique et du monde macroscopique. Si on essaie de mettre deux autres adjectifs à la place de microscopique et macroscopique, qu'est-ce que tu peux mettre ?

E : au lieu de microscopique et macroscopique ?

K : mm

E : euh, (quelques secondes de silence) je pourrai pas vous dire. Je pourrais pas vous dire parce-que j'ai pas le vocabulaire qui va avec (rires). Donc à la place de microscopique euh. (quelques secondes de silence) Bein, microscopique, je dirais infinitésimal, mais je sais pas si c'est, voilà infinitésimal pour microscopique, et gigantesque pour macroscopique, en gros

K : le mot spectroscopie, qu'est-ce qu'il signifie pour toi ?

E : (rires) euh, spectroscopie.

K : spectroscopie

E : qu'est-ce que ça signifie pour moi ?

K : de temps en temps on entend le mot spectroscopie, parce-qu'on l'utilise souvent dans le monde, dans la science

E : ouais. C'est (quelques secondes de silence), c'est une étude bein microscopique des composants chimiques, par le biais de différentes méthodes spectroscopiques justement, donc par l'étude de spectres, en gros. Euh, mais c'est une étude pour moi, dans le monde enfin, moléculaire, donc on revient dans le monde microscopique, ouais.

K : quelle est son importance ?

E : quelle ?

K : quelle est son importance dans notre vie ? La spectroscopie ? Aujourd'hui, c'est une science

E : euh, l'importance ? Mais après est-ce qu'on est d'accord avec tout ce qui se passe aujourd'hui, ça c'est une autre question (rires), personnellement je suis pas tout à fait d'accord, mais à quoi ça... ça a pris une place parce-que l'homme veut savoir exactement à quoi ressemble la chose et veut absolument toucher, ce qu'il ne peut pas toucher, donc c'est un intermédiaire la spectroscopie, on peut, on peut s'imaginer la forme d'une molécule, euh grâce à des spectres en fonction des ondes

K : c'est quelque chose qui fait connaître le monde microscopique ou le monde macroscopique ?

E : j'ai pas compris

K : pour un spectroscopie qu'on utilise... visualiser quelque chose ou bien comprendre le monde caché

E : oui

K : le monde de la spectroscopie, c'est plutôt microscopique ou macroscopique ?

E : euh, (quelques secondes de silence) c'est plutôt euh, c'est une révélation du monde microscopique, ça nous révèle la composition, par exemple d'une solution, qu'on peut pas voir à l'œil nu, enfin ce qu'il y a en tant que molécule à l'intérieur d'une solution que l'on peut voir à l'œil nu, la solution on peut la voir, mais les molécules à l'intérieur, on peut pas les voir, donc en faisant plusieurs spectres RMN, infrarouge et UV, on peut essayer de...de définir, euh, enfin définir, de se représenter la molécule qui compose la solution

K : pour les étoiles lointaines, qu'est-ce qu'on peut dire. On peut utiliser la spectroscopie ?

E : alors ça c'est pas mon domaine, donc je peux pas vous répondre complètement, mais il me semble que les étoiles, oui, puisque, puisque c'est des UV et c'est des rayons, enfin on reçoit des rayons, enfin, oui les étoiles, vu qu'elles émettent des longueurs d'ondes qui vont du, bein de l'infrarouge à, au bien plus petit, à l'UV, ouais on peut s'en servir, je pense

K : c'est-à-dire on peut l'utiliser partout dans la science ?

E : est-ce qu'on peut l'utiliser partout dans la science ? bein oui. Oui dans la science d'aujourd'hui, oui ça peut s'utiliser dans tous les domaines

K : dans les sens, ce qui nous arrive, c'est plutôt le sens de microscopique, parce-que on sait bien que les molécules, les composantes, plutôt le sens microscopique, mais pour la spectroscopie en même temps, on utilise le monde

E : enfin, mais par contre, c'est plus le monde macroscopique terrestre je pense, c'est astral, enfin c'est cosmique, donc c'est encore au-delà, c'est un monde

K : le monde cosmique, aussi on peut dire

E : oui, cosmique, ouais, plutôt pour ça, ouais

K : lorsqu'on parle du monde visible et invisible

E : (rires) ah bein il faut lire Merleau-Ponty, non mais là, c'est des questions philosophiques

K : Merleau ?

E : Merleau-Ponty. Euh c'est quelqu'un qui s'est intéressé justement à l'esthétique, et par là à la visibilité, au visible et à l'invisible. Et donc, par exemple, c'est quelqu'un qui va parler de pourquoi est-ce que le tableau ne remplacera, enfin la photographie ne remplacera jamais le tableau ? Parce-que justement dans un tableau, le, enfin, le peintre va mettre en

avant et ce qu'il a vu, et ce qu'on peut pas voir, donc ce qui fait partie de du monde sensible, enfin de de de l'émotion, si vous voulez. Donc, euh, le monde visible et invisible, c'est c'est très très, c'est imbriqué pour moi, c'est pas du tout

K : c'est pas quelque chose de distinct

E : non, c'est pas distinct. Pour moi, c'est tout ce qu'on voit, y a quelque chose qu'on voit pas en-dessous, enfin, ça fait partie... mais ça, je vous dis c'est, la science le prouve mais euh le monde aussi le prouve, la société aussi le prouve, donc euh...enfin, vous voyez pour moi, c'est...

K : c'est compliqué

E : ouais, c'est..., voilà

K : un photon immobile, y-a-t-il un sens pour toi ?

E : pfff... ça a pas de sens ouais. Un photon immobile qu'est-ce ça ? (quelques secondes de silence). Un photon immobile, euh, c'est pas possible (rires). Pour moi, c'est pas, c'est inconcevable, parce-que pour moi un photon, c'est de l'énergie et l'énergie il, c'est quelque chose qui est en mouvement, enfin c'est quelque chose qui n'est pas statique, c'est pas euh, puisque l'énergie est à la base du travail et qui est à la base du déplacement, c'est c'est un monde en perpétuel mouvement, donc euh un photon immobile, qui ne bouge pas, pour moi ça a pas de sens, maintenant, peut-être que ça existe, je sais pas (rires).

K : Pour moi, la même chose

E : voilà, donc ça, ça fait partie du monde invisible, qui pourtant, c'est la lumière de tous les jours

K : en fait, c'est ton imagination, pour certains le photon immobile, il existe dans l'imagination

E : oui, oui, pour moi, il n'existe pas

K : d'un autre côté, le photon mobile aussi c'est dans l'imagination personnelle ?

E : oui, oui bien sûr. Mais pour moi le photon immobile, pour moi un photon, dès que je l'imagine, il est en train de

K : passe

E : il passe exactement ouais

K : d'accord. Une autre question : voir un objet atomique, voir un objet à notre échelle... ?

E : euh, (quelques secondes de silence) déjà je sais pas si on voit, ou si on regarde. Je pense que déjà, on regarde ce genre de chose, parce-que c'est pas des choses qu'on voit euh, euh. On en est où là ? Vous pouvez me répéter la question ?

K : 8^{ème} question : voir un objet atomique...

E : mm. bein pour l'objet atomique, je mettrai observer un objet atomique, et regarder à notre échelle. Pour moi je transformerai les 2 verbes

K : mmm. en fait, c'est, les 2 verbes sont différents

E : mm. oui pour moi, c'est pas pareil, oui

K : d'accord. L'autre question : à ton avis pourquoi l'idée de l'atome...

E : que l'idée de molécule ?

K : parce-que l'un ça fait 25 siècles, l'autre à peu près 2 siècles, y a une grande différence

E : ouais, bein parce-que je pense que les justement c'est, comment ils s'appelaient euh ? (quelques secondes de silence)

K : Démocrite

E : ouais voilà, Démocrite, toute cette, enfin ces présocratiques on va dire, ils ont été très forts, et euh, je pense que c'est en observant le ciel. Parce-que dans le ciel, on voit des atomes, enfin si on se replace à notre échelle, ça pourrait être des atomes, alors qu'on voit pas forcément les les molécules, donc cette interaction et les galaxies et tout ça, on les voyait pas à l'œil nu. Et je pense que c'est comme ça qu'ils se sont dit euh qu'il y a des atomes, enfin qu'ils ont fait des sphères isolées pour euh, pour se représenter euh le monde microscopique

K : d'accord.

E : parce-que après, enfin à partir, parce-que, pour moi voilà, la galaxie ça pourrait être l'équivalent d'une molécule... à notre échelle hein bien sûr, mais euh, je veux dire le, l'amas de de de cannettes et de de d'astres, ça serait à peu près cette espèce de molécule, que nous on étudie aujourd'hui. Mais euh, ce qu'on voit c'est des étoiles, donc isolées, donc on voit des espèces d'atomes isolés, enfin. Moi comment j'expliquerai ça, j'expliquerais enfin comme ça, maintenant c'est de l'imagination comme dit, hein (rires).

K : l'autre question : tous objets animés ... ?

E : ouh là là là !! euh

K : on a des atomes, des molécules dans le corps, est-ce qu'on peut prouver, est-ce qu'on peut vérifier ? Est-ce qu'on déjà convaincu qu'ils existent ?

E : les atomes ?

K : des molécules dans notre corps

E : euh. (quelques secondes de silence) Dans notre corps, oui, puisque, enfin la biologie euh c'est, c'est la science des molécules, enfin dans dans le vivant mais, euh, euh, le prouver, je sais pas comment je le prouverais, mais oui c'est, on est fait d'atomes.

K : pour toi, t'es déjà convaincue, y a pas de problèmes

E : euh, non, mais moi je suis convaincue de rien, hein (rires). Je suis convaincue de rien du tout, mais euh, non je dirais que je peux l'accepter, cette cette représentation du monde me satisfait. Le fait qu'on se dise qu'on est effectivement que des poussières d'étoiles, donc qu'on est fait d'atomes et de molécules, ouais. Ca ça, oui, c'est comme ça que je peux voir la chose

K : une autre question : voir des atomes et toucher des atomes

E : ça, ça a pas de sens. Qu'est-ce que ça signifie ? et voilà. Bein pour moi, ça c'est possible. Enfin, ça, ça fait partie, c'est comme Dieu, euh

K : voir c'est possible ?

E : oui. (quelques secondes de silence) pfff. Non, c'est pas possible de voir des atomes. Enfin, si y a le microscope électronique, enfin des choses... mais ça restera euh, y aura quand même le doute hein, le doute de ce qu'on voit. Pour moi, c'est comme euh, c'est comme la conception de Dieu quoi, c'est vraiment quelque chose euh. On est, l'esprit humain est assez intelligent, on va dire, pour conceptualiser, mais j'ai l'impression qu'on aura jamais la solution finale, vous voyez, on aura jamais le, on pourra jamais le toucher donc effectivement.

K : surtout pour le toucher y a pas de sens ?

E : j'ai du... moi, j'ai du mal à... toucher les atomes, mais, ça veut dire, encore une fois qu'est-ce que ça veut dire ? Si vous me parlez d'atomes isolés, ça a pas de sens, maintenant je touche là, je touche des atomes. Enfin le reste, c'est des atomes, on est tous des Donc voilà

K : d'accord. Observer sans voir. Que signifie cette expression ? Parce-que les scientifiques utilisent ces mots depuis depuis un siècle ou deux siècles.

E ; ouais observer sans voir

K : observation mais sans voir

E : sans voir. Et bein

K : mais aussi on peut, on peut utiliser aussi voir, mais plutôt observer sans voir

E : (quelques secondes de silence) observer sans voir, ça me paraît un petit peu bizarre. Non, mais après, il faut que

K : on ferme les yeux, on fait le TP.

E : la science a toujours avancé comme ça : elle a d'abord posé des des vérités, et après euh, des siècles après, elle les a vérifiées par l'expérience, donc alors après, est-ce que ce serait ça, observer donc ? Mais observer sans voir, ça... non, pour moi, ça a pas trop de sens

K : par exemple goûter, toucher, sentir quelque chose, c'est une observation

E : (quelques secondes de silence) bein alors le verbe voir n'a pas sa place ici (rires). Oui. (réflexion) mais l'observation, c'est quand même euh, c'est quand même les 5 sens réunis

K : on peut, il faut qu'on les ait en même temps, tu dis ?

E : voilà, il faut qu'on ait les 5 sens, donc qu'on puisse voir, sentir, toucher, goûter s'il le faut, entendre, si on peut entendre, mais (hésitation)

K : tous les moyens de perception

E : voilà, mais avec la réflexion derrière, parce-que sinon, ça veut dire euh, ouais. Mais je sais, mais après voilà, les scientifiques aujourd'hui, ils avancent, mais ils savent pas où ils vont hein. Ca faut pas l'oublier

K : (rires)

E : non, non, mais c'est, ça c'est, parce-que ne serait-ce que dans ce labo, il se passe des choses, je sais que les étudiants ne le savent pas, enfin ne serait-ce que la pollution des eaux, c'est un truc euh, on avance sans le voir peut-être

K : d'accord. Encore quelques questions : pourquoi chacun observe-t-il différemment... ?

E : parce-que chacun a sa représentation

K : différente ?

E : bein oui, puisque

K : même si on a suivi la même formation, même si on a grandi dans la même culture, dans les mêmes

E : mm. De toute façon, on sera jamais, on pourra jamais euh, y aura jamais 2 individus qui auront euh un passé sociologique identique d'une, une euh une composition physique et antique, donc euh pour moi voilà, on peut jamais, on peut se comprendre, mais on pourra jamais observer le monde de la même façon, oui

K : d'accord. L autre question : on a déjà discuté : on regarde mais on ne voit pas

E : mm on regarde mais on ne voit pas. Moi je mettrai, je mettrai l'inverse en fait, je dirai qu'on voit mais on ne regarde pas. Pour moi, voir, c'est, c'est c'est ouvrir les yeux et prendre euh, donc euh, la lumière sur la rétine : ça c'est voir; regarder c'est faire une mise au point, je regarde le livre, là je le vois mais si je le regarde, je lis. Enfin pour moi, ce serait l'inverse. C'est euh, on voit le monde, mais on ne le regarde pas

K : d'accord. C'est quoi la distinction ?

E : entre regarder et... euh

K : ce qui m'intéresse c'est

E : la distinction... voir c'est euh, (quelques secondes de silence) comment dire, c'est limite biologique ; regarder, euh, là rentre la réflexion et euh et tout le vécu de de de de de l'être humain qui portera son regard. Et c'est les, enfin les regards changent, c'est pour ça que les observations changent. Mais on voit tous la même chose, je veux dire là on voit une

pochette bleue par exemple, on voit la même chose, mais on la regardera de façon différente, si j'ai la même, je me dirais, « tiens, j'ai la même pochette », je la, on va la regarder différemment

K : d'accord. L'autre question : quelle relation fais-tu entre les concepts physiques photon, électron et proton ? y a 3 concepts, tu peux les distinguer facilement ? comment tu peux les relier, ces trois concepts ?

E : comment je peux relier ces concepts-là ?

K : oui photon, électron et proton

E : euh (quelques secondes de silence) bein, comment je relie ça ?

K : ils sont tous microscopiques au départ

E : oui, oui. Bein disons que, d'après nos études, hein, le proton et l'électron font partie de l'atome. Alors que le photon, lui il reste, ça reste un être à part, qui est de l'énergie pure. Donc euh, je relie, je relie électron, proton au sein de l'atome, donc au sein du côté chimique de la chose, et le photon, ce serait plutôt physique. Ouais voilà : électron-proton, je mets ça en chimie et l'autre en physique

K : d'accord. C'est la même question pour la matière, force et énergie

E : matière, force et énergie ? euh bein, l'énergie est à la source de la force, ouais c'est ça. Après la matière c'est euh le support des forces ou de l'énergie, parce-qu'on a d'autres formes d'énergies qui ne sont pas de la matière, donc voilà comment je relie euh

K : même question pour atome, élément chimique et molécule

E : atome, élément chimique et molécule ?

K : on utilise souvent atome, élément chimique et molécule, surtout dans la chimie

E : mm. euh,

K : par exemple atome et élément chimique

E : ouais, quelle est la distinction ? Bein, on va dire que

K : tu peux distinguer facilement ? tu dis ça ou ça ?

E : je dirai l'atome, mais c'est vrai qu'il y a une distinction, parce-que l'élément chimique, c'est celui qu'on a trouvé. C'est celui qui est dans le tableau périodique ; alors que l'atome, il se peut qu'il y ait encore d'autres atomes qu'on a pas encore trouvés, qu'on a pas encore observé donc, enfin observé, c'est pas l'observation mais euh, donc l'élément chimique, c'est l'atome qu'on manipule tous les jours, enfin, ceux, mais c'est vrai qu'il y a un abus de langage

K : un atome, y a pas un sens ? Un atome de fer, par exemple y a un sens ?

E : oui, oui, c'est un atome de fer, un atome à partir du moment où on a un atome, c'est que on a un noyau et des électrons

K : Il y a tous les caractéristiques de l'Atome.

E : mais de toute façon, c'est, y a un tableau périodique qui est très intéressant, on regarde les éléments chimiques à l'état naturel. Euh, rares sont les les atomes isolés, à part les gaz. Les gaz sont des atomes relativement isolés, les gaz rares. Mais le reste ça va par deux, c'est des molécules déjà. Dans la nature, ils se retrouvent pas à l'état d'atome, donc un atome de fer, non, c'est des cristaux de fer, enfin c'est des, c'est pas, ouais

K : c'est pas quelque chose d'isolé

E : non, c'est pas isolé, non. Mais l'élément chimique c'est celui qu'on a isolé, et qu'on a pu placer dans un tableau périodique voilà

K : d'accord. Lumière visible, invisible, quelle est importance dans notre vie ?

E lumière visible et invisible

K : les deux, de toute façon, ils ont tous des ondes électromagnétiques

E : ouais

K : même si

E : qu'est-ce que vous appelez la lumière invisible ? c'est quoi (rires). Qu'est-ce que vous appelez la lumière invisible ?

K : pour toi, il faut dire seulement lumière ?

E : non, non, mais, c'est la question, je sais. Est-ce que euh

K : parce-que pour moi, c'est plutôt l'utilisation : les gens qui l'utilisent comme ça ; lumière visible, ils parlent toujours de lumière visible, de lumière invisible

E : mm

K : c'est pour ça que je te demande : pour toi, c'est quoi le sens de lumière visible et lumière invisible dans votre vie ? Pour moi, si tu me demandes, pour moi, y a pas de distinction

E : mm, y a pas de distinction

K : pour moi, y a pas de distinction, seulement, ils ont tous des ondes électromagnétiques

E : mm, moi, je sais pas ce que sais que la lumière invisible, enfin je sais pas qu'est-ce qu'on appelle lumière invisible

K : la lumière violet

E : oui, mais c'est pas de la lumière. Enfin, qu'est-ce qu'on appelle lumière alors ? Voilà. Pour moi, la lumière est visible, après le reste, c'est des ondes électromagnétiques qui sont dans d'autres, enfin

K : c'est plutôt, les deux sensations ça s'appelle différemment, c'est pour ça qu'il y a une distinction. C'est pour ça que les gens utilisent lumière visible et invisible

E : mm, parce-que peut-être

K : une personne dit quelque chose, une autre personne dit autre chose

E : ouais, ouais, non, mais l'importance dans la vie d'aujourd'hui. De toute façon, la lumière visible, elle est, elle est, elle est capitale, hein, pour notre vie, enfin, l'animal a besoin de lumière visible, euh mais euh, l'invisible, bein

K : je te demande au lieu du visible, les ondes e.m. ?

E : mm, quels sont

K : quelles sont les importances ?

E : bein, il faudrait qu'on étudie ça beaucoup plus, parce-que ne serait-ce qu'avec les portables euh, faudrait qu'on sache ce que ça fait sur le corps, je suis sûre qu'on est soumis à ces ondes-là tous les jours mais on s'en rend pas compte, oui, ça fait pas partie de nos soucis, malheureusement, ça fait pas partie de nos soucis, sauf quand y a des gens qui vivent à côté des antennes et euh qui se retrouvent avec un cancer ou ce genre de chose, oui

K : d'accord

E : mais on s'en sert de plus en plus, oui, des ondes électromagnétiques, ça c'est sûr

K : une des dernières questions : pourquoi la couleur... ?

E : bein la couleur, c'est...(rires). On peut pas distinguer la couleur de la lumière visible. Donc à partir du moment où on peut pas voir l'atome, euh, comme ça aussi facilement, on peut pas lui attribuer une couleur

K : par exemple, pour les molécules, est-ce qu'on peut parler de la molécule de couleur ?

E : (quelques secondes de silence) bein, à partir du moment où c'est macroscopique, oui. A partir du moment où on a, par exemple, une solution, de je sais pas euh, une solution avec euh certaines molécules dedans, bein ça a une couleur, et là oui y a une couleur. Mais je sais pas si à l'échelle microscopique donc de l'atome, on peut parler de couleur. Je, j'arrive, moi j'ai pas, non, y a pas de couleur dans ma tête

K : d'accord. L'autre question : je te demande seulement comment on peut percevoir le vent ?

E : percevoir le vent ? (rires) par euh (quelques secondes de silence) pas par les sens, parce-que on peut voir le le vent

K : on peut voir ?

E : on peut voir... attendez. On peut voir euh, la conséquence du vent, donc, euh, des arbres qui bougent, donc on peut voir. On peut l'entendre, parce-que des fois, on entend le vent quand ça passe dans des petits, dans des petits chemins qui font certains, qui font du bruit. On peut le toucher, enfin, il nous touche, quand on le sent sur la peau, enfin, voilà, donc euh, ouais, c'est très sensible le vent, c'est euh

K : c'est-à-dire qu'on utilise toujours tous les sens de perception ?

E : on devrait ! mais (rires) on, pfff, je sais pas si

K : par exemple, si y a un vent doux, on peut le sentir

E : bein a partir du moment où on est dans le vent, on va le sentir je pense, oui. Maintenant, y a des vents, de toute façon y a toujours des vents, et y a des vents... bein ça, toute est une une histoire d'échelle, de proportion, je veux dire si le vent est très, très faible, c'est sûr que nous, on va pas sentir le vent. Mais euh, ça veut pas dire qu'il existera pas, enfin qu'il y aura pas de vent

K : dernière question : qu'est-ce qu'il y a dans le contenu ? dans le vent ?

E : dans le vent ? qu'est-ce qu'il y a euh, comme contenu ? bein, y a pleins, pleins, de particules. Pleins de particules déplacées justement par cette force et, et y a l'air aussi. Enfin l'air et les particules au sol ou de l'air

K : est-ce qu'on peut parler des ondes ? des ondes ?

E : pour le vent ? euh, pffff, des ondes

K : ce qui fait le mouvement, c'est ?

E : le mouvement ? euh, ouais, pfff

K : si y a un mouvement

E : le mouvement, il est du à ..., enfin le vent il est du à la rotation de la Terre sur elle-même. Il est du, au... enfin, aux différentes euh, comment on appelle ça ? bein à la météo on va dire ; c'est relier à ça, donc euh, c'est du à l'énergie, à la force et à la matière. On en revient à cette question, je veux dire euh, est-ce que (quelques secondes de silence) y a une énergie dans la terre puisqu'elle tourne sur elle-même, c'est... et cette énergie va créer du vent, oui. Enfin, qu'est-ce qui, oui, c'est la même, c'est l'énergie euh

K : c'est l'énergie ?

E : oui, pour moi, c'est toujours que de l'énergie, hein, de toute façon. Mais qu'est-ce qui, qu'est-ce qui fait que, y a, bon là et pas là euh, bon ça il faudra faire des études météorologiques (rires) pour pousser, mais euh, ouais

K : pour moi, c'est le fait de réfléchir un peu plus détaillé, j'ai choisi d'autres mots comme la chaleur, mais l'idée c'est de réfléchir un peu plus précis, c'est peut-être quelque chose de simple, mais on n'y pense

E : ah mais tout oui, mais tout est fait comme ça, je pense vraiment, tout. La moindre chose simple est faite de complexité, hein. La chaleur, c'est encore pire, la chaleur, c'est (rires) je peux pas vous définir la chaleur

K : y a de la matière dedans ?

E : bein il peut y avoir matière, il peut ne pas y avoir matière

K : par exemple

E : mais, bein, par exemple, euh (quelques secondes de silence), la chaleur euh au-dessus d'un feu, la chaleur qui y a au-dessus d'un feu, bein c'est pas de la matière. Enfin, c'est pas de la matière, et pourtant, si, c'est quand même de la matière, parce-que, c'est quand même des, de l'air, alors est-ce que l'air c'est de la matière, oui c'est de la matière, puisque l'opposé de la matière, c'est le vide (quelques secondes de silence), donc euh, si y a chaleur, c'est que y a pas le vide, puisque y aurait pas de chaleur dans le vide, donc c'est qui y a toujours de la matière, maintenant qu'est-ce que (quelques secondes de silence), enfin, comme dit je vois pas si vous voulez une réponse euh imaginée ou une réponse scientifique parce-que c'est pas une réponse scientifique que

K : pour moi l'imaginaire et le scientifique, c'est à peu près le même sens. Si on imagine bien, on a bien

E : oui, oui, je suis d'accord, mais des fois, on peut se tromper (rires) enfin (quelques secondes de silence), comment on peut percevoir leur existence ?

K : tu l'as déjà dit cette réponse

E : oui, non, non, mais je, faut réfléchir sur les questions. C'est, c'est très intéressant en tout cas (quelques secondes de silence). Oui on perçoit, pour moi, oui donc c'est sensoriel. Leur existence nous est prouvée par les sens

K : c'est pas, par exemple, l'oreille ou le nez

E : bein, ça c'est les sens

K : tous les sens ?

E : bein ça dépend, maintenant, l'odeur, effectivement c'est quelque chose de d'olfactif, mais

K : par rapport à notre nez, est-ce qu'on peut sentir l'odeur ? Pas sentir, on peut percevoir l'odeur ?

E : bein si on goûte, oui, si on le goûte, si on le met à la bouche, maintenant, faut peut-être pas le mettre à la bouche, mais si on le porte à la bouche, on peut quand même avoir euh, UNE perception de l'odeur

K : d'accord

E : je pense, je suis pas (rires)

K : d'accord merci beaucoup

E : bein, je t'en prie

Transcriptions des entretiens des étudiants en Turquie

[E = étudiant (s) : I (interviewer)]

I. (YAŞAR, Fizik I-NEF)

I: İsmim Yaşar, 21 yaşındayım, düz lise mezunuyum, Diyarbakır'dan geldim. Şu anda NEF deyim ama eğitimi FEF de görüyorum işte 1. sınıf.

I: Teşekkür ederim. Şimdi ben birinci soruya geçiyorum. Şöyle S1 senin için bunların arasında bir sınır var mı acaba? Nasıl bir sınır koyardın?

Y: Nasıl bir sınır koyardım? Bir sınır koyamam mikroskobik deyince çok küçük şeyler hatırlıyorum göremeyeceğim şeyleri, makroskobik deyince çok büyük şeyleri hatırlıyorum ama tam olarak sınır çizemiyorum.

I: S2.

Y: Şimdi mikroskobik durumda olan nesnelere görürdüm herhalde. Örneğin ne gibi birleşmiş daha büyük moleküller.

I: Atomları görebilir miydin?

Y: Hayır. Daha küçük olduğu için!

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum S3.

Y: Protonlar için?

K: Ne diyebilirdin?

Y: Şimdi bilgim olmadığı için birşey söyleyemiyorum ama çok çok küçük olduğunu belirten birşey bulurduk herhalde.

I: Yani onu kapsayacak bir isim.

Y: Çalışırdım, bulmaya çalışırdım.

I: Tamam şimdi başka bir soruya geçiyorum S5.

Y: Duydum da anlamının ne olduğunu bilmiyorum.

I: Sonra S6 yalnız bunlar metafizik anlamda değil?

Y: Görünür dünya çevremizde gördüklerimiz algıladıklarımız proton, nötron, elektron gibi yani v.b. şeyler.

I: Sanırım foton diye bir parçacık duydun ışık hızıyla yayılıyor, kütlesi yok bir parçacık S7.

Y: Işık hızıyla gittiği için sürekli hareket halindedir. Sudur hareket olur, elektrik akımı gibi olur. Durgun değildir zaten.

I: Durdurabilir miyiz, ya da durgun bir halde düşünebilir miyiz?

Y: Bence durduramayız!

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum. Soru diyor ki S8.

Y: Bence değildir çünkü birini kat ve kat büyüttükten sonra görebiliyorsun. Diğerini ise büyültmeye gerek duymadan görebiliyorsun.

I: Yani iki görme fiili farklı.

Y: Farklı.

K: Şimdi biraz felsefe var sırada. Atom fikrinin 2500 yıllık bir tarihi var. 2500 yıl önce insanlar atomun varlığına dair fikirler üretmeye başlamışlar ve ondan sonra bunun paralelinde bir de molekül fikri var yani bu da 200 yıllık bir olay. Ama atom fikri çok çok eskilere dayanıyor S9 neden olabilir?

Y: Mesela parçacıkları eğer kırarsak daha küçük parçacıklara ulaşıyoruz bunun daha da devam ettiğini görmüşler ve daha da küçük parçacıkların olacağını düşünmüşler ve ne bileyim...

I: Neden molekülü düşünmemişler?

Y: O an için onu tanımlamışlar olabilir. Belki o zaman atom dedikleri moleküller olabilir.

I: Şimdi günlük hayatımızda çok kullandığımız birşeyler var atomlar ile ilgili olarak. Şöyle S10 genelde moleküllerden yani. Buna nasıl ikna olabiliriz?

Y: İkna olamadım çünkü deneyler falan yapmadığım için örneğin elime bir kağıt aldım. Bu atom mu? Molekül mü ? Parçacık mı? Ufaladığımda bu ne oluyor şimdi bilemiyorum? O yüzden gözle gördüğüm için.

I: İnsan vücudunda moleküllerin var olduğuna inanabiliyor musun?

Y: Tanımlayamadığım için göremediğim için ikna oluyorum. Him... örneğin proton, nötron hiç görmedik bu yüzden ikna olmak mümkün değil.

I: Bizi ikna eden şeyler gördüklerimiz mi?

Y: Genelde araştırmanın sonucunda çıkanlar.

I: Şimdi son zamanlarda çok sık kullanılan iki terimden bahsedeceğim sana S11.

Y: Atomlara dokunmak! Örneğin şu kağıda dokunduğumuzda atoma dokunmuş oldum. Bir parçası sonuçta atom. Dokunduğum zaman atoma dokunmuş oluyorum.

I: Bir tanesine mi? Yoksa çoğuna mı?

Y: Çoğuna tabii ki?

I: Tek bir atoma dokunalım desek.

Y: O biraz zor çünkü parmağımız ne kadar küçük olursa olsun tek atomdan büyüktür.

I: Anlamı yok o zaman?

Y: Evet anlamı yoktur.

I: Şimdi bilim adamlarının kullandıkları başka bir terime geçiyorum S12.

Y: Küçük mikroskobik boyuttaki?

I: Görmeksizin gözlemek. Gözümüzü kapatıyoruz gibi birşey değil. Daha çok bu cümle senin için ne anlam ifade eder?

Y: Benim algılayacağım şeyleri düşünerek yorumlamak. Mikroskobik boyuttaki nesnelere atom gibi incelemek araştırmak.

I: Diyorsun ki mesela duymak bir gözlem midir? Tatmak bir gözlem midir?

Y: Duymak gözlem, tatmak gözlem!

I: Ama bunlarda bir görme olayı yok değil mi?

Y: Hayır yok.

I: Görmeksizin gözlemekte bu tür şeylerden bahsediliyor olabilir mi?

Y: Yani ne düşündüğüne bağlı, örneğin sesleri ayırt ediyorsak ses olur, tatları ayırt ediyorsak tat olur, dil olur, burun olur. Algıladığımız şeyler olur.

I: Birkaç tane sorum kaldı. Şimdi şöyle bir soruya geçiyorum S13.

Y: O, kişinin kendi hayatını yorumlamasından dolayıdır bence. Örneğin ben hayatımı şu şekilde yaşayacağım dersem gördüğüm nesnelere o şekilde yorumlarım.

I: Bu olaya bilimsel gözle bakmış olsak. Mesela sınıfımızda bütün arkadaşlarımız kimyayı seçti dışarıdaki kimselere göre daha bilimselsiniz yani böyle bir ortamda sınıfta herkesin farklı gözlem yapmasını nasıl yorumlarsınız? Biraz dış çevreden kopalım ve biraz bilimsel bakalım olaylara... Ama yinede insanlar olaya farklı bakıyor yorumluyor.

Y: İnsanların yapısı farklı şeyleri bulmak istiyorlar araştırmak istiyorlar. Farklı konulara yöneliyorlar. Ne bileyim o yönde düşünmeye çalışıyorlar. Dolayısıyla farklı şeyleri görüyorlar.

I: Şimdi benzer bağlamda başka bir soruya geçiyorum S14;

Y: Demin dedim, insanların bakış açısı örneğin ben bakarım şuraya atom var derim, bir başkası baktığında kağıt der.

I: Nedir bu görmemizi etkileyen şeyler?

Y: Bilimsel bilgi diyebilirim. Örneğin bize sorduğun şekilde bir şekil vardı. Ben onu su kabarcıkları diye düşündüm bir başkası farklı bir şey düşünmüş. Ben suyun buharlaşmasına benzettim ve onu yazdım. Belki de başka bir şeydi.

I: Şimdi başka bir sorum var. Şöyle S15. Bu kelimeler beraber bir anlam ifade ediyor mu senin için? İlişkilendirebilir misin?

Y: Maddeye bir kuvvet uyguladığımızda kinetik ve potansiyel enerjisi eşittir. Bu ucunu böyle birbirine bağlayabiliriz. Aralarında... Başka ne diyebilirim... Başka bir şey diyemiyorum S16.

I: Vardır. Foton hakkında pek bir bilgim olmadığı için yorumlayamıyorum. İşte elektron az çok, işte elektron (-) yüklü elektrik akımı içinde hareket ediyor. Elektrik akımı elektronlar vasıtasıyla oluyor (+) dan (-) ye.

I: Başka bir soruya geçiyorum. S19 bilim adamları böyle diyor sen ne dersin?

Y: Renk göz ile görülebilir birşey. Atomu göz ile göremediğimiz için rengi atoma bağlamak biraz yanlış olur diye düşünüyorum.

I: Hı hı... Renk nasıl oluşuyor sence?

Y: Güneş ışınlarının yansımaları gerekiyor. Bir ışın olması gerekiyor.

I: İsmi ben tekrar alayım mı?

Y: Yaşar.

I: Ben sana son bir soru soracağım. Him... Koku! Kokuyu nasıl algılarız?

Y: Kokuyu burundaki kılcak damarlar vasıtasıyla alırız.

I: Yani bir duyu organı ile!

Y: Evet.

I: Peki kokunun içinde ne var sence? Hiç düşündün mü? Yani algıladığımız şey maddemidir? Dalgamıdır?

Y: Maddenin çevreye yaydığı dalgalarıdır. Bu dalga buruna gelir. Madde dalga yayıyor bu dalga yalnızca buruna has birşey olduğu için yalnızca burun alıyor bunları. Örneğin burun ile kulağın algıladığı dalgalar ses dalgaları.

I: Bizim algıladığımız dalgasal bir özellik midir? Yoksa maddesel bir özellik midir?

Y: Bence dalgasal bir özelliktir. Çünkü duyduğunuz ses dalgasal olduğuna göre buradaki dalgasaldır.

I: Teşekkür ederim.

Y: Birşey değil.

II. (İSİMSİZ, Fizik I -NEF)

I: Kendini biraz tanıtabilir misin?

A: Artvinliyim şu an burada oturuyorum. İşte fizik öğretmenliğini kazandım buraya geldim.

I: Şimdi burada 20 tane soru var bunların bazılarını atlayarak sana sıra ile bu soruları soracağım. Şimdi birinci soru ile başlıyorum S1.

A: Mikroskobik dünya deyince atom boyutundaki çekirdekler, mikroplar, hücreler gibi kavramlar. Makroskobik deyince güneş ay gibi kavramlar aklıma geliyor.

I: Aralarında bir sınır var mı? Bir geçiş yani, şuraya kadar makroskobik, şuraya kadar mikroskobik?

A: Yani, makroskobik ya da mikroskobik bize göre yani. O da bizden çok küçük olanlar mikroskobik, bizden çok büyük, mesela bu bile bizim ölçeğimizde makroskobik diyemeyiz. Ama dünya güne bizden kat kat büyük olduğu için makroskobiktir.

I: Yani biz mi belirliyoruz?

A: Biz miyiz derken, bize göre makroskobik yani, **mesela bir mikrop' a göre atom belki mikroskobik değildir!**

I: Şimdi ikinci soruya geçiyorum ben S2.

A: **Sadece ben miyim mikroskobik boyutta yoksa bütün insanlar mı?**

I: Hadi herkes diyelim.

A: Eğer herkes o boyutta olursa yine şu an gördüğümüzden çok fazla birşey göreceğimi sanmıyorum.

I: O zaman sadece seni indirelim diğerleri kalsın, molekül boyutuna indir.

A: Mesela bu bina makroskobik gelecekti. Şu an makroskobik gelmediği halde, insanlar da böyle. Etrafımızda birçok makroskobik nesnelere olacaktı.

I: Etrafımızda molekül ya da atom görürmüydün?

A: Sanmıyorum göreceğimi çünkü nasıl diyelim şu anda nasıl bir dünyanın üzerindeyse dünyanın üzeri makroskobik molekülü dünyada normal boyutta birşey kabul ettiğimiz zaman biz dünya üzerinde molekül boyutunda gibiyiz ama atomları aktif olarak göremiyoruz.

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum S3.

A: Onlar mikroskobik atomun içinde oldukları için bize göre çok küçük yapılar olduğu için **mikroskopla baktığımız için mikroskobik diyoruz.**

I: Şimdi başka bir kelimeye geçiyorum spektroskopi S4. Spektroskopi adı altında bir bilim var biliyorsun.

A: **Maalesef ilk defa duyuyorum bu kelimeyi!**

I: Başka bir soruda görünür dünya, görünmez dünya terimlerini duyunca aklına geliyor S6

A: Görünür dünya deyince şu an nesnel olarak gördüğümüz her şey, görünmez dünya deyince yani melekler cinler o şekilde aklıma geliyor.

I: Mesela mikroplar görünür dünyanın bir elemanı mıdır yoksa görünmez dünyanın ya da virüsler?

A: Virüsler!

I: Örneğin mikroskop altına koyduğumuzda görebiliyoruz.

A: O bakış açısına bağlı dediğim gibi yani normalde görünmez ama. Mikroskopla bakınca görünür olabiliyorlar. Bakış açısına bağlı nasıl sınıflandırdığımıza bağlı.

I: Foton bir kelimedenden bahsediyorum duydun mu?

A: Evet.

I: Peki fotonun ışık hızıyla yayıldığını ve kütesinin olmadığını biliyorsun durgun bir fotondan bahsedilebilir miyiz?

A: Fotonlar sürekli hareket halindedir. Durgun bir fotondan bahsedemeyiz.

I: Tuttuk koyduk mümkün mü?

A: Hayır.

I: Şimdi görmek ile ilgili bir soruya geçiyorum S8.

A: Aynı anlamdadır. Sonuç olarak ikisinde de bazı aletlerin yardımıyla da olsa görüyoruz. Birşeyler hayal ediyoruz alanı görüyoruz. Mesela yıldızlara teleskopla, mikroplara mikroskopla bakıyoruz yani birini küçültüyoruz diğerini büyültüyoruz.

K: Şimdi Atom fikri ile ilgili bir soruya geçiyorum. 2500 yıllık bir atom fikri var ortaya atılmış ve hala geçerliliğini koruyor. Fakat bu konuda çok teoride ortaya atıldı ama çok eski bir tarihi var. Bunun yanında moleküller daha yakın tarihli 200 yıllık bir tarihi var. Atomlara göre çok çok daha büyük olmasına rağmen insanlık tarihi ilk önce atomları keşfetti. Sence bunun sebebi ne olabilir?

A: O dönemlerde insanlar incelenen maddelerle ilgili olabilir mesela incelediği maddeler moleküler halde değil atomlar halindedir belki. Yani her madde molekül halde değildir. Him... Çoğunluğu atomlar halindedir incelenen maddeden kaynaklandığını düşünüyorum.

I: Şimdi son zamanlarda popüler olan kelimeler var atomu görmek, atoma dokunmak. Özellikle tek bir atoma dokunmak senin için neyi ifade ediyor?

A: Tek bir atoma dokunmak imkansız. İmkansız değil ama atomların ancak bütününe dokunulabilir. Şu an masaya dokunduğumuz gibi. Şu an tek bir atoma dokunmamız imkansız mesela. Bunların içinden bir atom seçip elimi değdirmem de bana zor geliyor yani olsa bile hissedilmez.

I: Başka yine gözlem ile ilgili bir ifade var. Görmeksizin görmek bu terimin senin için anlamı nedir? Bilim artık görmeksizin gözlem yaparak ilerliyor diyorlar sen ne dersin bu konuda?

A: Bilim! Yani bulunan şeylerin ayrıntılı olarak görmeye gerek kalmaksızın ilerlediği. Bilim ilerliyor bilim adamları bunu gözlüyorlar gibi...

I: Mesela şöyle birşey sorarsan sanırım biraz daha açıklık getirebilirim bu soruya. Mesela duymak bir gözlem midir?

A: Duymak bir gözlem midir!

I: Kokmak bir gözlem midir?

A: Kokmak bir eylemdir.

I: Yani duyu organlarımızı kullanmak.

A: Gözlemdir.

K: Bunlar biraz daha açıklayıcı oldu mu? Görmeksizin gözlem olayına?

A: Evet oldu.

I: Bu paralelde başka bir soru sorsam. Mesela gözleri görmeyen biri için bilim var mıdır?

A: Vardır, diğer 4 duyu organını kullanarak bilim yapabilir.

I: Şöyle bir tartışma yapabilir miydik acaba o kişi ile?

A: Evet çünkü bir bilgiyi öğrenmek için önemli bir etkidir ama her şey değildir olmazsa olmaz değildir.

K: Birkaç soru daha kaldı şöyle. S13. aynı sınıfta olmamıza rağmen farklı bir gözlem bir yeteneğine sahibiz.

A: İnsanların istekleriyle ilgili bu yani. İnsanların çevresinde ne olmasını istiyorsa her olayı o yere doğru çekebilir ya da yaşadıkları ruh haline bağlı olabilir bu.

I: **Görmek istediklerini görür.**

I: Mesela sen şu anda dışarı çıksan baksan ne görürsün?

A: Ağaçlar, ağaçlar ağaçların arkasında binalar...

I: Halı sahaya bakmazsın yani!

A: Basket sahası da var ama ben sadece ağaçlara baktım.

I: Şimdi paralelinde şöyle bir soru var. S 14. sence bu ne olabilir?

A: Bakıp ta görülemeyen şey o anda bakan kişiye çok birşey ifade etmeyen şeydir. İnsanların yere baktığında görmek istediği şeyi görür diğer şeyleri görmediğini kabul eder yani görmez. Fakat başka birisi baktığında onun görmediğini görebilir.

I:Şimdi sana şöyle bir soru sorayım. Atom, molekül, kimyasal element arasında nasıl bir ilişki kurabilirsin? Özellikle atom ile kimyasal element arasında çok tartışma var.

A: Atom...Elementler atomlardan oluşur zaten.

I: Yani bir kimyasal element ile atom arasında ne fark vardır.

A: Element aynı tür atomların birleşmesinden oluşur. Atom tektir, elementin içinde birden fazla atom vardır.

I: Mesela ne kadar vardır bir demir elementinin içinde? Bir sınır var mı diyebilmek için? Tek bir atoma bir element denilebilir mi?

A: Denir.

I: Neden isimleri farklı acaba demir atomu, demir elementi?

A: **Şu şekilde olabilir. Nasıl cisim maddenin şekil almış hali ise elementte atomun kullanılabilir hali olabilir.**

I: Yine sabahki sorularda vardı renk ile ilgili bir özellik S19. Neden acaba?

A: Aynı renkte başka atomlarda olabilir.

I: Mesela tek bir tek altın, tek bir bakır elementinin rengi yoktur diyorlar sence bu nasıl oluyor?

A: Onlar birleştiği zaman renk oluşuyor o şekilde.

I: Neden toplu halde renkler varda tek olduklarında yok?

A: Çok küçük yapılar olduğu için, gözümüzle göremediğimiz için. Mesela havayı da gözümüzle göremiyoruz renksizdir diyoruz. Arada havada renkli bir gaz olduğunda onu görebiliyoruz. Çıplak gözle göremediğimiz için renksizdir diyoruz o yüzden. Eğer biz o boyutta olsak altını yine sarı olarak görebiliriz.

I: Şimdi son sorumu sorarak bitireceğim varlığını nasıl hissederim?

A: Dokunma hissi ile. Elimize deđdiđinde varlıđını hissederiz.

I: Őiddeti çok küçük olduđu zaman mesela yine hissedebilir miyiz?

A: Büyüklüđüne bađlı.

I: Sonuç olarak hissettiđimiz birŐey var deđil mi? Hissettiđimiz Őey sence nedir? Ne vardır içinde?

A: Hava akımı. Bir havanın bir yerden baŐka bir yere ilerlemesi.

I: Dalga mıdır? Madde midir? Ne vardır içinde?

A: Gazlar vardır. Hava yani.

I: Peki bu gazlar dalgasal karakterli mi?... Hani yayılan birŐey var ya dalga mı yayılıyor? Madde mi yayılıyor? Yoksa her ikisi birlikte mi?

A: Madde olduđunu düŐünüyorum.

I: Peki madde tek baŐına yayılabilir mi? Sonuçta birŐey taŐınıyor ya!

A: O zaman her ikiside olabilir madde olduđunu düŐünüyorum ama ikisi birlikte de olabilir.

I: Çok teŐekkür ederim.

A: nemli deđil.

I: İyi günler kolay gelsin.

III. et IV. (BAHTİYAR Altun 21 yaş, MURAT Tanış, 22 yaş, FEF-Fizik 3)

I: Kendinizi biraz tanıtabilir misiniz?

B: Bahtiyar Altun, 21 yaşındayım, fen fak fizik bölümü 3. sınıftayım. Şu seneye kadar bir bilimsel faaliyete katılmadım. Bu dönem projelerle birlikte çalışmalarımız başlayacak. Kısaca bu.

I: Siz

M: Murat Tanış, 22 yaşındayım, Balıkesir Üniversitesi, fen edebiyat fak, Fizik 3 sınıf öğrencisiyim. Şimdiye kadar bilimsel bir aktiviteye katılmadım. Bunun için destek de gerekiyor tabii ki, birilerinin yardımcı olması gerekiyor tabii ki. Birilerinin yardımcı olması ya da elinden tutması gerekiyor. Bundan sonra sanırım bilimsel anlamda çalışmalar yapabileceğiz.

I: Ben şöyle bir soruyla başlamak istiyorum. Bilimsel deyince ne anlıyorsunuz?

B: Daha çok tekniğe dayalı bir şeyler canlanıyor yani sadece doğaçlama değil de, temel bilimlere kitaplara dayanan, deneye dayanan, kapsamı geniş olan çalışma.

M: Bilimsel dediğimiz biraz daha deney düzenekleriyle, teorilerle, kitaplardan sıyrılarak yapılan çalışma. Bilimsel bir konuda yapılan çalışma. Belli bir konuda yapılan çalışma. Belli bir konuda A dan Z ye her şeyi yutmak uzmanlaşmak gibi daha çok deneysel olarak biliyorum.

I: Ben şimdi birinci sorudan başlıyorum S1.

B: Şimdi bildiğim kadarıyla bu “h” planck mertebesi mikroskobik ile makroskobik dünyayı ayırıyor. Bu sanırım mikroskobik üstü ise bizim için makroskobik. Öyle makroskobik elle tutulur gözle görülür merteye yani.

M: Bence makro-mikro arası tam ortası!

I: Acaba bir sınır var mı bu iki dünya arasında?

M: Belki koyulabilir ama! Tam olarak görüşüm yok.

I: S2

B: Moleküllerin boyunda olsaydık! Sanırım diğer mikroskobik şeyler bize makroskobik görünürdü. Etrafımız da bulunan şeyler sandalye masa gibi şeyler. Moleküllerin boyutunda olsaydık makro olacaktı. Bunlar tamamen görsellikle ilgili bir şey.

M: Moleküllerin boyutunda olsaydım mikroskobik duruma geçmiş olacaktık. Makroskobik olaylar değişecekti bizim için.

K: O boyutta olsaydınız moleküller, bağlar engel olur muydu siz yürürken?

B: Bizim için şöyle bir engel olurdu. Örneğin bizim için makroskobik dünyada ışık ve bir lazer var. Yani yoğun bir ışık, enerji katmanı bir engel yaratabilir. Kesici bir özelliği var, çok yoğunlaştırsak duvar şeklinde bile geçebiliyor. O bağlamda bizim için bir enerji olduğu için birebir etkileşime geçebilirdik onlar ile.

M: Arkadaşın dediği gibi. Etrafımızda birçok molekül olacaktı. Onlar daima etkileşim içinde olacaktı. Belki kolaylaştırıcı belki de sorun olarak karşımıza çıkabilirdi.

I: Şimdi diğer bir soru S3.

B: Mikroskobik diyebilirdim.

M: Tam olarak anlamadım.

I: Soruyu tekrarlıyorum S3.

M: Mikroskobik diyebilirdim bizim için.

I: Şöyle bir açıklama yapacak olursam. Soruların direkt olarak bir doğru cevabı yok. Bu yüzden açıklamanıza çok müdahale etmiyorum direkt olarak.

I: S4

B: Düşünmek lazım.

I: Biliyoruz mikropların bulunmasıyla bu boyut ortaya çıktı o günden bu güne kadar terim yerleşti daha aşağı seviyelere indi. Acaba bu terim yerine başka bir şey bulabilir miydik?

M: Şu an için düşünmedim.

I: Diğer bir soruya geçiyorum S5.

B: Bir sıralanma yani niceliğin nasıl diyeyim daha alt niceliklere ayrılması gibi bir şeyler gibi geliyor bana. Işığın spektroskopisi dediğimizde onun dalga boylarına ayrışması aklımıza geliyor. Bir proton spektroskopisi dediğimizde onu oluşturan çeşitli daha küçük parçacıkların sıralanması, ayrıştırılması, nitelendirilmesi.

M: Benim için direkt hemen ışık aklıma geliyor. Işığın yayılması bölünmeleri gibi bir şeyler.

I: Sadece ışık ile ilgili bir şey mi?

M: Diğer birçok atom olsun başka bir şey olsun spektroskopisi vardır. Benim için şu an ışık olarak tek aklıma gelen şimdilik bu.

I: Başka bir soruya geçiyorum S6.

M: Şu an gördüklerimiz bize yansıyanlar, kuşlar, kelebekler, şu falan baktığımda algıladığımız her şey.

I: Görünmez dünya.

M: Bizim disimizda mesela insanin gorebilecegi duyabilecegi belli bir dalga boyu var, onun disina cikamiyor. Mesele bir yarsanin sesini duyamiyoruz mesela ya da bocellerin sunun bunun araclarla yada incelemelerle gorup bulabilecegimiz seyler.

B: Benim diyecegim, tum gorunur seylerin kaynagi gunes, gunesten cikan isinlarin yasnsimarina gore goruyoruz. Hatta reklerin bile farkli isikta farkli goruyoruz. Bu gunes isiklarindan belli dalga boylari var 400, 700 A° nanometre arasi, bizim gozumuzun algilayabilecegi bolge burasi.Tabii ki bunun disina ciktiginda tabii gorunurluk olmuyor. Yani daha azindan ya da cogundan da goremiyoruz.

I: Baska bir soruya geciyorum S7.

M: Durgun bir foton yok bence. Foton dedigimizde bircok isik demetinin birlismesi ya da yayilmasi. Bunlar daima hareket olan seyler. Durgun olarak dusunemiyorum.

I: Sen ne dersin Bahadir.

B: Foton teoirisi ilginç gelmistir bana! Enerji taneciigi...

I: Eger isik hizinda fotonu durduramzsak ne olur?

B: Eger fotonun durgun olarak dusunursek hizinin olmadigi dusunmek demek, fotonun hizi enerjisinden kaynaklandigi icin energie yok anlamaina geliyor buda mumkun olmazdi sanirim. Eger dururursak enerjisi ya da sogurmus oluruz! Dushmeyiz yani!

I: Anlamini yitirir mi?

B: Evet.

I: Diger bir soruya geciyorum S8.

B: Ayni anlamda mi dir? Kismen ayni anlamdadir yani sonucta gormek kelimesi gozun algilaması yani elektrik bir uyaridir. Sen eger belirli araclarla gormeyecegimiz bir şeyi gozun algilayabilecegi sekilde uyarabilirsen gozun algiyabilecegi sekilde bu yine sinirsel bir uyaridir ve gorme olayi gerceklesir.

M: Bence ayni şey degildir. Mesela su an masaya baktigimizda normal gozumuze yansiyani goruyoruz ama mesela bir sivrisinek insana baktiginda deriyi filan degil direk damarlari goruyormus. Boyle bir şey yani. Bunda da eger biz direk olarak atomların disilislerini, kristal yapıları gormus olsaydik daha farkli gelebilirdi gozumuze. Bence farkli macroskopiye ve microscopiye gore degisiyor.

I: Simdi yine baska bir fikir var burada S9. Sizin bu konuda yorumunuz var mi?

M: Belki su anda en kucuk yapitasi atom, molekul daha cok atomun birlesmesinden olusuyor. Atom bulunmadan molekulun bulunmasi daha ters geliyor.

B: Benim yorumum. Bu teori ilk defa ortaya atıldığında maddeyi sürekli parçalarsak, sürekli ikiye ikiye belirli bir yere kadar küçültürüz ve teoride de bunun teori de atom olduğu düşünülmüş daha sonra bu her maddenin değişik bir atomdan oluştuğu düşünülmüş fakat bu atomları bir şekilde sentezini yaparsak birleştirerek başka maddeler oluşturulduğu görülünce molekül teorisi ortaya atılmıştır.

I: Ben yine atomlardan devam ediyorum S10.

B: Şimdi canlı varlıklar hakkında çok bir şey söyleyemeyeceğim çünkü çok kompleks bir yapıda her parçası farklı atomlardan oluşuyor.

I: Biraz zorlayalım. İnsanlar atomlardan yapılmıştır acaba insanları buna nasıl ikna edebiliriz?

B: İkna etmekten çok ikna olmaya çalışsak; insanın birçok dokuları var. Bunlar çeşitli DNA'lardan kodlanarak oluşmuştur. Siz o dakuyu bolerseniz yine doku olarak özelliğini konuşacaktır onun temel yapısını bulana kadar bu işlemi yaparsak bunu ispatlayabiliriz sanırım. Yani onun atomlarına kadar inebilirsek atomlardan oluştuğunu gösterebiliriz.

M: Bence olabilir.

I: Senin için insanları bıraktık ağaçları örnek verelim. Onlar için aynı şeyler geçerli. Biz nasıl ki suyun içinde H₂O 'dan oluştuğuna ikna olduysak, ağacın da yapısında bazı indigimizde mesela kopyalamadan bile insanın bir parçası alıp aynı ayrı şekilde yaratabiliyorlar yani mesela ağacında tek tek parçaları alıp incelediğimizde yad parçalaya parçalaya gittiğimizde belki birşeye ulaşabiliriz diye düşünüyorum.

I: Şimdi da ha çok son zamanlarda bilimde kullanılan kelimeler var. Size iki kelime soracağım. S11.

B: Sanırım bir deste bunu tartıştık. Şimdi biz atoma dokunmak mümkün değil diyebiliriz çünkü su anda teoride atomun çevresinde bulunan elektronlardır. Biz su anda nesneye dokunduğumuzda tepki tamamen elektronlardır. Atomun belki görebiliriz ama atomu abir yere kadar dokunabiliriz. Sonuçta çekirdeğe dokunmak mümkün değil.

M: Bence de öyle, şu an masaya dokunduğumuzda bizde bir his uyandırıyor mesela bir yere dokunduğumuzda işi ya da sıcaklık diye bir şey hissediyoruz ama ona bu tam olarak atom' a dokunmak anlamında değil. Bence tam olarak atomun yüzeyine dokunmak mümkün değil.

I: Yine benzer bağlamda size bir deyim soracağım S12.

M: Olabilir zaten gözlem illa da görmek anlamında değil alınan verileri bir şekilde karşılaştırmak; bunu dayanmak yani görmek gerekmiyor gözlem için.

I: Ben aynı soruyu Bhadr'a farklı biçimde soracağım. Gözleri görmeyen bir için bilim var mıdır?

B: Şüphesiz vardır. Çünkü herşey sizinde de dediginiz gibi görmek değildir. Him... insanların çeşitli hisleri var dokunmak, hissetmek, onları kullanabilir. Bilim yaparken gormenin şüphesiz

buyuk etkisi var. Gorme ozurlu bir insanda da maddeler douknma veya duyma. Biliyoruz iste ses dalgalari var mesela bunlari incelerken gozumuzden cok kulagimizi kullaniyoruz. Dalga boylarini bogumlarini incelerken. Yani hersey gormek degildir bence.

M: Engel de olurda tam olarak degil yani.

I: Gozlem yapmasina engel teskil edebilir ama onlar icin de bilim vardır.

I: Birkac sorum daha kaldı bitirecem soyle devam ediyorum S13.

M: Bakis acisidir yani. İnsan ilgi duydugu seye bakar olayı farklı bir şekilde gorur. Sevgisinden kaynaklanır biri normal bir agaca bakrigında agac gorur digeri daha farklı seyler gorur, yani incelemistir ya da bakmakla alakalı birsey. Herkes için farklı gorusmesinin sebebi hersey herkes için aynı şeyi ifade etmemesidir. Ben baktigimda sandalye yi algılayabilirim ama baskası bakrigında başka bir şey algılar, ihtiyaca falan...

I: Sen de dersin bahadır.

B: Evet bakmakla alakalı. Birde insanın yetismesi ile ilgili insanın yetistigi çevre önemli ilerisi için mesela ben su dolaba baktigimda bir dalga goruyorum, mesela çevreci bir insan o dolaba bakrigında farklı goruru orda ağacın kesilmesi falan onun için daha önemlidir, onun düşüncesi odur birde yetisme tarzı odur.

I: Kultur mu acaba?

B: Evet kultur, yetismesi ve içinde bulunduğu ortam. Mesela babınız bir bilim adamı olduysa evde sürekli deneyler yapıyorsa sizde bir bakıma onun gözünden dünyaya bakmaya çalışırsanız onun belki yaptıkları ile ilgilenebilirsiniz dışarıda çevrede gördüğümüz şeyler size daha böyle farklı bir anlam kazandırır.

I: Yine bakmak ile ilgili bir başka sorum var soyle S 14. bu az önce olduğu gibi aynı çerçevede incelenebilir birsey.

M: İstenileni almak ya da insanın isteği şeyi gorur ya mesela bir uc boyutlu resme bakar!

I: Olayları görmez, görmek istediklerini goruru?

M: Bir nevi öyle. Bir şekilde bir bakış açisi demin söylediğim gibi biri uc boyutlu resme bakar hiç bir şey görmez diğer biri gelir aynı resme bakar ya da nasıl bakılacağını sorar ve derinlemesine inceler. Mesela su masanın atomlardan oluşarak bu hale geldiğini bilen birisi daha farklı goruru.

B: Bence bakıp görememek eğitimle çok ilgili. Bir de kultur tabii eğitime de çok dayanıyor sonuçta birseye baktigimizde sahip olduğumuz temel bilgiler varsa yorumlamaı da değişir orda gördüğümüz şeyde değişir. Orneğin hiç eğitimsiz bir insan bir nesneye baktigında onu kendi mantığıyla bildiği kadariyle yorumlar. Birde orada göstermek istediğiniz şeye bağlı. Görmesini istemediniz şeyi her zaman görmeyebilir. Onu dünyasında nasıl yorumlar bilmiyoru?

I: Simdi uc tane sorum var arka arkaya bunlara kisaca cevap verebilirsiniz fazla seye gerek yok. Ben size terimler verecem onlar arasinda bir iliski var mi ? ilk olarak S15.

M: Kurulabilir, foton, elektron.

I: Mutlaka iliski kurmaya calismayin iliskisizde olabilir. Eger bir iliski oldugunu dusunurseniz bu nasil yorumlanabilir?

M: Kimya derslerinde gordugumuz gibi elektron, proton, notron birbirine baglantili aralarinda baglidir.

I: Sence nasil bir iliski var Bahadir.

B: Bence baglantili ayni mertebede oldugundan belki kaynaklaniyor. Mikroskobik olarak Him... bunun disinda...

I: Ornegin foton ile elektronu alirsak.

B: Foton biraz tabii elektrondan. Himm madde gibi dusunmuyorum fotonu daha cok enerji tanecigi onun sahip oldugu bir kitle cok dusuk elektrona gore. Belki elektronda kutlesi cok dusuk ama onun sahip olduklari nsail diyelim belki proton hissi vermez belki insana cogu zaman foton ile elektron, proton ile elektron birbirine biraz daha yakindir temel parcacik olarak dusunur.

I: baska bir soru bu defa S 16.

M: Bunlarin aralarinda iliski var aralarinda bir seye ya da bir cisme bir kuvvet uygulandiginda bu cisim kuvvetten dolayi bir enerji kazanir bu ne olur bu enerji ilerlemeye ya da bir sekilde tepki verir bunun. Aralarinda bir iliski var yani bir sekilde uyguladigimiz kuvvet geri doner yani.

B: Bence himm kuvvet maddeye uygulanabilir. Enerji gerekir bunun icin bir enerji varsa elimizde ornegin mekanik bir enerji bunu maddeye uyguladigimizda ortaya bu tur bir iliski cikar.

M: Mesela bir maddeye uyguladigimiz bir enerji sayesinde bir seyi yani yonlendirebiliyoruz onu. Hani isleyebiliriz yapmak istedigimizi yaptirabiliriz mesela bir araba benzin koydugumuzda ne yapiyor? , Calisiyor ilerliyor bir sekilde, bir topa bir enerji uyguladigimizda, kuvvet uyguladigimizda o top yuvarlanir ve gider yani bu bizim verdigimiz enerjiden kaynaklanan birseydir.

B: Birde maddye kuvvet ya da enerji verdigimizde maddenin enerjiye donusebilecegi durumlar var bunlar birbirine donusebilir.

M: Zaten yasadigimiz gordugumuz hersey buna bir isapat gibi birsey zaten.

I: Bir baska souyla devam ediyorum ayni mantikla S17.

M: Atom, molekul, kimyasal element?

B: Basit aslında atomlardan molekül moleküllerden elementler oluşur.

M: O şekilde yani.

I: Hım... ben şu an renk ile bir kavramı sormak istiyorum atom boyutunda şöyle S 19 neden?

M: Atomun rengi belki çok çok ufak parça olarak düşündüğümüzden dolayı belki çok küçük parçalara indigimizde belki görebilecek bir şey yoktur. Ama bir araya getirdiğimizde bir şeyler olabilir diğer şekilde çok çok aşağılara inildiğinde belki dalga boyu algılama olayı olabilir yani.

I: Mesela aynı şeyi moleküller için sorsam, moleküllerin renginden bahsedebilmeyiz?

M: Belki biraz daha büyüdüğü için olabilir yani çünkü şeydir yani normalde bizim gözümüzde göremediği bir dalga boyu var. Mesela onun altındakileri göremiyoruz. Aynı şekilde belki atom boyutunda inilemiyor olabilir belki o yüzden dolayı görülemiyor olabilir. Ama molekül atomdan daha basit bir yapı yani ufak değil, ya da molekülleri inceleyerek seviyeye gelinmiştir.

I: Sen ne dersin Bahadır?

B: Bence renk kavramı tamamen ışık ile alakalı olduğu için ışığı demin bahsettiğimiz eğer spektroskopisini ele alırsak belli dalga boyları var, görünür bölge diye bir kavram var. Hımm buda ikna olduğumuz bir şey gerçekten. Şimdi atom mertebesinde indigim zaman 10^{10} civarı $400 \text{ \AA} - 700 \text{ \AA}$ arası zaten renkten bahsedebiliyoruz, zaten çünkü sonuçta renk kavramı güneş ışığının yansıması ile oluşuyor ve hatta farklı ışıklarda renkleri farklı görüyoruz. Mesela beyaz ışıkta şu kavunucu bir renkse bu başka bir ışıkta başka bir renk oluyor. Bu yüzden biz atom mertebesinde görünür bölgede olmadığımızdan atom mertebesinde renkten bahsemeyiz, mümkün değil diye düşünüyorum.

M: Son olarak birkaç tane kavram var ben bunları sadece birer tanesini size soracağım mesela rüzgar Murat onu sanıl algılayabilirsin?

M: Rüzgar! Bir kuvvet gücü yani, esinti?

I: İçinde ne vardır hiç merak ettin mi?

M: İçinde bir şey yoktur bir havadır. Normal bir havanın aktarımıdır yani.

I: Yani sürüklenen hava midir? Madde midir? Dalga midir?

M: Vallahi Bilmiyorum ki...

I: Ben aynı şeyi Bahadır'a soracağım. Koku! Kokuyu nasıl algılayabiliriz?

B: Koku kimyadır. Kokuyu elektriksel bir uyarı diye tanımlayabilirim. Hımm.. burun da kimyasal çözünme sonucu bir elektriksel uyarı beyne iletilir ve beynin bunu yorumlaması diye tanımlayabilirim kokuyu.

I: kokunun icinde ne vardir? Maddesel birsey midir? Yoksa baska birsey var mi? Bu tur isi, koku, ruzgar gibi seyler biraz soyut geliyor degil mi?

B: Bak ayni seyi ruzgar icin sormus olsaydiniz birseyler bulabilirdim. Bu kimyacilarin konusu aslinda! İcinde tabii ki maddesel birseyden bahsedebiliriz. Bir maddenin bir gazin cozunmesiyle ortaya cikar bir belki bir gazin belki bir sey in birseyleri uyarmasi. Bunun icin bir madde olmasi gerekir.

I: Biliyorum ki koku da ruzgar gibi yayilan birseydir. Sizce yayilmasina sebep olan sey nedir?

B: Him...

I: Dalga krakterli birsey midir yoksa bir kuvvet uygulaması sonucu olur?

M: Bence kuvvet uygulanması ile ilgili birsey bu alkolun buharlaşması ve bizim algılamamız gibi birsey.

I: Sen ne dersin Bahadır?

B: Bu sey bizim kucuk yastan beri ogrendigimiz kolonyanın kapagini actigimizda zamanla butun sinifa yayilmasi molekullerin titresek ilerlemesi zamanla sinif ortamında hava ile homojenleşmesi. Diger bir ornel si icine bir damla murekkep damlattigimizda bunun su yuzeyine yayildigini gorebiliriz. Atomlar birbirleriyle etkilesir.

I: İlerlemeyi saglayan sey nedir?

B: Orada atomun sahip oldugu enerji him...

M: Atom kinetik enerjisidir. Carpissarak ilerlemeyi sagliyor ya!

I: Cok tesekkurler Murat, bahadır.

M, B: Biz tesekkur ederiz.

V. (ENVER Çelik, Fizik III-FEF)

I: Biraz kendinizi tanıtabilir misin?

E: Enver Çelik, Kırşehirliyim, Kırıkkale' den fen bilimlerinden geldim.

I: Şimdi sana yaklaşık 20 tane soru soracağım. Şu soru ile başlıyorum mikroskobik dünya; makroskobik dünya deyince ne aklına geliyor?

E: Mikroskobik dünya daha çok küçük şeyleri inceleyen, belkide atomu birşeyin ayrıntısına inen daha küçük mikroskobik denince zaten akla ilk gelen küçük şeylerdir. Makroskobik dünya deyince daha geniş bir açı ile daha geniş şeyleri inceler.

I: Peki şöyle desek S1 üste birşey düşünmedim.

E: Böyle bir şey hiç düşünmedim, olabilir de olmayabilir de yani çelişkili bir soru. Düşünmek lazım yani.

I: Belkide gerek yok!

E: Hayır olabilir ama kesin net bir çizgi biçimde cevap verilebilecek bir soru değil yani.

I: İkinci bir sorum görme olayı ile ilgili bir soru S2.

E: Moleküllerin boyunda!

I: Hiç bir şey değişmiyor sadece bizim boyutumuz küçülüyor.

E: Görüş açım ilk baktığım zaman daralır. Bunu bilimsel açıdan mı düşüneceğiz ya da.

I: İstedğin gibi düşünebilirsin ama üniversite de olan birisi için tabii ki bilimsel olması önemlidir. Yani kişinin bütün çabası, etkinlikler bilimsel çerçevede ya da bilimsel kültür içerisinde olmalı. Öğretmenlik yapsanda, başka bir iş yapsanda, kitap dergi okuma esnasında da bile bilimsel bakmakta fayda var diğer insanlardan farkın olmalı. Bundan sonraki düşünme aktivitelerin istersen hep bilimsel parantezde aktiviteler olsun.

E: Molekül boyutunda olduğumuzda onların yapısını anlar ve daha güzel bir tanım yapabiliriz. Yapılar hakkında, mesela biz şu anda vücudumuzun yapısını tanıyorsak, onların boyutunda olduğumuzda onların yapısını daha güzel tanıma imkanı olabiliriz.

I: Mesela vücudumuz moleküllerden yapılmıştır diyoruz acaba buna kolayca ikna olabiliyor musun kendi başına.

E: Oluyorum.

I: Ben moleküllerden oluştuğum ve kolayca ikna oluyorum.

E: Tabii ya sıkıntı yok!

I: Şimdi bugün bir yöntem hatta bir bilim dalı olan spektroskopiden bahsedeceğim S5.

E: Daha önceden birşey bilmiyorum ama öğrendiğim derslerde bir bağlantı kurduğumuz zaman. Yani atomları araştırmak için yani küçük parçacıkları molekülleri araştırmak için bir yöntem olabilir.

I: Mesela görünmeyen dünyayı görmeyi olanaklı kılan bilim dalı diyorlar.

E: Evet.

I: Böyle birşey demek aklına yatar mı?

E: Yatar tabii neden olmasın.

I: S6. Mesela mikroplar hangi dünyanın elemanıdır?

E: Bizim gözümüzün görebileceği bir görüş var görünür bölge dediğimiz atom molekül fiziğinde bir aralık var. Bunun dışında gözümüz başka bir şey göremez bu tabii ki dalga boyutundan kaynaklanan birşeydir. Bir önceki sorduğunuz gibi görünür dünya şu anki gördüğümüz şeyler, görünmez dediğimiz şeylerde: atomdur, moleküldür, mikropdur.

I: Sence bir foton kelimesi var. Yani onunla hergün birlikteyiz yani ftonsuz geçmeyen bir günümüz yok.

E: Evet.

I: S7.

E: Hım... ilkinde fotonun kütlesi yok, bir enerjisi var. Ama şöyle bir şey var enerjiye sahip bir şeyi durdurabilir miyiz? Tartışmak gerekir $E=hv$ foton enerjisi v frekans, acaba frekansı olan bir enerjiye sahip bir parçacık yerinde durabilir mi? Tartışmak gerekir.

I: Şimdi görmek ile iki sorum var S8. mesela elektron mikroskobu ile atomları gördük,ve şuraya bakıyoruz herhangi bir cisim görüyoruz iki görme eylemi aynı mıdır?

E: İki görme eylemi fiziksel açıdan aynıdır. Mesela ben bir olaya baktığım zaman birşeyleri görüyoruz araç kullanmadan ama mikroskop ile baktığımızda içindeki mercek yardımıyla görüyoruz. Ama olayda bir kimysallık yoktur. Çünkü doğrudan fiziksel bir şeydir, vardır.

I: Bundan sonraki soru biraz tarih ile ilgili zaman zaman karşılaşmışsınız. Atom tarihi 2500 yıllık bir tarihi var, moleküllerin 200 yıllık bir tarihi var. Şimdi buradaki merak konusu olan şey moleküller bu kadar büyük ve daha kolay farkedilebilir olduğu halde atom fikri önce doğmuştur?

E:...Moleküllerin daha büyük ve algılaması kolay. Molekülü oluşturan nedir? Belkide molekülü oluşturan atomdur.

I: Çelişkiden ziyade öyle yani.

E: Evet ... günlük hayatta da kıyaslayacak olursak onun yapı taşıdır önemli olan.

I: Amaç yapı taşını bulmaktı diyorsun yani?

E: Evet.

I: Şimdi... Tek bir atoma dokunmanın senin için ne anlamı vardır?

E: Biraz açarmısınız?

I: Birşeye dokunmanın anlamı hissetmektir yani işte ben şurada birşeye dokunuyorum, aynı mantıkla tek bir atoma ya da atom grubuna dokunmanın bir anlamı var mı?

E: Belki de biz günlük hayatta binlerce atoma dokunuyoruz. Farkında değiliz ya da algılayamıyoruz ya da algılıyoruz ama onun atom olduğunu bilmiyoruz sonuçta biliyorum ki dokunduğumuz şeyin yapıtaşı atom.

I: Mesela sana ilginç bir soru soracağım S12. böyle bir şey yaptın mı?

E: Görme eylemi yapmadan gözlemek...

I: Mesela duymak bir gözlem midir? Tatmak bir gözlem midir? Duyu organlarımızı kullanmak ya da bu çerçevede yapılan aktiviteler bir gözlem midir?

E: Şimdi gözlemin tanımını biraz açsak!

I: Herkes gözlem yaptık, gözlemlerimizin sonucu şu çıktı; gibi günlük dilde birçok kullanım var.

E: Bizim aklımıza gelen ilk şey inceleme birşeyin ayrıntısını görme.

I: Bilimsel literatürde daha çok gözlemek gözlem kelimeleri geçiyor ya.

E: Duymak bir gözlem midir? ... duymak! Ben şu şekilde bir bağlantı kuruyorum gözlemek birşey ile ilgilenmek, diğer bir şekilde birisi; size birşey söylediği zaman ilgilenmek olduğu gibi belkide biz gözlemedik yani!

I: Şöyle diyelim bir gün derse girdin gözlerin kapalı hoca atomları ve molekülleri anlatıyor acaba ne anlarsın? Duyduğundan birşeylere varabilirmisin yani! Yoksa bu ne anlatıyor mu dersin?

E: Şimdi tahta da gördüğümüz zaman ikna edici oluyor, yine aynı şekilde eğer gözümüz kapalı olarak dinlersek hoca verimli bir şekilde anlatırsa yine belki aynı şeyleri canlandırabiliriz. Mesela elektronların hareketini yörüngede göstermek için. Mesela saat yönündedir diyor çiziyor bu şekilde mesela gözümüz kapalı iken elektron anlatan hoca onu yuvarlak bir cismi saat yönünde dönen diye anlatırsa aynı çizimi görmeden de kafamızda birşeyler canlanabilir. Ama yine de sözlü olarak herşeyi anlatamaz mesela atomların dağılımı, yada kristal örgüde atomların nasıl dizildiği size diyebilir mesela kübik yapıda atomları yerleştirin. İşte siz o anda kafanızda bir kübik yapı oluşturursunuz onun köşelerine atomları yerleştirirsiniz bu açıdan belki. **Ama ikisinde de aynı şey ama onu görme tabii ki daha verimli. Canlandırmak daha kolay yani.**

I: Şimdi başa dönersek görmeksizin gözlem yapmak mümkün mü?

E: Mümkün.

I: Şimdi gözlem ile ilgili iki sorun daha var 1. si S13. ya da neden herkes farklı gözlem yapar?

E: Oda insanın düşünme özelliğidir. Mesela herşeye baktığım da benim için birşey ifade etmeyebilir ama sizin için bir estetik güzellik ararsınız, ilgimizi çeken yani bir mekanik yasası ararsınız, birşeyler arasında bağlantı kurabilirsiniz ya da benim düşündüğüm şey hakkında siz düşünmezsiniz. Bu görelî bir şey olduğu için, düşünceden kaynaklanan birşeydir.

I: Oradan sonra ne diyeyim, foton elektron ve proton üç tane mikroskobik terim deyince aklına ne geliyor. Birbirinden kolayca ayırt edebiliyormusun kolayca?

E: Tabii ki fizikçi olarak ayırt edebilirim foton kütlesi olmayan enerjisi olan mikroskobik alanda biz buna nesne diyelim. Elektron atom etrafında dönen (-) yüklü parçacık, proton ise atomun etrafında bulunan (+) yüklü parçacık diyebiliriz.

I: Dünkü soruların birisinde vardı ama ben burada biraz farklı bir şekilde sordum S19. sen ne dersin?

E: Hım... olabilir çünkü biz yine makro ve mikro bakmaya devam ediyoruz mesela çok küçük birşey vardı. Hımmm.. hafif gri bir şey onu parçalara ayırdığımızda bize o an farklı bir renk ne bileyim yani beyaza yakın bir renkte görülebilir o parçanın daha büyüğüne baktığımız zaman gri rengini tam olarak algılayabiliriz.

I: Acaba görünür bölge dışında bir renklilikten bahsedilebilir mi?

E: Ne gibi?

I: E.m. Spektrum gibi görünür bölge görünmez bölge. Eğer görünmez bölgede renklilik varsa atomun renginden bahsedebilir miyiz?

E: Hım.... Olabilirdi yani. Renkliliğinden bahsedebilir miyiz? Sonuçta bizim bilmediğimiz bir renk olabilir yani, görmek te gerekmez ve kendi bu rengi adlandırılabilir.

I: Şimdi son bir soru soracağım sana Rüzgar olsun. Rüzgarın varlığını nasıl hissederiz mesela?

E: Rüzgarın varlığı üzerimizde bir ferahlık hissederiz. Dallar yapraklar sallanır. Ne bileyim...

I: İkinci kısımda bu hissi veren dalgalı bir özellik mi? Yoksa maddesel bir özellik mi?

E: Şimdi sonuçta algılamadan dolayı bir çarpma var bu madde de olabilir, dalga da olabilir.

I: İkisinde de aynı etkiyi yapar mı?

E: Yapar. Mesela üzerimize bir rüzgar geldiğinde orada bir dalga kesin dalga olduğunu kabul ediyoruz.

I: Taşınan birşeyde dalga özelliği vardır yani.

E: Vardır. Kuantum fiziğine göre de her hareket eden parçacığın etrafında işte ona eşlik “de Broglie” dalgası eşlik eder. Bir madde özelliği arayabilir miyiz? Olabilir madde özelliği.

I: Mesele hava molekülleri var mıdır?

E: Vardır tabii ki de.

I: Teşekkür ederim çok zahmet oldu.

E: Hayır hayır. Birşey değil.

VI. (Aslan Mehmet, Mayıs 2003, Fizik Öğretmeni, tezsiz yüksek lisans, 5. sınıf)

Interviewer: Kendini biraz tanıtabilir misin ?

Mehmet Hoca : İsmim Mehmet, 20 yıldır aşağı yukarı fizik öğretimi ile meşgul oluyorum. Daha çok lise seviyesindeki öğrencilerle işim. **Üniversiteye hazırlık boyutlu olarak, kavram yorumlamaları işte.** Hım... İsim aşağı yukarı bu diyebilirim.

K: Ben size şimdi şu andan itibaren 20 tane soru soracağım, burada sizden istenen sadece düşündüklerinizi söylemeniz. Soruların doğru cevabı yok sadece bir düşünce ölçme yöntemi. Şimdi başlıyorum.

I: S1

M: Şimdi ben daha önce öğrencilere ders anlatırken en küçük parçalanmayan elektrik yükünün **En iyisi sınır koymamak. Bir tanım getirmemek. Çünkü bir gün evet dediğinize yarın hayır demek çok hoş bir şey değil. Ama şöyle diyebiliriz yani, şu şartlarda sınır bu, bundan daha ileri gidersek sınır şu olacak tarzda meseleye yaklaşırsak daha bir anlamlı olacağını zannediyorum yoksa. İnsanın kendisine bir sınır koyması çok anlamlı değil.**

I: Peki ben ikinci soruma geçiyorum, S2

M: Moleküllerin boyutunda olsaydık, etrafımızda böyle, küreler birbiriyle irtibatlı küreler, öyle hayal ediyor insan. Böyle kürelerden kurulu bir dünya. Aralarında belli boşluk çok az. Eee... Onların kübik yapıları, **hekzagonik yapıları, hani binalar topluluğu gibi birşeyler.** Belki hani!

I: Şimdi 3. sorumu soracağım Mehmet Hocam S3.

M: Ben bir iki gün önce **internet sitesinde** bir uzayın derinliklerinde çekilmiş bir fotoğrafın metre boyutuna kadar inmiş, 10^{-5} metrelere kadar gidişini seyrettim. Elektron nereye koyardık demiştiniz değil mi? Elektronu...

I: Proton

M: 10^{-12} lere koyardım;

I: Adına ne diyebilirdiniz bu ölçüğün?

M: Nano diyebilirim.

I: Şimdi 4. sorumu soruyorum S4.

M: Şimdi benim bu soruların bende oluşturduğu bugünkü bir kavram diyeyim ben buna nanoskobik diyeyim, 10^{-9} , mikroskobik deyince 10^{-6} yi kastettiğinizi, **pikoskobik** de diyecekmisiniz? Bilmiyorum yani!

I: Hayır, hayır.

M: 10^{-12} gibi bir kavram.

I: Hayır, sormayacağım(rire)!

M: Mesele bu bilimsel midir? Ben şu anda çıplak gözle gördüğüm dünyada bir yer bulamam şahsen. Çıplak göz bunu hiç bir şekilde anlamlandıramaz. Ben nesnelere bu şekilde isimlendirmekte güçlük çekiyorum şu anda yaşadığım dünya itibariyle.

I: Tamam. Hım... Şimdi diğer bir sorumuz. Biliyorum ki spektroskopik popüler bir kelime. S5

M: Birşeylerin oluşturduğu tauf yani belli bir uç noktası belli bir başlangıç noktası olan ve belli aralıklarla karakterleri değişebilen bir yayılım gibi geliyor bana.

I: Peki bize fizik alanında ya da günlük yaşamımızda spektroskopinin bize ne yardımı olur?

M: Hımmmm...

I: Bilimsel olarak ya da bir aktivitemizde yani!

M: Tabii ki yani mesela tanımlamalarda, mesela ışığın spektroskopik yapısı diyelim biz ona. Başlangıçta nereden başlıyoruz, kızılötesinden başlıyor ondan sonra mikrodalgalar, görünür ışık ondan sonra morötesi ondan sonra X ışınları. Spektroskopi bir tauf gibi geliyor bana. Başlangıcı sonu tanımlı, belli olan yani konuşurken tarif ederken adres olarak kullanabileceğimiz bir yerdir.

I: Yani yaşadığımız dünyayı algılayacağımız bir adres?

M: Yani sayılır ama! Yani film kağıtları lazım olabilir bunun için ben sadece ışık için konuşuyorum. Belki başka bir şeyin spektroskopik yapısından da bahsedebiliriz burada ama benim kültürümde sadece ışık var.

I: Diğer bir sorum şöyle S 6.

M: Görünür dünya deyince mesela şu an ışığın bizim gördüğümüz bir aralığı var yani 5000 A° ile 7000 A° dalga boyu arası, iste bu dünyanın bana verdiği şeyler. Pürüzlülükler, yumuşaklıklar, sertlikler falan ama hadi biraz daha aşağı inelim. Yani diyelim ki bir şeyi daha da parçalayalım daha da aşağı, daha da aşağı hani parçalanmaz dediğimiz kavramın da altına inelim. İşte o bizim için artık yani. Hımm sadece teorik boyuta iniyor.

I: Ben yine diğer bir soruya geçiyorum.

M: Oldu.

I: Bu soru biraz filozofik bir soru. Bir tane filozof kendine sormuş 1930 ve 1940' lı yıllarda fotonu biliyoruz.

M: Hı hı

I: Hım... S 7. Yani durgun bir fotonun sizin için anlamı nedir?

M: Bu bilgisayar oyunları aklıma geliyor. Öyle olurdu ki bir düşmanınız vardır. Mesela gidersiniz ona gerekli hamleyi yaparsınız. O biter ölür. Nereye gidersek durgun fotonda öyle bir şey gibi geliyor bana. **Durunca artık tüm özelliğini kaybeder** yani o öyle bir şey ki foton, hareketliken varolan durunca biten bir şey.

I: Anlamsız yani!

M: Evet anlamsız bir şey benim için.

I: Diğer bir soru yine görmekle ilgili S 8.

M: Hım... sanıyorum. Hani görme eylemi fotonların sınırları bağlı olarak beynin yaptığını yorumlarsak, bu atom boyutu olarak neyi yansıtır neyi algılayabiliriz. Bu gülünç bir şey olurdu.

I: Diğer bir sorum yine yakından bildiğimiz S 10.

M: Meseleyi ben hep şöyle ele alırım. Parçalayalım mesela bir şey herhangi bir şey. Eğer parçalanabiliyorsa demek onun bir uç noktasına doğru gidilebiliyor demektir. Yani o eğer nanometre boyutlarına iniyorsa. O kavramda biz atom bir şey yani yapıtaşı ismi koymak zorundayız. Yani şöyle geliyor bana mantığım öyle yani. Şöyle diyorlar bütünü bütünü özelliklerini taşıyan en küçük yapıya ben bir isim takacağım diyor yani yunanlıların fikirlerinde olduğu gibi.

I: **Şimdi diğer bir soruya geçiyorum şöyle S9.**

M: Biz saf maddede atomdan bileşik maddede molekülden bahsediyoruz.

I: Moleküller büyükken biz daha küçük bir şeyle ilgilenmişiz mesela. Moleküllerin tarihi 200 yıllık fakat atom tarihi 2500 yıllık niçin acaba atom düşüncesi önce doğdu?

M: Bana öyle geliyor ki benim şahsi kanaatim eskilerde bu kadar gruplar yoktu. **Bilgimin yettiği kadarıyla** toprak, su, hava, ateş. Bunu parçalarken molekül falan düşünmemiş onlar. Toprağı parçalayalım demişler, toprağın içindeki silisyumu düşünmemişler.

I: Hı hı .

M: **Belki onların atom dedikleri moleküllerin ta kendisi!**

I: Son zamanlarda dergilerde, kitaplarda makalelerde popüler iki deyimden bahsediliyor şöyle ki S 11.

M: **Hic bir anlamı yok. Gerçekten hiçbir anlamı yok. Atomu tek başına görmek gülünç bir iddia olur. Görmek arzusu güzel ama tek başına anlamsız, ancak belli gruplar olduğunda görme anlamlı olur.**

I: Ben yine son iki yüzyıldır bilimin ilerleme şeklinin değiştiği üzerine bir soru sordum “observer sans voir”

M: Evet çok ilginç. Hatta şöyle söyleyebilirim bilim matematiğin sırtına binmiş öyle ilerliyor.

I: Sizin için bu deyimın anlamı nedir ne anlıyorsunuz ? S 12.

M: Ben biraz kuşku ile yaklaşıyorum. Sanki insanların görünür dünyada etkilerini kabul ettirmek biraz zor olunca, acaba diyorum kendilerini görünmez dünyaya çekerek daha çok bilme havası verdirme mi var ortada? Yani bilmiyorum nasıl gelir bu kavram size.

I: Değişik bir yaklaşım.

M: Evet, değişik bir yaklaşım şu açıdan, bir kısım güçlerin, insanları ulaşamayacakları bir düşünce dünyasında, bir teorik dünyada kendilerini daha güçlü bir yer edinme biçimi geliyor bana.

I: Konuya biraz daha değişik bir açıdan bakarsak örneğin metalürji mühendisliğinde metallerin analizinde daha çok ses özelliklerinden yararlanılıyor yani görme eylemi dışında diğer bir duyu organımız. Bu açıdan bakıldığında değişik duyu organlarının da kullanılması bir gözlem midir?

M: Hımmm ... Tabii ki mantıklıdır aslında mesela biz hım... Zaten bir kısım şeyleri mikrodünyadan makrodünyaya çekerek onları hesaplayabiliyoruz. Mesela Rutherford atomunun yapısı ışınla incelenirken doğrudan onları hemen metalden geçince incelemedi o doğrultuda ilerleyince o açı makrodünyada belli bir mesafeye karşılık geliyor. Neticede ekran üzerindeki yansımalarla. Biz de şöyle bir atasözü vardır dağa çıkan kecinin ağaca bakan oğlağı olur. Yani ortada bir olay oluyorsa mutlaka yansımaları vardır. Önemli olan onu görünür dünyaya çekmek ve yorumlamak gerekir.

I: Ben şimdi diğerlerine göre biraz daha hafif olan bir soruyla devam etmek istiyorum. S 13

M: O çok orijinal geliyor. Ben bir yıllık tezsiz yüksek lisans döneminde şunu anladım. Bütün insanların dünyası farklı birbirinden. Yani tuttuğum şu masa aynı ama sizin dünyanıza yansımaları ile benim dünyama yansımaları çok farklı. Öğrenmede de bu durum var. Kişi sayısı ile öğrenmede farklılık var yani. O kadar değişik bir sayı yani. Kişilerin sayısının kavram var biz onları gruplayarak bir ortak bileşene gitme gibi ama sınırı şöyle ifade edersek kişilerin ruh dünyasına inebilsek beyin yapılarına inebilsek aynı şeyleri düşünmediğimizi farkedebiliriz.

I: Benim bu çalışmada temel amacımdan birisi 'nasıl düşünüyoruz' a yaklaşmak. Yani yaklaşamayacağımız kesin ama nasıl yaklaşabiliriz?

M: Bunu kurcalamakta güzel bir şey!

I: Şimdi şöyle bir soru ile devam ediyorum S 14.

M: Güzel!! Şimdi bak ben size şu deneyimi yapayım. Ben bunu sık sık öğrencilerime yaparım. Bakınız saatime! Markası ne?

I: Görmedim.

M: Evet, baktınız ama görmediniz!

I: Ben saatin kaç olduğuna baktım çünkü 3: 30' da başka bir işim vardı benim düşündüğüm oydu. Bu yüzden saatin kaç olduğuna baktım markasına değil.

M: Evet. İlginiz saatin kaç olduğuydu. Ve netice itibariyle baktığınız yeri gördünüz. Halbuki baktığımız yerde görebilecek çok şey vardı. Baktık ama göremedik. Görmek biraz insanın kendi algılama hissini yönlendirmesiyle ilgili. Yoksa görüş alanında olmak yeterli olmuyor. Gayet tabiidir ki görmek farklı bir kavram, bakmak farklı bir kavram. Kişilerin şahsi dünyaları bakmak ve görmenin sınırlarını ayarlıyor. Bu farkın sebebi beynimizin olayları yorumlamada reaksiyon süreci ve düzeni bu süreç ve düzen baktığımız nesnelere bizim için anlamlı hale getiriyor. Reaksiyon süresinin yetersiz ve düzenin değişik olması durumunda yorumlama farklı ya da anlamsız oluyor.

I: Mehmet Hocam, şimdi arka arkaya üç tane sorum var. Bunlar benzer türde, temel mantık kavramları arasında nasıl bir ilişki kurardınız?

I: Birinci soru S 15. Bir ilişki kurabilir misiniz?

M: Siz bana şimdi bu kavramları foton ile elektron dediniz. Ben çocuklara fotoelektrik olayı anlatırdım yani kendi dünyamda bir olay. Aralarında bir bağ kurmak zorundayım yani o foton ile elektron birbirleriyle etkileşebiliyorlarsa onların birşeylerinin ortak olması lazım. Sonra incelememi genişletiyorum bakıyorum. Atomun yapısına iniyorum teorik dünyaya bana bunların ikisinin dalga yapısının ortak olduğunu görüyorum. Yani o da dalga karakterine bürünüyor öbürüde. Şimdi mesele bir kısım kavramların kapalılığına inmek için bu sınırları delmek lazım. Mesela diyoruz ki biz proton- proton belli bir yaklaşıklıkta sonra çekiyor. İtmesi gerekirken bu çekişte ayrı parçacıkların devreye girdiğini zorlamak lazım insanın kendisine. Yani birşeyler olmalı. Bu şeyler aynı şeyler olmamalı yoksa bizim dünyamızı kaos a dönüştürür. Yani o şeylerin bir başka şeye görev devretmeleri gerekiyor. Yani buna artık Gluon mu dersiniz yoksa başka bir şey mi dersiniz ama konuştuğum şeyler artık proton olmamalı artık o mesafeden sonra yani bilemem anlatabildim mi! Artık protonlar nötronlar aynı karaktere bürünüyorlarsa onları ortak karaktere dönüştüren ortak yeni bir kavram ortaya çıkmalı. Hani demek istediğim şeyi tanımlayamıyorum ama! (?).

I: Ben sizden sadece düşüncenizi istiyorum.

I: Şimdi diğer sorum S 16. sadece düşünceleriniz bu konuda!

M: Ben madde ile enerjiyi daha çok dünyamda birleştirmiş durumdayım kafamda. Bu bizim hep mikrodünyada düşündüğümüz şeyler. Diyoruz parçacığı hızlandırdık hızlandırdık ve parçalandı ve birşeylerin bölünemediğini gördük. Mesela elektrik yüklerinin. Bir yerlerde toplam sayının sabit olduğunu ve bunların birbirine göre dönüşebileceği yorumunu yaptık. Buradan yani yorum olarak ortaya çıkardığımız. Ben madde enerji dönüşümünü mikro dünyada ikna oldum (Suat Hoca'nın sıkıştırılmış yay örneği deneyi!). Öğrenim dünyasında madde ile enerji çok eş bireyler. Çok yakın birşeyler ama kuvveti çok araya sokamıyorum burada. Kuvveti bu ikilinin üçlünün arasında bir bağlantı kurduramıyorum yani. Sonra kuvvet garip bir şey tek bir kuvvet yok illa çift oluyor bu meret nasıl oluyorsa. Örneğin bir tarafa

vurduğumuzda onun mutlaka bir yere tepkisi oluyor hani bu netice itibariyle harekete dönüşünce enerji ile irtibatlandırabiliriz ama. Direkt olarak enerji ile irtibatını kuramıyorum.

I: Newton diyor ki ben kuvvetin fiziksel bir nedenini bulamadım illaki bir neden ararsanız bunu matematikte bulabiliriz!

M: Vallahi çok orijinal. Mantıklı olan bu sanırım yoksa çocuklar soruyor artı artı ya da eksi eksi neden birbirini itiyor yada artı eksiye neden çekiyor. Vallahi bir cevap bulamıyorum onları ikna edecek. Mesela ben çocuklara Archimed prensibinden hareketle su dolu kabın içine bir cisim bıraktığımda cisme bir kuvvet uygulanır. Yani aynı şekilde su içindeki cisimde kaba bir kuvvet uygular. Ben kuvvetin bu türde bir etkileşim mantığında anlatılmasından yanayım anlamlılığın olması için. Sizin daha önceki anket sorularında kullandığınız etkileşim terimi gibi.

I: Benzer şekilde diğer bir soruya geçiyorum.

M: Yani bugünün şartlarında biraz evvelde izah ettim bir sorunun içerisinde bilerek ya da bilmeyerekte. Biz bugün maddeyi 103 ya da 106 element diye biliyoruz bunu bugün için böyle anlamlı kurabiliriz. Atom, kimyasal element ya da şey olarak. Mesela dün insanlar için hava vardı içinde oksijen yoktu onun içerisinde suyun içerisinde hidrojen ya da oksijen yoktu birleşik halde. Bu biraz da bilimsel gelişmenin sonucu, bugün konuştuğumuz birçok şey belki 30 sene sonra çok anlamsız gelecek belki bizim için çok geçici bir şey.

I: Sizce atom ile kimyasal element kavramı neden çok karıştırılıyor günümüz okul programlarının öğretimi sırasında.

M: Karıştırılıyor çünkü yani zaten teorik bir dünyada ilk defa diyelim hadi. Dalton bir şeyler söylemiş Thomson gelmiş burada elektron da olmalı demiş. Peşinden gelmiş Rutherford burada boşluklu bir yapıda olmalı yani birisini ele alalım Thomson zamanında ve arkasından Bohr döneminde bunu yorumlayalım ne kadar saçmaladığımızın farkına varabiliriz.

I: Mehmet Hocam şimdi son iki soruya geldik; S19.

M: Renk bir cisimden yansıyan ışınların oluşturduğu bir algıdır. Atomun çarpan foton bana yansıtacak mı yansımayacak mı? Veya yansımasıyla hangi dalga boyunda yansıtacak çok anlamsız şeyler atom için gerçekten. Mesela Rutherford diyor ki altının bir rengi vardır ama belli bir kalınlığa gelince şeffaflaşır diyor. Bir kaç sıra atom olduğu durumda şeffaf birşeyin de rengi olmaz önce. O zaman atom için de rengin bir anlamı kalmaz o zaman renk nedir? Atom gruplarının yansıtılabildikleri foton türleri oluyor demek ki! Hani öyle denebilir yani. Hım...

I: Şimdi son soruma geliyorum burada birkaç temel kavram var ben size yalnız bir tanesini soracağım. Koku?

M: Koku hı hı ... Koku analiz edilirse ışık gibi foton gibi bir şeye inilebilecek mi gibi?

I: Ne vardır acaba kokunun içinde ?

M: Koku da paketçikler grubudur bana göre. Nasıl renkler üst üste bindiğinde bir başka rengi oluşturuyorsa kokularda da üst üste bindiğinde başka türlere dönüşebilir. Hatta diyorum ki

elektromanyetik dalgalar üzerinde koku taşıyarak nakil yapabileceğimize inanıyorum. Örneğin 'aroma' bir bilim şu anda adam diyor ki muz aromalı süt sanırım muzun hiç koklatmamış bile ona. Ama onun yapısını incelemiş ve o etkiyi oluşturabilecek bir şeyler yakalamış gibi geliyor bana. Hatta ekranda bir şeyler izlediğimizde onların kokusunu da duyabileceğimiz günler yakın gibi geliyor bana.

I: Bu kadar Mehmet Hocam çok teşekkürler.

M: Bende teşekkür ederim.

VII. (Emine DONMEZ, Fen fak mezunu, Fizik V tezsiz yuksek lisans)

I: Kendinizi biraz tanitabilmisiniz bize?

E: Ben Emine donmez, 24 yasındayim.Himm Fen Ed. Fak. Fizik Bolumu mezunuyum. Tezsiz Yuksek Lisans adi altinda formasyon aliyoruz 5. sinit olarak gozukuyoruz Him...Boyle bilimsel bir calisma yok sadece ogrenciyim.

I: Ben hemen sorulara geciyorum S1.

E: Su aleti biraz durdurabilirmisiniz? Biraz dusunme payi verecekmissiniz bana?

I: Yani, su an dusunduklarini soyle!

E: Dusunuyim biraz! Makroskobik dunya ile micro-dunya arasinda sinir varmi dir?

I: Soruyu tekrar soruyorum S1.

E: Vallahi, ayirmak mumkun degil ama genelleme mumkun olabilir yani orta bir grup secip buna gore sunu kucugun yada buyugu diyebiliriz.

I: Mesela ne olabilir?

E: Kisiden kisiye degisir ama bir referans belirlemek gerekir. Sizin icin sorularda da vardi 1 mikro gram suyun islakligi ben 1 mikro-gram buyuklugunde biris icin farklidir bizim icin farkli. Bence genel bir referans secilebilir dunya icin konusursak.

I: S2

E: Etrafimizi nasil gorduk mu? Ne gorduk mu?

I: Neler gorduk daha cok.

E: Etrafimizda cok anlamsiz sekiller gorurduk yani bizim icin molekuller nsail anlamsiz kucuk maddeler ise. Onlarda bize baktiginda greksiz buyuk hantal gorurler. **Yani herkesin dunyasi kendi icinde anlamlı.**

I: Eger Molekullerin buyutunda olacaksın o ortamda gözlem yeteneğin var acaba etrafında ne görürdün? Yine aynı özelliklere sahibiz ama molekullerin boyundayız.

E: Yani bu şekilde... fakli birsey dusunemiyorum su anda.

I: Ben diger siruya geciyorum.

E: ...Rire

I: S3

E: Yani olcege mi vuracam? Mikroskobik demiyormuyuz?

I: Bircok sekilde isimlendirebiliriz. Sen ne derdin yani?

E: Proton icin. Aslinda su an etapta mikroskobik olarak dusunulebilir. Him... ama atomun daha da parcalandigini biliyoruz ya. Proton bile belki buyuk kalacak bunun yaninda. Daha da ufaldikca hersey onlarida belki mikroskobik gruba alacagiz daha ileriki gunlerde. Su anda mikroskobik diyorum.

I: Him... Yine baska bir soru benzer mantikta S4.

E: Mikroskobik icin Him...

I: Cunku Mikroskobik 10^{-6} m den basamaginda bir olcu biz biliyoruz ki bu buyuklugun altinda daha bircok olcek var.

E: Hi hi kavram olarak mi? Terim olarak mi?

I: Bir isim olarak!

E: Bilimsel olarak su anda aklima birsey gelmiyor ama kucuk parcacik foton gibi dusunulebilir zaten soylenecek atom icin.

I: Yani kucuk parcaciklar fizigi yeni adlandirma olarak?

E: Zaten parcacik fizigi diye adlandiriyoruz kucuk parcaciklar fizigii olabilir. Ama mikroskobik icin tam karsilik olur mu bilmiyorum.

I: Hi hi. Bu aslinda birzacak da dilden kaynaklanan bir problem. Bu terimi yeterince baska türlü aciklayan terim yok Turkece de. Bundan kaynaklaniyor. Ben onun farkina vardim biraz ama . bu soruyu Fransizca sordugumda 4 ya da 5 tane alternatif kelime var. Sanirim biraz da bilimsel kulturden kaynaklanan bir sorun herhalde.

E. hi hi Hocam belkide genelde bilim dili ceviri uzerine oldugu icin sanirim. Mesela kuantum kelimesi turkece bir kelime degil ama bizde kuantum kullaniyoruz. **Onun yerine kesikli yada daha degisik birsey kullansaydik. Hayal gucumuz gelisirdi.**

I: Ben baska bir soruya geciyorum S5.

E: Spektroskopi ben? Tayf cizgileri foton diyorum sanirim bu kelimelerde tam Turkece birkarsiligi yok sanirim.

I: Daha cok anlam olarak, tanim degil ben kelimeyi duyduğunda sen de canlanan sey?

E: Dalga boylari falan ilk cagrisim spektroskopi icin isikla ilgili birsey.

I: Sence bilimde bir onemi var mi?

E: Vardir ehemn nedir diyceksiniz var dersem.

I: Yok yok daha cok sikistirmek yok!

E: Mesela spaktrum cizgileinin maddenin bazi halleri ile bilgi verdigini biliyoruz yani. Maddeyi tanımlamak adına birseyler mesela bir maddeyi tanımlayabiliyoruz spektrum cizfileriyle ben oyle hatirliyorum. Yanlismi hatirliyorum yoksa?

I: Yani maddeyi tanımanın bir yoludur diyebiliriz.

E: Bir yontem olarak.

I: S6

E: Gorunur dünya görünmez dünya? **Metafizik** olarak mi diyorsunuz yani?

I: Metafizik olarak değil sadece guncel bilimsel dilde kullnadığımız.

E. Anlam olarak görünur dünya bizim için kendi boyutumuzdaki olan cisimleri algıladığımız dünyada olabilir. Görünmez dünya mesela gözümüzle göremediğimiz değilde mesela atom da benim için bir görünmez dünyadır. Varlığını biliyoruz ama ya da moleküllerde benim için görünmez dünyadır ya da başka birseyden onlar yani olup da göremediklerimiz. Bunu dışında görünur ışık görünmez ışık var görünür ışık var. Bizim gözümüzle algıladığımız ışıklar var foton var. Bunları hiç göremeyiz kabul ediyorum ama burada atomun varolduğunu biliyoruz ama görmüyoruz bu da bir görünmez dünya.

I: Bazı şeyler biz görmesekte var ama varlığı direk olarak göremiyoruz.

E: **Soyut değil aslında somutta yine de göremiyoruz.**

I: Başka bir soruya geçiyorum ben S7.

E: Durgun bir fotondan? Ben şimdi hatırlıyayım foton ışık hızına sahip tanecik ti değil di demi? Ben bunu biliyorum.Him... ışık hızına sahip bir tanecik bunun durmasını istiyorum, bunun durması anlamlı olur mu? Durgun foton ışık hızına sahip olmayacak o zaman foton olmayacak. **Yani eğer fiziki birsey bilmiyorum ama eğer ortadan kaldırıldığında fotondan bahsedemeyiz o zaman ne olur onun diğer adı? Tanecik olarak başka birsey olurdu herhalde.**

I: Foton olmaz yani?

E: Evet foton olmaz.

I: Biz yine başka bir soruya geçelim soyle S9.

E: Anlamadım hocam!

I: Soruyu tekrarlıyorum mesela masayı görmek ya da atom boyutunda birsey görmek aynı anlamdamıdır?

E: Hayır o zaman atomik boyutta görmek yerine ne mi kullanacağız oluyor?

I: İşte bu senin için görme aynı anlamda mıdır ? neden farklı olabilir,

E: Simdi soyle o gormek olayacak o zaman varligina inanmak gibi birsey. Yani mesela biz buradayiz ailemiz bir baska yerde biz onlari gormuyoruz ama varligini biliyoruz ya da onlari hissediyoruz. Onlari bizim icin yaptiklari birseyler var oyle birseyler olabilir mi?

I: Yani ayni anlamda degil.

E: Degil sizi gordugum gibi ayni anlamda degil ama varligina inaniyorum. Bu atomun varligina inanmak gibi birsey oluyor.

I: Yine atomlar ile devam ediyorum soyle S9.

E: Molekuller biraz daha bilimsel icerikli yani en azindan baglanmalar fala. Herkesin cabuk anlayamayacagi birsey olabilir. Sokaktaki bir vatandasa hemen bunu anlatamazsin da. Ama hersey tek bir seyden yaplimistir ya da herseyi parcaladigimizda en ufak bir parca elde ederiz bu da atomdur diyebiliriz. Belki bunu algilayabilir mesela masayi kuculttum kuculttum ve en kucuk parcasi da bir masadir diye anlattigimizda. Atom kavrami daha mantikli geliyor ya da buna inanmak istiyoruz gibi birsey herkesin tek birseyden meydana geldi gibi bir sey. Yani tek bir sey filan oldugunu ben onu felsefe olarak ilgili olustur Descart tatifandan ama molekul ile ilgili birsey duymadim.

I: S 10

E: Atomdan yapildigimiza mi?

I: Evet kendiniz ikna oldunuz mu atomlardan ya da molekullerden yapildigimiza. Hemen hemen ikis ayni sey eger molekullerden olsuysak molekulleri olusturan atomlar olduguna gore atomlardan da olustuk diyebiliriz.

E: Ya bu nasil olur? Sorularda da boyle birsey vardi da yani ben soyle demistim. Ikna oldunuz mu diye sormustum o sorunda ben dedim ki ikna olmak gerekir mi? Sokkataki birisi icin ikna olmak kelimesi gereksiz birsey . Olsam ne degisir olmasam ne degisir.

I: Ama benim icin onemli bu ikna olma konusu.

E: ben fizikci oldugum icin mi?

I: Yok, bilimle ugrastigin icin; egitimle ugrastigin icin!

E: Merak ettigim icin belki de!

I: Tabii ki varligina ikna olmadigin birseyi nasil anlatabilirsin ya da ogrencileri nasil ikna edebilirsin? Degil mi?

E: Mesela hucerelelerin mikroskoplara gosteriyoruz. En azindan onlari gosterme ikna edici olmazmi sizce?

I: benim bu konuda tabii ki fikirlerim var ama burada onemli olan senin fikirlerin.

E: Bir olayla mi anlatmak gerekir?

I: Olabilir. Birsey biliyorsun ki ben inandim diyorsun yani atomlardan yapilmistir ya da molekullerden yapilmistir. Sence problem method sorunumu yoksa sende tam olarak ikna olmadin mi yoksa?

E: Yaa soyle birsey var ben hayatimda hic atom gormedim.

E, I: Rire...

E: Suna inaniyorum yarin birisi cikipta hersey atomdan olusmamistir derse sasirmamak gerekir. Cunku dune kadar atomların parçalanmadigindan bahsederken simdi kuarklardan bahsediyoruz. Ben yeniliklere acigim sorarsaniz ikna oldum mu degil ama elde edilen bilimsel bilgilerin sonucu beni buraya goturdu. Benim kendi bir calismam yok atom uzerine ne kadar konusabilirim ki. Yapilan arastirmalar guvenilirinsalanlar bunun bu sekilde oldugunu soyluyor.

I: Yani bilimsel tecrubeler mi?

E: Evet onlara inandigim icin, arti bunda kendi yapabilecegim birsey yok. Kendi becerecegim birsey olsa gideyim yapayim ama yapabilecegim birsey olmadigi icin bu yuzden.

I: Simdi son zamanlarda dergilerde, kitaplarda gecen su sekilde iki deyim var S11. senin icin atom a dokunmanın bir anlamı var midir?

E: **Tabii ki yani. Dokunsam daha cok inanirim.**

I: Mesela soyle atomlara dokunduk bugun masaya dokunarak!

E: **Aslinda atoma dkunuyoruz su anda oyle mi?**

I: Daha cok bir anlam vardir. Atoma dokunmak Molekule dokunmak.

E: **Yani insan dokundugu seye daha cok inanir. Yani simdi gormek var, karsidan bakmak var. Hani insan inanmazda gider dokunur ya varmis burdaymis evet canliyimis gibi falan mesela cok unlu birisine dokundugumuzda filan cok farkli anlamlari var. Eger boyle bir sey olabilirse daha inandirici ve ikna edici olur.**

I: Ben diger bir soruya geciyorum yine S12.

E: Gormeksizin gozlem yapmak? Aslinda dusunulurse guzel birsey de ilk aklima su geldi gormeksizin gozlem yaparak. Benim aklima su geldi “bunun su olacagini varsayiyoruz”. Yani soyle olursa boyle olur, bu budur gibi aklima oyle geldi. Aslinda gozlemin anlamı o degil ama gordugumde ise goruyorum ki bunun devami var bunu kaydetmek baska. Sizde diyorsunuz ki bunun devamında da bu olacaktır bu da gozlem gibi.

I: Mesela duymak gozlem midir senin icin?

E: Birde isitmek var duymak var?

I: Ben onlari ayni anlamda aliyorum, ikside ayni kabul edelim.

E: Dinlemeyi katabilirmiyim?

I: Hepsi olsun bir butun olarak.

E: Ama bunun sonuclarini merak ederek sey yamak. Evet bir gozlemdir.

I: Birkac sorum daha kaldi seni fazla yormadan S13. sence bunun sebebi ne olabailir?

E: Mesela ayni olaya baktigimizda yorumlarimiz farkli oluyor. Bu farklılık ilgiden mi kaynaklanır? Yasadigimiz cevreden mi kaynaklanır? Yoksa?

E: Tecrubelerden haepsinden kaynaklanır yoksa bu mesele kisilik olarak baktigimizda gunluk hayata dondugumuzde benim bakis acim ile annemin bakis acisi cak farkli. Kaldi ki ayni egitimden gectigimizi varsayalim. Mesela biraz sonra arkadaslarimiz gelecek bu ayni sorularlara onlarda farli cevap verecek. **Bu farklılık, cevremiz olabilir, okudugumuz kitaptan olabilir, kendi dusuncemizden olabilir. Bence bir butun olarak tum bunlar farklılığı getiriyor.**

I: Simdi diger bir soruya geciyorum. Tam olarak soru da degil aslinda. Bir yerlerde okumustum S14.

E: cok guzel gormek istemiyorlar demek ki!

I: Bu bizim icin ne anlama gelebilir acaba?

E: Bakiyorlar ama goremiyorlar, yasiyorlar ama yasadiklarini farkinda degiller. İnsanlar ya da yasama sebepleri arastirmayanlar ya da mesela bilimsel olarak baktigimizda onlari cok ta ilgilendirmiyor bu.

I: Sorgulamsiz gozleme diyebilirmiyiz acaba?

E: Onlari yaptiklarina mi. Sorgulamsiz gozlem! Acaba gozlem olarak alabilirmiyiz onu. Eger bakmak gozlem ise bakiyorlar ama sorgulamiyorlar o sekilde olabilir.

I: Simdi bir baska soruya geciyorum S16?

E: Madde, kuvvet, enerjije?

I: Ne aklina gelir?

E: Baska bir sey mi uretecegiz?

I: Hayir uretmek gerekmiyor. Bunlari duydugumuzda senin dunyanda aralarinda bir iliski var mi?

E: Sanki enerji bir kuvvet olusturuyor gibi ilk aklimde canlanan. O enerjinin olmasi icin bir kuvvete ihtiyacim var diye dusunuyorum, yani gunluk hayatta karsilattirdigim icin bazi seyleri. Him... Bir insanin veya bir cismin enerjisinin olmasi icin bir kuvvetin olmasi gerekmez mi? Enerjije kuvvet donusumu vardir. Peki maddeyi bununla nasil bagdastirabiliriz. Him... acaba maddenin kendinden kaynaklanan bir enerjisi var mi? Diye dusunulebilir. Ya

zaten bu kuvvette maddeye uygulanir. Daha cok kuvvet ile enerjiyi birlikte dusunuyorumda maddeyi....

I: Madde ile enerji arsinda birseyler var mi?

E: Eger maddenin kendinden kaynaklanan bir enerjisi var ise belki olabilir de! Baska aklima birsey gelmiyor.

I: **Soyle bir soru sormusum gorunmeyen dunyanin gunluk yasantimizda bir onemi var midir?**

E: Ben yok olarak dusunmustum sizin daha once sordugunuz sorularda biraz da bahsedildigi icin.

I: O soularda zaten benzer paralelde.

E: Sokaktaki bir adama sorarsaniz yoktur bence yani onun icin ne degisecek aksam eve ekmek goturdugunu dusunuyor yani. Atomlar aslinda cok onemli seyler dusununce ama olmasaydi olurmuydu? Eger su anda nukleer enerjinin varolmadigini bilseydik nukleer silahlar yapamazdik. Belki bircok seyde geri kalacaktik ama bilmiyorum teknoloji ile ...

I: Mesela elektromanyetik dalgalar gozle gorunmesine ragmen bugun kmonikasyonun temelidir degil mi?

E: Hi hi, hayati kolaylastirir ama olmazsada olur du belki. Bilmiyorum yani cok mu sey yaptim. İyice bir dusunmem lazim sanirim. Soyle bir dusununce bazen zarari yararından fazla oldugu icin. İnsan boyle bir dusunceye kapiliyor. Bilim su andaki dunyamiza etkisi boyle maalesef yani! Bilim bazi hastalıklara tedavi imkani sagliyor ama bircok hsataligin kaynagi zaten bilim degil mi?

I: Yani bir paradoks var diyorsun.

E: Yani!

I: Yine ben sotularda sormustum ama bu sefer degisik bir bicimde soracagim S19.

E: **Ben soyle dusunumustum yine benzer paralelelde oldugu icin. Mesela sey olarak dusundum. Hepimiz yetiskiniz ayri ayri ozelliklerimiz var. Parcalanidigimizda altinin ayni sari rengi var midir diye.**

I: Hi hi

E: **Ama dedigim kisiler bebeklerine ya da anane karnina donduklerinde hepsi tek yani hicbirimiz digerinden farki yok. Yani annemin karnindayken sizin kisiliginiz yok benim kisiligim yok. Seklim yok baska birsey. Belki atom da cok cok kucuk olmaktan cikiyor. Hepsi birbirine sey oluyor. Daha sonra onlar bitistikce buyudukce belki bir ozellikleri oluyor gibi yani.**

I: Ornek gercekten degisik. Ben simdi son soriya geliyorum ve bitiyorum. Kokuyu nasıl algilariz. Kokunun icinde ne vardir? Kokuyu ileten sey nedir?

E: Dalgalar falan olur herhalde.

I: İlk once kokuyu nasıl algıladınız acaba.

E: Burnumuzla değil mi?

I: Tabii ki burnumuzla algılıyoruz da. Algılamak için ne gerekir orneğin. Kokunun içinde ne vardır mesela biz onu farkettik?

E: Mesela çiçeğin kokusunu düşünelim. O ne salgılıyor da biz onun kokusunu hissediyoruz. Bu da onun bir özelliği olmalı mı yani. Bir rengi var bir şekli var bir kokusu olması... mesela bizim duyu organlarımız var gözümüz kulagımız. Kokumuzda olsa bu değişik bir şey olurdu her insanın kendine ait bir kokusu olsa.

I: Belki vardır.

E: Evet belki ama duyamıyoruz biz. Belki hayvanlar hissediyor ya kokuları!

I: Yani madde mi var, yoksa dalga kökenli bir şey mi var? Ben biraz daha acacağım soruyu tasınan dalga karakterli bir şey mi yoksa dalga karakterli bir şey mi?

E: Madde olsa nasıl olur. Bu da ışık gibi bir şeyler mi?

I: Tabii görünmez ışıkta yayılıyor olabilir, maddede.

E: bence dalga karakterli bir şey böyle frekansı falan olan bir şey. Yani nasıl köpekler kokuyu alıyor nesnelere o halde yayılan bise dalga gibi bence.

I: Ben ismini tekrar alayım

E: Emine donmez.

I: Çok teşekkür ederim umarım çok yarralı olacak.

E: Bilmiyorum artık, bende teşekkür ederim.

VIII. et IX.

(MEHMET Kulek, Fizik V, tezsiz yuksek lisans , Bau fen Fak mezunu, MURAT, Fizik V, tezsiz yuksek lisans, Samsun 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Fak. Fizik Bolumu mezunu)

I: Kendinizi biraz tanıtabilir misiniz?

M: Mehmet Gulek, su an Bau Fen fak'i bitirdim ve burada tezsiz yuksek lisans yapiyorum. Yani formation. Ben bir dershanede stajerlik yapiyorum yani etudlere giriyorum fazlada baska bir sey yok yani.

I: Ben bu soruyu kimseye sormadim simdiye kadar bu halinden memnunmusun yani.

Me: Pek memnun degilim.

I: Tezsiz Yuksek lisans dan mi memnun degilsin?

Me: Bekledigim gibi degil acikcasi. Yeterince verim alamadim.

Mu: Adim Murat, ben Gaziantep liyim. Samsun 19 Mayıs Üniversitesi nde Fizik Egitimi aldım, Fen fakultesinde. Daha sonra 1 yıl memlekette inaatlarda surundum. Simdi burdayız. Bende çok verim alamıyorum tezsiz yuksek lisansdan soyle 1.5 yıllık program 6, 7 aya sikistirilabilir veya bunu yaymak istyorsanız Fen edebiyat fakultesinin 4 yılı icerisine yayabiliriz. Eger verilecekse bu o donemde verilebilirdi, çokta verim aldığımı verim almadığımı soylemek isterim.

I: Ben hemen bu kısa konusmadan sonra 1. Soruya geciyorum S1.

Mu: Mikroskobik küçük boyutlarda makroskobik büyük boyutlarda tam bir sınır belirleyemiyorum acikcasi net bir sınır su an için aklıma gelmiyor. Bağlantılı birbiri ile, düz bir şekilde gidiyor surdan gecipte suraya gidiyoruz diyemeyiz.

Me: Yani mikroskobik baktığın zaman aslında **makro atom ile mikro atom** birbirine paralel görüntüler sergiliyorda. Bence gözümle görebildiğim her büyüklük makro aleme aittir fakat gözümüz ile göremdiğimiz ise mikroaleme sigdiririz.

I: Acaba Mikroskopta görülen görüntü mikroskobikmidir yoksa macroskopik midir?

Me: Mikroskobiktir.

Mu: Bence de Mikroskobiktir.

I: Bu sadece bir isilendirme onun için sıkıntıya girmeyin.

Mu: Aslında mehmet in dediği gibi yani macro-micro tamda öyle bir sınırdan bahsetmek pekte doğru olmayabilir yani. Geniş bir spektrum cunku. Herseyi içine alan bir spektrum.

I: Sürekli bir geçiş diyelim ve kapatalım mı dersiniz?

I: Ben ikinci soruma geciyorum sabahki sorular gibi S2?

Mu: İnsan tabii ki ilk asamada dusundugu zaman ilk aklimize gelen mesela bize gore cok buyuk olacagi icin. Mesela molekuller bize nasil tanitilir; yuvarlak seyler falan. Sanki insan dusununce mikroskobik boyutlara inince yuvarlak yuvarlak buyuk tanecikler olcukmis gibi anlamlı seyler olmayacakmis gibi ama biraz daha ayrintiya girdigimiz zaman DNA 'nin yapisidir sudur budur. Tabii ki tam bilgimiz olmadigi icin fazla yorum yapamiyorum yani. Ama bir liseli gozuyle bakarsak etrafimizda buyuk buyuk yuvarlaklar varmis gibi yani.

Me: Benim gorecegim sey bol miktarda elektron olurdu him... cekirdek yine mikroskobik diyecek olcektekalirdi yine. Atom cekirdegi atom yapısında küçük bir kısım olusturuyor yani. Him... atomun cekirdeginin etrafında dolasan elektronlar kapliyor yine cok cok küçük olacakti yani.

I: Ben simdi biraz soruyu degistiriyorum S4.

Mu: Mikroskobik uerine...

I: Yaa bu kelime bizi cok sikti onun yerine bir kelime bulalim dersek!

Mu: Atomik diyebiliriz.

Me: Cokta farkli olmadi aslında!

I: Bu cok onemli birsey degil eger boyle birsey dusunmus olsaydiniz ne koyabilirdik?

Mu: Biz genelde atomu mikro alem icinde degerlendirdigimiz icin. Atomik derdim sanirim.

Me: Bilmiyorum benim aklima birsey gelmiyor.

I: Mesela küçük alem diyebilirmiyiz?

Mu: Mesela küçük alem ama ne kadar küçük alem. Benim küçük alem aklima geldi ama ne kadar küçük. **Kucuk kelimesi mikro icin yetersiz kaliyor.**

Me: Biraz daha bilimsel mi yaklasalim yoksa ilk aklimize gekeni soyleyelim mi?

I: Tabii ki hethangi bir kisiden farkli olmasi gerekir, mumkun oldugunca bilimsel yaklasmamiz ama bunun dogal olmasi. Ya illa su laboratuvardaki gorerek yaptiigimiz seyler gibi degil. Bilimsel bir mantikta rahat bir matik yurutme ile.

I: Simdi spektroskopiye geciyorum S5.

Me: Spektroskopi pek fazla birsey gelmiyor acikcasi. Ben fizikciyim bu konuda en ince ayrintisina kadar bilmem gerekli ama ben kendimi cok yetersiz buluyorum cunku birde insanin amaclari vardir. Ben geldigimde ogretmen olcam diye gelmistim ogrenciye birseyler ogretecem inacydaydim ama fakulte hocalarim bana cok birsey vermediler yetersiz kaldilar. Fen ed. Fakultesinden fizik ile alajali cok az sey aldim desem yeridir. Spektroskopi deyince de fazla yorum yapamiyorum acikcasi.

I: Ben isimleri tekrar alayim mi?

Mu: Murat. Ben spektroskopi deyince tam bir tanim yapamiyorum. Aklima gelen sey su. Arastirma yaparken A dan Z ye her turlu bilgilerin bulunmasi icinde? Veya renk cumbusu diyelim yani. Beyaz seyden, en acik tondan en koyu tona kadar bir sprktrum olusturur. **Ben spektroskopi deyince bir alan ile ilgili A dan Z ye her turlu bilginin icerdigi bir anlam cikartiyorum.**

I: Bilime bir katkisi olmusmudur? Spektroskobi diye bir bilim dalim var aslinda... tabii Mehmet 'in yine bu konuda yorumu yok...

Me: Demin yaptigim icin

I: Murat sen ne dersin.

M: Yani....

I: **Ne sakli bu spektroskobinin icerisinde bir bilim dali olmus?**

Mu: Hicbirsey. Bilim adina birsey cagristirmiyor.

I: Ondan sonra geciyorum bir baska soruya S6? Sunu bsatan siyleyeimde bu metafizik anlamda birsey degil yani.

Me: Metafizik anlamina girmeyecegiz! O zaman yine macroskobik microskobik a,lamda inceleyecegiz. Yani gorunur dunya duyu organlariyla algilayabildigimiz seyler. Gorunmez dunyada teknoloji kullanarak mikroskopta teleskopta o tur seylerle goulebilen seyler.

Mu: Paralelinde seyler soyleyecem yinede iste dedigi gibi mikroskobik alem daha cok teknolojidenden yararlanarak ciplak gozle goremedigimiz alem, gorunmeyen dunya diyelim. Gorunur dunya ise daha cok duyu organlariyla algilayacagimiz makroskobik alem.

I: Bu 7. soru Biraz foton ile ilgili bir soru soyle S7.

Me: Bence bahsedemeyiz cunku bir foton enerjije olarak bulunur. Isik hizinda onun icin durgun bir fotondan bahsedemeyiz herhalde bence bahsedemeyiz.

I: Durdurduk diyelim fotonu ne olur?

Me: Durdurursak onu kutleye cevirmemiz gerekecek diye dusunebiliriz yani kutlenin enerjiye donusumu olarak sonucta ona benzer birsey durdursak o enerji kutle olacak sonucta. Ona benzer birsey durudursak o enerji kutle olacak.

I: Murat sen nedersin?

Mu: Fotonu durdurursak bana gore enerjisini bi rsekilde baska bir yere aktarmsai gerekecek. Onu durdurmak icin enerji harcadigimizda belki enerjisi sogurmus olacagiz. Belkide ortada hic bir sey kalmayacak o zaman.

I: Simdi baska bir souya geciyorum buna gorme eylemi ile ilgili bir soru S8.

Me: Tam anlayamdim ama soruyu!

I: Atomik boyutta birsey gormek ile masayi gormek ayni sey midir?

Me: Bence ayni seydir yani yani gorme islemi sozkonusu. Tabii biraz da daha farkli bir boyut gibi sonucta surekli goremedigimiz icin hakkında fazla birsey bilmedimiz icin.

I: Orenegin bugun elektron mikroskobu ile DNA' nin yapisini gorebiliyoruz diyor 10^{-7} , 10^{-8} m lerde bir olcek. Bu anlamda bir DNA'yi gormek ile masayi gormek ayni anlamda olabilir mi? Gormenin anlaminda.

Me: Bence aynidir. Biraz daha ayrintili yapıyoruz ama ayni olaydir. Sonucta ikisindedeyoruyoruz.

Mu: Bana gore ayni degildir. Cunku mesela masa ile sandalye duruyor aralarında bir ilişki yok bir çekim kuvveti yok ve bir etken yok. Mikroalemdede molekuller boyutunda dusundugumuz zaman molekuller birbirine baglayan baglar falan sozkonusu yani onlara masayla saldalyeye baktiigimiz gibi bakamayiz. Cunku biz onlara o boyutta baktiigimiz zaman gordugumuz zaman etkilesimlerini inceliyoruzdur. Bu yuzden zaten eletron mikroskobu kullanıyoruz , dolayisiyla yni degildir.

Me: Macro ve mikro alem giderek daha cok genisledigi icin giderek daha tanidik geliyor bize. Su anki gorme olayi da yakin geliyor ben ona gore degerlendirdim.

I: Burada cevaplar ister istemez subjectiveye gidiyor tabii ki kacinilmaz olarak.

I: Sonra atom fikri diye bir fikir var ya S9.

Me: Bence herseyin ayni maddeden yapildigini dusunursek belki o yuzden tek atom fikri atilmis. Ama giderek farkli turde karsilastiklari icin demislerdir ki farkli atom farkli turlerde demek bunlarin cesitleri var. Bu atom cesitleride molekulu olusturur. Yani ilk atom fikri cikmis daha sonra farkli atomların olusturdugu bilesiklerden de molekuller cikmis.

I: Sen ne dersin Murat?

Mu: Paralel seyler olacak yani ama soyle soyleyeyim once atom cikmistir. Fikir bazinda yani **bende olsam atom dusunurdum**. Cunku insan mikro aleme kapali o gunlerde insan makroskobik dusunubiliyor. Cevresine baktigi hersey buyuk homojen gibi gorunuyor gozune. Homojen olmasa bile ayri maddeden yapildigini dusunuyor soyle diyelim masanın heryeri ayni maddeden yapilmistir diye dusunuyorum dolayisiyla ben bunkestigim zaman iki parçaya ayiracagim, o iki parça yine ayni sekilde ve bu sekilde ben en ufak parçaya kadar indirebilirim. İste bu yapinin en kucuk parçasina atom dedigimize gore onlarda oyle mantik yurutmusler. Zaten molekulu filan ben kabul etmiyorum atom diyorum yani molekuller daha buyuk ama o zamanlar iki atomun birlesiminden birsyeler olacagini dusunebileceklerini zannetmiyorum.zannetmiyorum dmiyorum sannetmek yanlis olur. Oyle elekton mikroskobu da olmadigi icin inceleme imkani falan olmamistir.

I: simdi 10 uncu souya geciyorum. Bayagi ilerledik S 10.

Me: Maddenin atoml ya da molekullu yapıya sahip oldugunu nasil anladik mi?

I: Atom demiyelim de daha cok molekul diyelim. Etrafimizda tum nesnelere molekullerden yapilmistir, biz dahil olmak uzere yani kisaca molekullerin varligi nasil gosterebiliriz ya da anlatabiliriz?

Me: Hic bir sey diyemezdim. Gercekten birsey gelmiyor aklima!

Mu: Sonucta insanlari organlari var. Kolum var, bacaklarim var, kabim var giderek ayrirtiya iniyor yani detaya iniyor yani kalbim varsa kalbin icinde farkli organlar damarlar var, hucreler sudur budur var. Giderek ayrirtiya iniyor yani giderek ufak parcalara iniyor buda butuntunden iste temel parcaliklar gider.

I: Mesala DNA degil mi? Bu kolay bir ornek olmaz mi?

Me: **Basa donmus olmazmiyiz, o zaman DNA yi anlatmak gerekmez mi?**

I: Tabii ki birseyler anlatirken belli temel bilgiler bir alt yapıya sahip olmalı.

Mu: **Bence oncelikli Atom dan ve molekul den daha sonra insan vucudunun atomlardan ve molekullerden olustugunu anlatmak gerekiyor. Yoksa bilmedigimiz bir sey aramak cok anlamlı olacak ce ogrenciler geicisi rahat yapabilecek.**

I: Simdi... soyle bir soru soracam S11? Bu deyimler son zamanlarda cok populer bir cok kisi yaziyor ciziyor.

Me: Benim icin masaya dokunmak atoma dokunmaktır. İste her an atoma dokunuyoruz atoma dokunmak gormek ce onu incelemek kavramak olabilir yani.

I: Ikisi beraber kullaniliyor zaten “Atomu gormek”, “Atoma dokunmak” !

Mu: Ben biraz sey dusundum. Atoma dokunmaktan kastedilen sey bana gore elektron mikroskobuyla ya da baska birsey ile atomu incelemek onunla biraz oynamak, onun uzerine birseyler etki etmek ne boylece onun tepkilerini olcmek, yani ne olur mesala yani atoma bir sekilde birseyler iletme ve onun tepkisini olcmek onu sanki bir canliyim gibi nasil davranacagini olcmek onu sanki canliyim gibi nasil davranacagini olcmek bu sekilde onun hakkında bir takim kanılara varmak. Herhalde atoma dokunmaktan kastedilen sey budur diye dusunuyorum ben.

I: Sonra ... yine bir deyim soracam sizlere S12?

Me: Bu bana biraz kuantum fizigini hatirlatitti biraz, gerçi konulari hic hatirlamiyorum ama. Orada sunu yapıyorduk; sonsuz derinlikte bir kuyuya yani icini goremeyorsunuz ne oldugunu goremeyorsunuz fakat belli varsayimlarla belli cikarimlar yapıyorsunuz. Bunun gibi birsey animsatti bana. Aynı sekilde cok uzaktaki yildizlari dusunun goremeyorsunuz ama onun hakkında fikir yurutebiliyorsunuz. Aynı sekilde cok cok uzaktaki yildizlari dusunun goremeyorsunuz ama birtakim varsayimlar uretebiliyorsunuz. Bilim adamlarinin yaptigi sey bu zaten . Adam marsa gitmeistir ama mars soyle soyle. Su olusumu olabilir ya da kaya yapisi soyledir diyebiliyor. Gormuyor ama gozleyebiliyor onlari.

I: Sen ne dersin Murat?

Mu: Benim ki de paralel olacak mesela fotoelektrik olay, compton olayi falan var, biraz daha atomik boyutta onlarla ilgili cok islem yapıyoruz birza daha atomik boyutta onlarla ilgili cok islem yapıyoruz yani. Su an lise seviyesi ogrencilerinin bile bu konuda cok bilgisi var, bu konuda ona kimse sonucta gormuyor oolayi tam olarak. Gozlem yapıyoruz yani deney dedigimiz seyi yapamadigimiz icin. Gormeksizin gozluyoruz.

I: Duymak bir gozlem mi dir ya da farkli birs sey sorayim koklamak gozlem midir?

Mu: Koklamak gozlemdir bence. Duyu organlariyla yapılan seyler gozlemdir. **Bana gore Akilla yapılan seylerde gozlemdir. Bir hesap yapmak oturup bir varsayim yapma da bir teorem utermeye bir gozlemdir bana gore.**

I: Sonra soyle bir soruya geciyorum S13?

Me: herkesin bakis acisi farkli sonucta onun icin herkes farkli algilar yani. Her insan farkli yapidir onun icin farkli seyler yasamistir. Ona gore farkli yorumlar yapar dolayisiyla farli yorumlar yapar, dolayisiyla farkli gozlemler.

I: Sence Murat?

Mu: Bence dogustan gelen farklılıklar var . Aynı zamanda her insan çevre koşulları çevreye bakış açıları farklı olduğu için gördüğü her şeyi her insan aynı şekilde algılamıyor. Algılamıyor diyorum çünkü herkes ayrı şeyleri algılasa belki birçok şey daha kolay olacak.

I: Ama farklılıklar bazen avantaj getiriyor değil mi?

Mu: Tabii ki onuda söyleyecektim yani. Ama farklı olarak bir renktir yani. Eğer farklılık olmasaydı belki bilim bu noktaya ulaşmazdı.

I: Yine başka bir olaydan bahsedecem, gelecek osruda S14.

Me: Spektroskopi gibi yetersiz olduğum konularda bazı şeyleri baksakta göremeyiz. Su atom konusunu falan bugünkü mikroalemi yeterli almayan birine sordüğümüzde onunla ilgili çok bir yorum yapamazsınız. Çok fazla bir şey göremez.

I: **Bugünkü fizik derslerinde moleküllerden bahsedilmiyor belki yaşadığımız dünyayı en kolay yonu molekülleri anlamak belkide. Moleküler dünyayı anlatmak, bizim eğitim sistemizde fizikte hep atomla ilginiyoruz. Tabii ki böyle olunca kopuk kalıyor, hayal gücümüz sınırlanıyor ister istemez. Mesela kimyacılar bu tür sorulara daha kolay cevap verebiliyorlar. Örneğin hatta yeni bilim dalları var macromoleküller, supramoleküller gibi daha çok molekül molekül etkileşmesini inceliyorlar. Böyle olunca macrodunyaya daha yakın oluyor yani. Büyüklük olarak daha büyük olduğu için insanlar daha kolay algılayabiliyorlar. Daha kolay deney yapabiliyor yani bizim gibi atom atom deyim kalmıyorlar yani!**

I: Ben şimdi sizlere ayrı ayrı bir soru soracam. Burada üç tane soru var benzer nitelikte S15 Mehmet.

I: Ben ayni seyi Murat icin soruyorum S16.

Me: Foton, elektron, proton. Elektron ile proton zaten atom yapısında bulunan birsey. Proton çekirdekte bulunuyor + yuklu dedigimiz elektron, atomun etrafında dolaniyor – yukler. **Foton ise isik izinda hareket eden enerji demeti.**

I: Mesela iliski kurulabilecek bir iliski var mi? Mesela foton, proton.

Me: Mesela boyut olarak, enerji olarak foton. Compton olayında olduğu gibi yani siz tam nasıl bir bağlantı istiyorsunuz?

I: Mesela karakter olarak aynı kökten midir bir foton ile bir elektron?

Me: Bence aynı kökenli değildir. Elektron biraz daha yapısal madde özelliği var ama foton ile ise direkt enerji, proton ile elektron biraz daha yakın birbirine.

I: Murat sıra sende?

Mu: Neydi benim sorum? Madde; enerji, kuvvet, ilişkiyi mi soruyorsunuz değil mi?

I: Bne iliski var demiyorum iliski kurabilirmiydiniz ya da bu uc kavram farklı farklı incelenebilir. Ya da ikisi ilişkilidir, ucu ilişkilidir.

Mu: Anladım. Şimdi anladım. Bir defa enerji ile madde tamamen bir ilişki içerisindedir. Kuvvet te pesinden gelir. Nasıl olur? Evrendeki maddelerin her şekli enerjinin turudur olaya ben bu acidan baktığımda enerjinin olduğu her yerde bir kuvvet olur diyorum bir şekilde...him... bu kadar kalsın.

I: Tamam

İ: Ben başka bir soruya geçiyorum sabahdaki soulda vardı şöyle bir soru soruyorum S19. Bircok kisi bu konuda hem fikir sen dersin Mehmet?

Me: Bilmiyorum ben. Ben atomun bir özelliğidir diye yorum yapmıstım ama yanlış herhalde yani sonuçta!

I: Bende bu konuya hemen aciklik getirmedim tabii ki! Bircok kisi ile tanıştım bu ortak bir görüş ama yine de bircok fikir var tabii ki bir de Murat'ın fikrini alayım sonra tekrar tartışiriz.

Mu: Burada aklına gelen pek birsey gelmiyor. Sizde mehmet ile konuşurken pek aklına birsey gelmiyor. Renk ile atomu ilişkilendiremiyorum. Bilmiyorum mesela su masanın rengi gri ise bircok atomun burada bulunmasından dolayı böyle gözüküyor, demek ki atomlarda da bir grilik varmış ki hepsi bir araya geldiğinde gri bir şekilde gözüküyor.

K: Şimdi son soruya geliyorum yine ayrı ayrı soracağım. S20. Koku! Nasıl algılayabiliriz?

Mu: Ben acikcası birsey anlamadım? Burun ile değil mi?

I: Aslında çok basit gibi görünüyor, burnumuzla algılarız, kulmaklarımızla algılarız. Doğal cevap da zaten bu , ondan sonra devam ediyorum algıladığımız şeyin içerisinde ne vardır. Kokunun içerisinde ne vardır ki biz onu algılıyoruz?

Mu: İlk akla gelen şey gaz vardır diye düşünüyorum. Bir şeyin hal değiştirmiş şeklidir yani.

I: Madde kökenli bir şey midir? Yoksa dalga kökenli bir şey mi?

Mu: Koku madde kökenli bir şeydir diye düşünüyorum. **Ben hiç dalga koklamadım.**

I: Sen ne dersin Mehmet?

Me: Sıcaklık! Dokunmak bir duyu organımızla algılıyoruz sıcaklığı enerji sayesinde hissediyoruz diye düşünüyorum.

I: Acaba içinde sıcaklık hissini veren şey nedir?

Me: Biraz daha biyolojik bir enerji geliyor bence. Mesela bir şeylerin enerjisi biz bazı şeyleri algılayabiliriz, sınırlar yoluyla bir şekilde onu algılıyoruz.

I: Paralel soru yine geliyor ardından. Madde kökenli midir? Dalga kökenli midir?

Me: Enerji madde ya da dalga diye ayırabiliriz mi iste onu diyorum?

I: Bende onu sanıyorum zaten senin düşüncen nedir bu konuda.

Me: Him...

I: Bir şey hissettik.

Me: Dalga Kökenlidir o zaman.

I: Mesela Murat ta dedi ki. Sen hiç dalga koklamadım.

Me: Çünkü işi enerjisi madde kökenli hiç duymadığım için dalga kökenli diyorum.

I: Şimdi burada bitiriyorum umarım bu cevaplarınız araştırmama çok katkısı olacak. Çok teşekkür ederim.

Mu, Me: Bizim içinde çok faydalıydı, biz de çok teşekkür ederiz.

X. (Arzu KALAY, Fen fak kimya I (II. Og.), 20 yaşında)

I: Kendini biraz tanıtabilir misin bize?

A: Arzu Kalay, Balıkesir Üniversitesi, FEF kimya I, II. Og., 1983 doğumluyum. İstanbul' dan geliyorum.

I: Ben 1. sorumla başlamak istiyorum. Mikroskobik dünya, makroskobik dünya bu iki kavram ı duyunca ne aklınıza geliyor?

A: Mikroskobik deyince aklıma daha çok küçük şeyler geliyor; atom, olabilir, molekül olabilir yani göz ile öremeyeceğimiz şeyler çıplak göz ile göremeyeceğimiz şeyler, makroskobik şeylerde daha belirgin şeyler aklıma geliyor. Herşey için olabilir bize gözle görebileceğim daha belirgin. Belki algılayabileceğim şeyler olabilir 5 duyu organıyla, dokunabileceğim ya da koklayabileceğim böyle şeyler yani.

I: İkinci sorum şöyle olacak S2.

A: **Moleküllerin boyunda olsaydım. Belkide moleküller boyutta yaşıyoruz. Şaka, şaka. Belki biz ona moleküler diyoruz ama daha dış dış ta neler olabilir acaba. Şu an için düşünürsek... farketmezdi herhalde. Çünkü biz moleküler boyutta olmuş olsaydık. Yine bizden daha büyük şeyler olacaktı. Moleküler olsaydık yine ondan daha küçük şeyler mevcut olacaktı.**

I: Çok birşeyler değişmezdi diyorsun yani?

A: Değişmez diyorum.

I: Herşey aynı olurdu yani?

A: Evet herşey aynı olurdu?

I: **Acaba Spektroskopi diye birşey duydunmu? Bu kelime sana ne çağrıştırıyor?**

A: **Him... Hiç bir şey...**

I: Çağrıştırmıyor olabilir yani duymuş ya da duymamış olabilirsin?

I: Şimdi şöyle bir soru var. Metafizik anlamış olmamak şartıyla S6.

A: Görünür dünya, cisimler madde aklıma geliyor, görünmez dünya cisim olarak mı madde mi?

I: Görünür deyince, hissederek ya da hayal dünyamıza giriyor.

A: Daha küçük şeyler desem onlarda görülebiliyor. Görünmez dünya böyle hayal gücü ile alakalı herhalde ya da him...

I: Hiç bir şekilde görülmeyecek şeyler mi diyorsun? Mesela atom ve molekülleri eğer biz zorlarsak görebiliyoruz.

A: Görünmez diye birşey yok...

İ: Mesela enerji görünmez dünyanın bir elemanıdır diyebilir miyiz?

A: Diyemeyeceğim çünkü bir gün neler olacak bilemeyiz. Olabilir yani çünkü sürprizlerle dolu dünya...

I: Bir gün görebiliriz yani!

A: Olabilir neden olmasın yani(Rire).

I: Sen sorularda şeklini çizdin mi?

A: Evet şeklini çizdim.

I: Şimdi diğer bir soru diyor ki. Foton kelimesi biliyorsunuz?

A: Işık yani!

I: Işığın temel parçacığı ve kütlesi yok buradan hareketle acaba bu foton durgun olabilir mi?

A: Durgun olabilir mi? Ooo... olamaz herhalde ya(rire).

I: Eğer fikrin yok ise geçebiliriz.

I: Şimdi görmek ile ilgili bir soruya geçiyorum S8.

A: Neden aynı? Hım... yani ortamda görebiliyorsak benim için aynı şeyi ifade eder. Değişik olmuyor.

I: Şimdi şöyle bir soruya geçiyorum S10. Öncelikle böyle bir bilgiye sahipmiyiz?

A: Evet böyle bir bilgiye sahibiz taa ilkokuldan beri.

I: Acaba sen ikna oldunmu canlılar biz gerçekten atomlardan ve moleküller aklından bir tereddüt geçiyor mu?

A: Bir kitap okumuştum ben orada şöyle birşey yazıyor du. Vücudun küçük enerji dalgalarından oluştuğunu söylüyordu. Onlar işte atom ve moleküller, atomun en içine indiğimizde hep enerji dalgaları bunlar sürekli sonsuzdan gelen sonsuza giden kavramlar olduğundan (**représentation socilale**) işte, mesela bugün gördüğümüz elin asla bir hafta önceki gibi olmadığı anlatılıyor ve sonuçta....o daha inandırıcı geldi bana...

I: Oradan çıkararak hiç bir tereddüt yok diyorsun?

A:Yani!

I:Başka bir soru atom fikri 2500 yıllık bir tarihi var. 2500 yıl önce birisi atomlardan bahsediyor ve bugün karşılaştığımız atom aynı atom. Bundan 200 yıl önce bir molekül fikri ortaya çıkar. Benim burada sormak istediğim. Moleküller daha büyük olmasına rağmen S9.

A: Neden olabilir.

I: Sadece senin düşüncen. Çünkü bu filozofik bir konu.

A: **Atomlar molekülleri oluşturuyor muydu?....**

I: Hani insana büyük şeyleri bulmak ve görmek daha mantıklı gelir ya.

A:Yani büyükten küçüğe gitmek daha mantıklıdır.

I: Ama fikir olarak en küçükten başlamışlar.

A: Bunun hakkında birşey söyleyemeyeceğim.

I: Ondan sonra tek bir atoma dokunmanın senin için anlamı nedir?

A: (rire)...Herhalde çok zor olurdu (rire). Herhalde o zaman moleküler boyuta inmemiz gerekirdi herhalde...

I: Acaba senin için anlamı varmı bu şekilde tek bir atoma dokunmanın?

A: Aslında hoş olurdu ama! Bence ama şimdi imkansız diyeceğim. Bugün gerçi imkansız demek çok zor bir kelime olacak ama!

I: Bizim atom kitabında söyle bir yazı yazıyordu “akılsızın lughatinde imkansız diye bir şey yoktur” bir gün karşılasan görebilirsin.

A: Herşey olabilir yani neden olmasın. (rire). Neden olmasın. Ama komik olurdu.

I: **Sonra başka bir soru şöyle; gözlem ile ilgili bir cümle var burada S11.**

A: Görmeksizin gözlemek!

I: Evet görmeksizin gözlem.

A: Saçma!

I: Mesela duyarak gözlem yapabilir miyiz?

A: Ama ben yine de hepsini kullanırız diye düşünüyorum tek bir şey ile zor olmaz mı? Mesela kulakla.

I: Zorluk başka birşey. Gözlem yapabilir miyiz yani kulakla duyma bir gözlem midir?

A: Olabilir.

I: O zaman geriye dönersek görmeksizin gözlem mümkünmüdür?

A: Bu söylediğimize oranla olabilir.

I: Ben şöyle sordum bazı arkadaşlara acaba kulağı duymayan birisi için bilim var mıdır?

A: Vardır.

I: Kulağı duymayan için!

A: Vardır O zaman gözlem kelimesini kısıtlamak lazım.

I: Yani gözlem görmeye bağlı değil. Zaten eğer gözlem görmeye bağlı olsa idi sanırım teknoloji bu kadar ilerlemezdi!

I: S13

A: Ruhumuzdan kaynaklanıyor bence! Yani **ruhsal zekamızdan**. Her insan geldiği dünyasında farklı yetişmiştir ona bağlı olarak hayal dünyası inançları farklıdır onlara paralel olarak çok farklı şekilde algılayabilir aynı olayı.

I: Şimdi şöyle bir soruyla devam ediyorum S14.

A: Bakıyoruz ama göremiyoruz!

I: Hiç bakıpta göremediğin oldu mu?

A: Tabii ki olmuştur, herhalde mesela aynı yoldan yürüdüğümüzde, bunu bakarak mı yoksa inceleyerek mi diyelim yani daha çok gözleme dayanıyor. Mesela odaya girdiğimde oda hakkında genel bir bilgi sahibi oldum ama ilgilerimize göre içeriye şöyle bir baktığımızda daha fazla şey olduğunu keşfettim... yani keşfettim derken görebildim.

I: Bakmak ile görmek farklı?

A: Evet farklı.

K: Şimdi şöyle bir soru sorayım S17. Bunları birbirinden ayırt edebiliyor musun kolayca?

A: Belirli şeyler var aklımda. Ama deyince en küçük parça aklıma geliyor eşit eşit küçük daireler aklıma geliyor. İşte proton, nötron işte resimde gördüğümüz şeyler. Molekül deyince iki yani birleşmiş yani bağ yapabilmiş elementler yani herhangi mesela su yani kimyasal elementler bileşik olabilir. Eh işte bileşik halinde olabilir saf halde olabilir şeyler. O şekilde **kalıplaşmış şeyler** yani herkesin bildiği şeyler yani.

I: Şimdi soruyu değiştiriyorum. Size atomların rengi ile ilgili bir soru sormuştum. Hatırlıyor musun?

A: Hı hı

I: Burada 19.

A: Hıı mesela su buharı gibi değil mi? Tek olduğunda göremiyorduk biraraya geldiğinde ya da yoğunlaştığında. Acaba gözümüz o küçük şeyi görme yeteneğine sahip değil mi? Ya da gözün görme sınırlılıklarından kaynaklanıyor olabilir mi?

I: Soruları ben sorduğum için!

A: Evet o olmuyor (rire). Çünkü soruya soruyla cevap verilmez!

I: Aslında verilebilir ama bu durumda değil (rire).

A: Gözün göremediğinden, hani kulak ta belli frekansları işitiyor ya o şekilde düşünmüştüm. Böyle yani;

I: Şimdi son sorum. Sıcaklığı nasıl algıyorsun?

A: Havalar çok sıcak dermişim mesela (rire) sıcaklık. Him... nasıl algılarıım mesela normal olarak mesela odanın sıcaklığı normal sıcaklığından daha yüksektir. Belki acı verebilir.

I: Nasıl hissediyorsun mesela sıcaklığın arttığını?

A: Ter basıyor işte!

I: Şimdi arkasından başka bir soru geliyor sonra... sıcaklık hissini veren şey nedir? Madde midir? Dalga mıdır? Madde karakterli birşey midir? Taşınan bir madde var mıdır? Yoksa içinde dalgası var mıdır? Dalganın etkisi ile mi uyarılıyoruz? Sonuçta bir şekilde hissediyoruz değilmi yani?

A: EvetDalgalar olabilir. En mantıklısı onlar bizi uyarıyor olabilir.

I: Sana son bir soru kalorifer ile ve güneş ile ısınmak arasında ne gibi farklılık vardır. Mesela odada otururken. Soba ya da kaloriferin verdiği sıcaklık, dışarıda güneş ile hissedilen sıcaklık aynı mıdır?

A: Fark... sonucu belki aynıdır, ikisinde de sonuçları ben ısıyorum. Ama oluş tarzları yani... ne bileyim daha farklı olabilir ama... (rire) benim için aynı şey ikisinde de ısıyorum yani.

I: Çok teşekkür ederim.

A: Ben teşekkür ederim.

XI. (Şengül Candar, kimya I, II. Öğretim, fen fak. Kimya I.)

I: Kendini biraz tanıtabilir misin?

S: Şengül Candan, Bursa 'dan geldim. Fen Fak kimya I sınıftayım, daha ilk sınıftayım.

I: Şimdi hemen sorulara geçiyorum, mikroskobik dünya ve makroskobik dünya deyince aklına ne geliyor?

S: Mikroskobik ve makroskobik olarak. Şimdi makroskobik olarak molekül yani kimya hocamızın da öğettiği gibi benim aklıma hocanın da dediği gibi tanımdan yola çıkayım ben ya işte molekül, iyon ve taneciklerin işte biraraya gelerek beraberce gösterdiği özellik.

I: Peki ayırım yap deseler şuraya kadar mikroskobik şuraya kadar makroskobik diyebilir misin?

S: **Mesela mikroskobik sadece moleküllerin ve herbirinin tek tek gösterdiği özellik ama beraberce gösterdiği özellik olunca makroskobik.**

I: İkinci sorum moleküller ile olacak şöyle S2.

S: Hangi boyutta olsaydın?

I: Moleküler boyutta olsaydık ne görürdük etrafımızda? Tabii ki orada kalmayacağız geri döneceğiz tabii ki.

S:

I: Birşey görmek gerekir mi?.

S: Yani herhalde etrafımızdaki atomları ve molekülleri görebilirdik herhalde. Aslında onları da varsayıyoruz ya! Gözlemleyemediğimiz için!

I: Elektron göremeyiz mesela?

S: Çok küçük oldukları için . herhalde...bilmiyorum onu yaşamak lazım herhalde (rire).

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum, spektroskop kelimesini duyunca aklına ne geliyor?

S:....Ya bir molekülün katsayıları gibi birşeyler geliyor.

I: Başka bir soruya geliyorum. S6. tabii ki bu metafizik sorulmuş bir soru değil oldu mu? Ne düşünürsün felsefeden yola çıkarak?

S: Görebildiğimiz herşey olarak adlandırabiliriz...göremediğimiz herşeyide görünmez dünya olarak adlandırabiliriz. Mesela mikropları çıplak gözle göremiyoruz ama mikroskopla büyük bir yaklaşım bir virüs görünür dünyanın mı yoksa görünmez dünyanın mı bir elemanıdır? Mantığınla!

S: Görünür dünyanın elemanı olurdu.

I: Hangi dünyaya alırdın?

S: Ben görünür dünyaya alırdım sonuçta mikroskop ile görebiliyoruz.

I: Aynı şeyi enerji için sorsam? Hangi dünyaya alabilirsin?

S : Enerjiyi de alabilirim sonuçta onu da elektrik olarak görüyoruz. Bir şekilde görüyoruz bir şekilde.

I: Etkileşimi görüyoruz herhalde?

S: Evet etkileşimi görüyoruz.

I: Ama kendisini göremiyoruz.

S: Aslında evet kendisini göremiyoruz. Herhalde onu gözlemleyebiliyoruz onu tam anlamıyla görmesek bile gözlemleyebiliyoruz.

I: Onun şeklini çizebilir miydin?

S: Çizemezdim herhalde.

I: Görülebilir olduğuna inanıyorsun böyle bir şeyin?

S: Hayır yani ben çizemem. Bence değil. Hiç çizildiğini görmedim (rire).

I: Yani herşey deneme ile ya!

S: Yani!

I: Bizde denemiş olduk. Sonra foton kavramından bahsedildiğini duydun mu? Işık hızıyla yayılıyor, kütlesi yok. Bu fotonun durgun olduğunu düşünebiliyor musun?

S: Yani ışık hızı ile diye birşey var, hız olduğuna göre bir hareket var.

I: Ben diyorum ki dursun, durabilir mi? Durgun olarak bir anlamı var mıdır?

S: Durgun olarak foton.. ama fotonların halinde demin birşey tanımlarken. Ben onu durgun olarak düşünemiyorum. Hani aslında sürekli hareket eden hareketli birşeyler geliyor bana.

I: Bu ışığın durması gibi birşey fotonun durması demek ışığın durması demek. Işık geldi ve şurada durdu mümkün olabilir mi?

S: Bence mümkün olmaz. Ya ışık engelleyen ya da geçirmeyen bir madde olursa mesela gönderdiğimiz ışık maddeye çarpan durabilir ama tekrar geri dönüş yansıma da olabilir.

I: Ama durması mümkün değil diyorsun?

S: Yok olmaz yani! Yani...

I: Ben şimdi güncel bir konuya geçiyorum. Canlılar cansızlar ya da doğrusu moleküllerden yapılmıştır diyelim diye öğretiliyor. Sen öyle birşeye ikna oldun mu? **Aklına yatıyor mu?**

S: Aslında ya aklıma... **Daha çok yatırmaya çalışıyoruz yani öyle varsayıyoruz**. Bazı şeyleri görmediğim için gözlemlediğimiz bu kesinlikle vardır.

I: Bu şekilde birşeyi bana anlat desem anlatabilir misin? Biliyormuş gibi yani hissederek?

S: **Tabii ki hayır. Hissedemem tabii ki hissederek daha kolay anlatılır. Şu an hissediyorum yani, molekül olarak aklımda düşünemiyorum hani aslında onları öyle varsayıyoruz. Birazcık ezber oluyor yani.**

I: Ben şimdi birazcık görmek kelimesinin anlamına geliyorum S8.

S: Sonuçta yani göz. Bence aynı anlamda olmalı yani.

K: Sonra geçiyorum. Atom fikrine 2500 yıl önce bir atom fikri ortaya atmışlar ve bu güne kadar gelen bir sürekliliği var ondan sonra da 200 yıl önce bir molekül fikri atılmış moleküller daha büyük yada daha fark edilebilir olduğu halde S9. Bir fikrin ya da düşüncenin olabilir mi bu konuda?

S: Mesela bazı şeyleri yapabilmek için biraraya getiriyoruz ya... madde olarak düşünmüşler yani herşeyin bir taneden oluştuğunu düşünmüşler acaba?

I: Limit diyebilir miyiz yani olsa olsa en küçüğü vardır ve ondan başlamak daha mümkündür demişlerdir belki!

S: En küçüğünden yani en küçük üniteden.

I: En küçüğünden insana daha kolay geliyor ya?

S: Hani binaya başlarken öyle yapıyorlar ya!

I: Tek bir atoma dokunmanın senin için anlamı nedir?

S: **Dokunabilir miyiz acaba?**

I: Bende onu diyorum. Acaba bir anlamı olur mu senin için?

S: Dokunamadığım için bir anlamı olmaz herhalde (rire).

I: Dışarı çıkınca hoca uçuk kaçık sorular soruyor diyecek misin?

S: Aslında bence uçuk kaçık değil de daha çok fazla düşünmek var yorum var aslında.

S: Hissediyor musun yorum yaptığımı?

S: Evet hissediyorum aslında her zaman yapılabilir bu daha ... yani düşünce dünyamız açılıyor. Mesela 3 haftadan beri dersleri laboratuvarında yaptırıyor deneylerle birlikte gerçekten deneyleri sonuçlarını görünce herkesin aklında kalıyor gerçekten oluyormuş ya diyorum. Öğrenerek yaparak daha güzel oluyor böyle düşünce dünyamız zenginleşiyor. Mantıklı herşey daha güzel oluyor.

I: Şimdi başka bir terime geçiyorum ben S12.

S: Tekrarlayabilir misiniz?

I: Görmeksizin gözlemek! Bir duyum.

S: Görmeksizin gözlemek... yani görmeden gözlemek.

I: Açıyorum biraz.

S: Moleküller falan.

I: Mesela duymak bir gözlem midir?

S: Duymak mı? Gözlem değildir tabii ki. Bence duymak gözlem olamaz. Ama eğer tabii ki onun üzerinde düşünebilirsek belki **hayal dünyasında gözlem olabilir**. Yani kendimi onu hayal dünyasında gözlem olarak...

I: Mesela görmeyen birisi için bilim var mıdır?

S: Tabii ki vardır yani. Şey ama şey onların okulları falan var ya. O şekilde olabilir. Ama ben bu dünyaya görmeden gelseydim, hiç bir şeyi görmediğim için düşünemezdim herhalde! Hiç bir şey düşünemezdim.

I: Tabii ki görmek büyük faktörlerden birisi.

S: Tabii ki en büyük faktörlerden biri.

I: Artık birkaç sorum kaldı. Şimdi şöyle bir soruya geçiyorum S13. Aynı ortamda yetişmemize rağmen, aynı sınıfta olmamıza rağmen yine de inançlar farklı düşünüyor sence bu neden olabilir?

S:.... Bence herkes aynı düşünceye sahip olsaydı diye bir soru sorsak nasıl olurdu? (rire) soruya şöyle karşılık vermiş olurduk herhalde. Düşünemezdi, düşünseydi kötü olurdu.

I: Düşünceden kaynaklanan bir gözlem farklılığı.

S: Evet. Gözlem ile ilgisi olmalı. Herkesin gözlem kapasitesi farklıdır. Mesela ben gördüğüm şeyden çok farklı birşey anlarım. Tabii ki başka arkadaş da başka şeyler anlayabilir veya başka birşeye benzetebilir.

I: Hemen paralelinde başka bir soruya geçiyorum şöyle S14. Bakıpta göremediğimiz şey nedir? Bakıp ta göremediğiniz şeyler oldu mu?

S: Aslında bakıp görememek değilde (rire). Bulmaca da var ya dikkatli bakılmasından da olabilir. Yani bence dikkatli bakılmadığından kaynaklanıyor olabilir. Hani mikroskobik düşünüyorsunuz farklı olabilir yani.

I: Yok yok burada serbestsiniz çünkü burada sınırlara gerek yok. Ben sınırları çizilmemiş bir dünyada yaşıyorum daha rahat ve geniş düşünmek için.

S: Eğer görünmez maddeler ise molekül, iyon gibi onları göremeyiz tabii ki.

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum. Atom, kimyasal element, molekül deyince hemen ayırt edebiliyor musun kolayca?

S: Atom, kimyasal element diğeri neydi?

I: Molekül!

S: Yani atomlar birleşiyor molekülü oluşturuyor.

I: Element?

S: Element te ... Tabii ki onlarda moleküllerden mi oluşur? Öyle tam olarak bilemiyorum tanım yapmak gibi yani.

I: Ben tanım istemiyorum zaten.

S: Ben tanım olarak düşünmüştümde! Ezberci olduğumuz için zaten.

I: Ben şimdi arkasından şöyle bir soruya geliyorum S18.

S: Hayatımız için önemi? ... Tabii ki ışık hayatımız için önemli ama hiç görünür görünmez diye düşünmemiştim.

I: Mesela em spektrum bir kısmını görüyorum.

S: Tabii ki bu ışınlar zararlı x-ışınları falan var. Tabii ama ben hiç böyle düşünmemiştim (rire).

I: Ben şimdi dünkü soruya benzer bir soru soracağım S19. ne dersin acaba?

S: Renk atomun bir özelliği, bence elementin bir özelliğidir ama yani!

I: Diyor ki tek bir atomun özelliği değildir renk mesela tek bir altın atomu sarı değildir diyor soru ,sen ne dersin?

S: Ama renkler mesela şey oluyor. Him.. renk oluşumu... renk oluşumunu düşünüyorum da!

I: Moleküller için birşey söyleyebilir misin? Mesela on milyon tane molekülü yan yana biriktirdik renginden bahsedebilir miyiz?

S: **Gözlemlemem lazım (rire). Evet gözlemem lazım.**

I: Őimdi kokuyu soruyorum nasıl algıyorsunuz kokuyu?

S: Reseptörlerle, reseptör hücreler ile algılarım herhalde.

I: Koktuğun şeyin içinde ne vardır acaba? Dalga karakterli birşeyler mi? Yoksa madde karakterli birşeyler mi. Ya da koku nasıl taşıyor?

S: Koku havada ikisi birlikte taşınır mı? Hiç düşünmemişim vallahi, hiç düşünmemişim vallahi . tabii ezbere yaşıyoruz ... yine hava yolu ile herhalde.

I: Teşekkür ederim.

S: Bende bana zaman ayırdığınız için teşekkür ederim yani böyle güzel aslında böyle şeylerin yaygınlaşması da güzel olur.

XII. (MEHMET-I, FEF - kimya III.)

I : Kendinizi biraz tanıtabilirmisiniz bize?

M: İsmim Mehmet, kimya 3. sınıf öğrencisiyim. Bau de, Isparta doğumluyum. Fen fak. öğrencisiyim.

I: Öğretmenliği düşünüyor musun?

M: Daha önce düşünüyordum ama şimdi daha açığı düşünmüyorum daha çok özel sektör düşünüyorum. Diğer şey neydi?

I: Herhangi bir bilimsel aktivite yapıyor musun okul dışında?

M: Okul dışında uğraştığım bilgisayar aynı zamanda bilgisayar programcılığını bitirdiğim için onunla meşgul oluyorum yani.

I: Ben şimdi sorulara geçiyorum. Mikroskobik dünya, makroskobik dünya, bunları duyduğunda aklına gelen şey nedir. Mikroskobik dünya makroskobik dünya.

M: Mikroskobik dünya denince aklıma atom geliyor, yani küçük bir parça olarak bugüne kadar ulaştığını düşünüyorum, bundan sonra ne olacağını bilemeyiz ama, bunlar aklıma geliyor.

I: Mikroskobik dünya ile makroskobik dünya arasında bir sınır olmuş olsaydı neresi olurdu?

M: İnsanoğlu ne zaman yaşama geldiyse o zamandan beri bence.

I : S2. Aynı özelliklere sahibiz etrafımızda ne görebiliriz?

M: Bence büyük büyük moleküller görürdük, eğer molekül boyutuna indiysek ayrıyeten ...

I: Atomları görebilirdik mesela?

M: Sanırım görürdük S5.

I: Bir başka soru spektroskopi. Spektroskopi bugün kimya da fizikte kullanılan bir yöntem S5.

M: Spektroskobiyi biz genelde analitik kimyada kullandık. Bana spektroskopi dendiğinde daha çok kimyada kullanılan elementlerin ne olduğunu bulmamızı sağlayan hangi bağların, hangi fonksiyonel grupların organik kimyada olsun , bunları bulmamıza yarayan alet olarak düşünüyorum. Spektroskopi bunun yönteminde spektrofotometre olarak görüyorum. Tabii bunlar değişiyor. Yani IR, UV, aralığı bildiğimiz gibi.

I: Çok çeşidi var yani.

M: Evet bir çok çeşidi var.

I: Mesela bazı bilim adamları şöyle diyor. “görünmez dünyayı görünür kılan yöntemler olarak” bahsediyor!

M: Yaa tabii biz mesela IR gözüyle bir şeye bakamıyoruz onlar mesela o dalga boyunda ışık yayarak bizim onları o şekilde görmemizi sağlıyor.

I: Şimdi başka bir soru foton ile ilgili fotonu tanıyorsun ışık hızı ile yayılan parçacık, kütlesi yok. Bizim sorumuz şöyle S7.

M:....Kütlesi olmadığına göre nasıl durgun günlük hayatta mı? Yoksa uzayda mı?

I: Günlük hayatta zaten uzayın içinde olduğumuza göre ayrıca uzaya gitmeye gerek yok.

M: Kütlesi olmadığına göre bu madde mi?

I: Kütlesi yok ama biz bir an durgun olduğunu kabul edelim acaba olurmuydu?

M: Olabileceğini düşünüyorum.

I: Şimdi diğer bir soru daha çok görme ile ilgili bir olay S8.

M: Bence değildir. Atom boyutu ile çevremizde gördüğümüz şeylerin boyutu farklı ve yani atomu hayalimde canlandırabilmem için bir kere bizim üç boyutlu bakmamız lazım. Onu da göremediğimiz için ben atoma akmak ile çevreye bakmak aynı şeyler diye düşünüyorum.

I: Diğer bir soru şöyle S10. örneğin sen böyle bir bilginin varlığına ikna oldun mu? Vücudumuz, etrafımızda gördüğümüz herşey atomlardan yapılmıştır.

M: Evet.

I: Herhangi bir tereddütün yok?

M: Yaa yani değişik atom teorileri var, Bohr olsun, Dalton olsun bunlar zaten yeterince kanıtlıyor varlığını.

I: Mesela tabii ki siz kimya bölümünde okuyorsunuz, biz moleküllerden oluşmuşuz acaba bunu anlatabilirmisin?

M: (Rire) yani onları pek, derece inanacaklarını ve ben bilimsel olarak algılayabileceklerini düşünmüyorum ama yani en azından teorisini anlatsam evet diyebilirler mantıklı olarak.

I: Başka bir soru yine atomlar ve molekül terimi ile ilgili (daha önceki sorularda açıklandığı gibi aynı) S9.

M: Belki dünyada bir ara teknoloji o kadar ilerledi ki onları bile açıklayabiliyor duruma geldi. Mesela gittiğimiz yerlerdeki tarihi eserlerden bile görebiliyoruz. Taa o zamanki mimariyi şimdiki mimarlar yapamıyor mesela! Mesela mısır piramitleri olsun. Demek ki medeniyet öyle bir zamana geldi ki insan bilgisi, matematik, fizik, kimya gibi bunların hepsini bilir bir toplum haline geldi. Tabii ki bilgi günümüzde daha çok arttığı için mecburen bunlardan birine yöneliyorsun mesela kimya da bir sürü dal açılmış yani. Mecbur bir yerde kendini yetiştirmek

zorundasın çünkü herşeyi bilemezsin o demek ki o zamanki insanlar her türlü bilgiye sahipmiş yani bu nedenle onları oyle açıklamış olabilirler.

I: Başka bir soru bunlar da değil daha çok düşünce egzersizleri. Tek bir atoma dokunmanın sizin için anlamı nedir?

M: Bugüne kadar ben dokunduğum şeylerin tek atomlu olduğunu düşünüyordum da ola ki olduysa en azından parçalanmasından korkuyorum. Eğer dokunsaydık ilginç olurdu herhalde!

I: Acaba bir şeye dokunduğunda atom ya da moleküllere dokunma hissi varmıdır düşüncende?

M: Moleküle dokunduğumda aynı zamanda atoma dokunduğum hissini verir bana, ama onu canlandırmak biraz daha zor bizim için biz daha çok molekül boyutunda düşünebiliyoruz. atom boyutuna inemiyoruz yani!

I: Şimdi bir başka deyim var şöyle S12. Bu biraz felsefi bir deyim tabii ki...

M:....

I: Gözlerimizi kapatıp gözlem yapmak mı?

M: Bence görerek gözlem yapmak daha mantıklı olacak, yaa görmek neye baktığımız ve nasıl baktığımızı göre değişir o daha çok algılamaya yönelik bir şey. Mesela çevremize bakıyoruz çevremizde ilgimizi çeken ne varsa daha çok onu görüyoruz. Bakmak ile arasındaki fark bu! Algılama farkı, yani o nasıl neye baktığına ve rengi algılamak istediğine göre değişir.

I: Ben dün arkadaşlara öyle bir soru sormuştum duymak bir gözlem midir?

M: Evet gözlemdir. En azından sesi algılıyorsun yani gözlem illa da gözle bakmak, kulakla da burunla da bir şeyin kokusunu gözlemleyebilirsin?

I: Belki bu sorularında görmeksizin gözlem kelimesinin anlamı daha belirginleşiyor değil mi?

M: Mesela en var çok güzel kokan naftalin kokarak algılayabilirsiniz, ama su kokusuzdur ancak tatla algılayabilirsiniz. Gözlemlerimizi bizzat gözlem yapmak ne kadar yeterlidir bence yeterli değildir.

I: Şimdi çevremizde gördüğümüz insanlar olsun biz olalım aynı eğitimleri aldığımız aynı sınıfta olmamıza rağmen yine de yaşadığımız dünyayı farklı gözlüyoruz ya da herkesin farklı farklı bir gözlem yeteneği var.

M: Bu herhalde insanların düşünce farkından kaynaklanıyor. Zaten aynı bilgiyi alıp, aynı şeyi düşünseydik herhalde birbirimizden farkımız olmazdı. Yani monoton bir hayat olurdu herkes aynı şeyi düşünmüş olsaydı. Mesela ben bir resme baktığımda ben farklı bir şey görürüm bir başkası farklı yorumlar. Him öyle olmasının da mantıklı olduğunu düşünüyorum.

I: Normal yani!

M: Anormal bir durum değil yani? Farklı olması normal.

I: Şey bir soru, atom, kimyasal element ve molekül bu üç terimi duyduğunda, mesela bazıları bu terimleri karıştırabiliyor. Sen bunları kolayca ayırt edebiliyor musun?

M: Evet mesela atom molekülün en küçük parçası diye düşünüyorum elementi de. Zaten doğada bulunan 104 tane element var? Arttı mı bilmiyorum? Moleküllerde bu atomların bir araya gelmesiyle oluşan birimlerdir diye düşünüyorum. Ayırırım yani ben bir kimyacı olarak. Ama dışarıdan bir insana sorduğumuzda kimyasal elementi de atom olarak görebilir. Ama onun atomlardan oluştuğunu bilir, buna direkt olarak atomdur demez ama.

I: Mesela demir diyelim. Tek bir demir atomu var. Ondan sonrada bir demir elementi var. Acaba ikisi aynı özellikleri gösterir mi? Demir atomu demir elementinin bütün özelliklerini gösterir mi?

M: Gösterdiğini zannediyorum. Yani dışarıdan mutlaka girişimler vardır yani ama özünde atom olarak aynı özellikleri gösterir. Bütün halinde bakarsan farklı bileşimler, en azından doğada bir oksitlenme olur. Yani farklı girişimler mukakkak olduğu için atom özelliğini özünde taşır ama element olduğunda farklı girişimlerin (mudahalelerin) özelliğini taşır diyorum.

I: S19. Mesela tek bir altın atomu sarı değildir diyorlar sen acaba ne dersin ?

M: Evet böyle bir soru vardı sizin anketlerde altın atomunu çok küçük parçalara bölersek aynı rengi olur mu diye. Bence aynı renkte birçok atom olabilir. Sadece rengine bakarak şu atom diyemezsin.

I: Mesela bir altın rengine baktığımda rengi var. Makroskobik boyutta rengin bir anlamlılığı var ama beş altı atom için ya da tek bir atom için renkten bahsedemeyiz diyor ama mikrodünyada böyle bir anlamlılığı yok.

M: Boşluk gibi öyle mi acaba?

I: Mesela bir maddenin renklilik özelliği nelere bağlı olabilir?

M: Bence biz doğada gördüğümüz şeylerin rengini ancak (ışığın) absorblama özelliğinden dolayı.

I: Işık

M: Yani ışıktan dolayı atom ışık gönderildiğinde renksiz gözüküyorsa o zaman atom onu absorbluyor demektir. Işık ona etki etmiyordur.

I: Ben son bir soru ile bitirmek istiyorum. Koku az önce bahsettik kokuyu nasıl algılayız kokuyu algılama bir yöntemmidir?

M: Bence her madde için bir gözlemlene yöntemi değildir önceden bildiğin tanıdığın bir madde için, bir elementin en azından sana bir bilgi verir, yani bir gözlem yöntemidir. Deminde illede göz ile gözlem bence madde için geçerli değil.

I: Peki kokuyu algıladığımız şey var. Yani içinde birşeyler var ki onu algılıyoruz sence ne vardır kokunun içerisinde?. Madde mi vardır? Moleküller mi vardır? Yoksa dalga karakterli birşeyler mi vardır? Birşeyler var ki algılıyoruz kokunun içinde ne vardır?

M: Bence kokuyu algılamamıza sebep olan şey o maddenin kendine has özelliği!

I: Mesela koku deyince içinde birşeylerin varlığını gösteren bir şeyler mi var?

M: Muhakkak bir şey var yani. Koktuğumuz zaman bize geçen atom mu? Veya başka bir dalga boyulu moleküller mi? Ne olduğunu işin açığı pek düşünmedim de (rire). Muhakkak o atomun yaptığı birşeyler var ki bizim üzerimizde algılayabiliyoruz.

I: Mehmet çok teşekkür ederim.

M: Birşey değil, ben teşekkür ederim.

XIII. (Mehmet II, FEF-Kimya III)

I : Kendinizi biraz tanıtabilirmisiniz bize?

M: Kayseri' den geldim, ismim Mehmet, işte buraya gelmeden önce üç sene sanayide çalıştım ve işte burayı kazandım geldim. Sanayinin zorluklarını gördükten sonra. Şu anda bu okulda okuyoruz çalıştığım herhangi bir bilimsel bir şey yok sadece dersler bunun dışında uğraştığım birşey yok.

I: Örneğin çalışma hayatında öğrendiğin şeyler burada yardımcı oluyor mu?

M: Evet faydası olduğunu düşünüyorum birçok şeyi daha objektif görebiliyorum.

I: Rahat ol Mehmet!

M: Rahatım yeterince böyle rahat!

I: Ben şimdi sorulara geçiyorum. Burada soracağım sorular hergün duyduğumuz şeyler. Amaç tekrar bir sorgulamak. İki terim ile başlamak istiyorum mikroskobik dünya, makroskobik dünya, bu iki terimi duyduğunda ne aklına geliyor?

M: Mikroskobik dünyada ne işte ne bileyim çok ufak artculler işte ne bunlar atom altı tanecikler, elektron, proton gibi şeyler. Makroskobik dünya dendiğinde elle tutulur gözle görünür nesnelere.

I: Bu anlamda güneş makroskobik midir bu durumda?

M: Güneş makroskobiktir , gözle görebiliyorum.

I: Elle tutabilir miyiz?

M: Elle tutamayız ama makroskobiktir.

I: Şimdi biraz hayal gücüyle ilgili bir sorum olacak, moleküller S2.

M: **Moleküllerin boyutunda olsaydık o zaman bana göre onlar makro olacaktı çünkü aynı değerdeyiz onları ben rahatlıkla görebiliyorum.**

I: Peki bu durumda moleküller arasında bağlar var etkileşimler var. Onları nasıl görürdün?

M: Etkileşimler ...

I: Model olarak yani!

M: Model olarak kol kola girmiş insanları düşünelim mesela hep beraber gülüyor olurduk herhalde.

I: Diğer bir sorum spektroskop kelimesinin sende bir kimyacı olarak oluşturduğu şey nedir?

M: Spektroskopi.... işte ne bileyim, bazı veriler alıp onları incelemek maddenin çeşitli enerji düzeylerinden yararlanarak.

I: Peki Spektroskopi neden bu kadar çok önemli bilim için?

M: Mesela maddeler arasındaki bağlara enerji veriyoruz bu enerji sayesinde bağlar yer değiştiriyor veya kopuyor veya yeni bağlar oluşuyor ve normalde laboratuvara gidip deneyi gözlemleyebiliyoruz niye? Lab. şartlarında ortam oluşturmak çok zor mesela. Şimdi analiz esnasında o maddeyi bulmak çok zor oluyor mesela bazen hatta onları kafes içine alıyoruz bunları cihaza verdiğimiz zaman onları biraz daha rahat gözleyebiliyor.

I: Gözlenebilir mi normalde?

M: S6 + yalnız molekül olmayan anlarda.

M: Görünür dünya işte adı üzerinde gördüğümüz yerler görünür olmayan, işte partiküller olabilir veya işte uzak yerler olabilir bu tür şeyler.

I: Mesela bugün virüsleri görebiliyoruz elektron mikroskobu ile normalde onlar görünür dünyanın elemanı değil ama mikroskopla çıplak gözle onları görebiliyoruz onlar senin için görünür mü.? Yoksa görünmez dünyanın elemanıdır?

M: **Artık görünür dünyaya geçmişler diyebiliriz (rire).**

I: Bu demektir ki mikroskopik şeyler de artık görünür durumda mı?

M: Mikroskopik diyoruz ve onları görüyoruz görünür dünyanın elemanlarıdır diyebiliriz artık onlar için. Tabii ki terimler bulunduğu bu tür şeylerden söz edemiyorduk, ama teknoloji geliştikçe bunlardan bahsedebiliyoruz rahatlıkla.

K: S7.

M: Küçük bir tanecik benim için işime yaramıyor.

İ: Fotonu biliyorsun, ışık hızıyla yayılan kütlesi olmayan bir parçacık, yani ışık. Işığı durdurabilir misin?

M: Işığı... Enerjisini yok ettiğim zaman durdururum mutlaka!

I: Nasıl, yok edebilir miyiz?

M: **Ne yaparım? Bir yüzeye çarptırırım çarpma esnasında bir kısmı saçılır ve bir kısmı orada absorblanır veya siyah cismin üzerine gönderirim olduğu gibi cismin bütün enerjisini alır. Cisim titreşme hareketleri yapar ve sonuçta fotonun enerjisini tamamen bitirebilirim. Hareketini sağlayan enerjisini bitirebilirim, enerjisinin tamamen bitiremem de.**

I: Peki fotonun enerjisini bitirmek fotonun foton özelliğini kaybetmesi demek anlamına gelmez mi?

M: Mesela enerji başka bir boyuta geçmiş oluyor.

I: Artık fotondan bahsedebilir miyiz?

M: Fotondan? Bahsedemeyiz herhalde.

I: Şimdi diğer bir soru görme eylemi ile ilgili S11.

M: Bir atomu görmek oldukça zor. Çeşitli yollarla işte bunların varlıklarını ispatlıyorlar. Bundan dolayı pek bir şey diyemeyeceğim.

I: Peki sen bir kimyacısın bugünlerde birçok dergide atomun görüldüğünü yazıyorlar bunlardan bir haberin var mı?

M: Sadece duyuyorum, hocalardan falan, alıpta okuma gibi birşeyler yok, arada sırada bir bilim teknik dergisi alırsak.

I: Hocanız derste, bahsetti mi mesela atom gruplarının görülebileceğini?

M: İşte derste onların şekillerini orijinaline yakın şekilde oluşturmaya çalışıyoruz; molekülleri yapıları.

I: Görebilceğine aklın yatıyor yani?

M: Aklıma yatıyor.

I: Şimdi başka bir soru atom fikri ile ilgili. Atomun 2500 yıllık bir tarihi var, moleküllerin 200 yıllık bir tarihi var. Şimdi buradaki merak konusu olan şey moleküller bu kadar büyük ve daha kolay farkedilebilir olduğu halde atom fikri neden önce doğmuştur?

M: Şöyle olmuş olabilir. İlk başta bakıldığında su bir madde, maddeye atom ismini vermiş olabilir daha sonra incelendiğinde suyun tek bir atomdan değilde başka şeylerden de oluştuğunu, mesela hidrojenlerin olduğu orada bağların olduğu, ondan sonra da molekül fikri ortaya atılmış olabilir.

I: Diğer bir soru daha güncel; canlılar ve cansızlar moleküllerden oluşmuştur. Dolayısıyla atomlardan oluşmuştur. Bu cümle sana ikna edici geliyor mu? Mesela kendi içerimizde moleküllerden oluşmuşuzdur. Mesela bu senin için inandırıcı mı? Bilimsel olarak doğrulanabilir mi?

M: Şu an inandırıcı.

I : İkna edici mi diyelim ?

M: Evet ikna edicidir. Canlı olduğu zaman canlının belli bir hareket etmesi lazım. Taş ile yaprağı ele alalım. Canlılarda sistemler var, cansızlarda da sistemler var. Atomların olması da, onların belli bir yapıtaşının olmaı laim. İşte bu yapıtaşısı da onları açıklayabilir.

M: Mesela, küçük çocuklara sorduğumda canlılar atomlardan yapılmamıştır diyor.

M: Biraz daha bilgileri genişleyince sanırım ikna olurlar.

I: Sen ikna oldum diyorsun yani. Ne zaman ikna oldun ilk defa.

M: Hatırlamıyorum.

I: Şu anda.

M: Şu an farkındayım tabii ki!

I: Örneğin, atomlardan moleküllerden yapılmışımıdır!

M: Anlatılabilir. Anlatılma şey biraz zorlaşır herhalde. En basit örneği ne olurdu. Bir kan alınıp onların analizi ile . İşte bunun içinde bunlar var gibi. Diğer bir şekilde toprak analiz edilebilir ve sonuç olarak toprakta da azot var insan vücudunda da azot var gibi.

I: Peki senin için tek bir atoma ya da atomlar grubuna dokunmamın ne anlamı vardır?

M: Mesela bizim boyutlarımızda tek bir atoma dokunmak zor ama atom grupları olduğunda biraz daha kolay mesela şu masa.

I: Peki burada dokunduğumuz zaman hiç böyle birşey düşündün mü ? Atomlara dokunuyorum moleküllere dokunuyorum gibi?

M: O kadar inceye inmedim şimdiye kadar açıkcası.

I: Tek bir için?

M: Şu an için zor ama o boyuta indirirsek belki.

I: Diğer bir soru birazcık deyim anlamında görmeksizin gözlemek, görmeksizin gözlem yapmak teriminin anlamı nedir?

M: Görme olmadan görmemin hiç anlamı yok. Sen görmüyorsun ama bakıyorsun ama sadece bakmakla kalıyorsun neyi gözlediğini bilmiyoruz ki.

I: Gözümüzü kapattık ya da görmeyen birisi için bilim var mıdır?

M: Mutlaka, bilim yapmak için illa görmek gerekirmi? Benim görmem gerekemeyebilir yanımdaki insanlar görürse o da olabilir. Mesela benim şu an sesim çıkıyor beni sesimle algıyabiliyorsunuz. Sonuçta orada bir bilim yapmış oluyorsunuz.

I: Ama, yine başa dönecek olursak, sadece görmek temel şart değil gibi geliyor?

M: Sadece görmek tabii ki değil. Benim göremediğimi yanımdaki insan görebiliyor. Mesela bir kimyacı var gözleri bozukmuş lab. da sürekli hanımı ile çalışmış.

I: Peki kulağı duyamayan birisi için bilim var mıdır?

M: Yine aynı şeye geliyor başkası onun yerine birşey yapabilir. Önemli olan mantığı yürütmek. Mesela hocalarımız, araştırmacılar işte şu yolu takip edin diyorlar siz de o yolu uyguluyorsunuz. Yani yardım ederek.

I: Bir kaç soru daha kaldı S13.

M: Algılama boyutları farklı olduğu için. Mesela benim için refleksim sizin refleksinizle kesinlikle aynı olamaz. Benim gözlerimin görme özelliği kesinlikle sizinle aynı olamaz, duymak da aynı.

I: Fiziksel bir olay mıdır yoksa?

M: Fizik, yani ilk başta görünüşte fiziksel gibi ama biraz daha derin bir seviyeye indiğimizde bir I.Q seviyesi mesela.

I: Kültür etkili midir mesela? Yaşadığımız.

M: Kültür, yaşadığımız ortam, yetişme tarzımız herşey etkiliyor bunu tabii.

I: S14 az önce biraz bahsettik ama.

M: Bakmaksızın bilmediği için göremiyorlar, mesela lab. da birçoğu nedenini, nasılinı, ilişkisini kavramıyor. Bu ilişkiyi kuramadığı için boşuna yapmış oluyor sadece bakıyor ama göremiyor.

I: Şimdi başka bir soru madde, kuvvet ve enerji. Bu üç terimi duyduğunuzda aralarında ilişki kurabiliyor musun. Yoksa ikisi ilişkilidir de diğeri ilişkisiz midir ya da ayırt etme anlamında kolayca ayırt edebiliyor musun?

M: Madde olmaksızın ne kuvvetten ne de enerjiden bahsedebiliriz. Birbirleri ile alakası var. Mesela şu madde bunun bir potansiyel enerjisi var yüksekliğinden dolayı. Kuvvet bir maddeye bir kuvvet uygularsak bir enerji uygulamış oluruz. Yani kuvvette bir enerji, onu harekete geçirir. Enerji olmazsa zaten hayat olmuyor. Şu anda güneşin olmadığını düşünelim ya da bizim için en önemli enerji kaynağı proteinlerdir, karbonhidratlardır, onlar olmadan bizim için hayat var mıdır?

I: O zaman hemen arkasından sorayım neden “görünmez ışığın hayatımız için önemi nedir?

M: Görünmez ışığın... bir karanlık bir odada kaldığımızı düşünelim. Ortada bir dünya say, şu salonda kapkaranlık bir odada bir varacağız birine çarpacağız, öbürüne çarpacağız. Ondan sonra belli bir süre onların yerini ezberleyeceğiz ve çarpmamaya başlayacağız. Artı bazı insan vücudunda gerçekleşen reaksiyonlar için bir enerjiye gerek duyuluyor bununda en basit kaynağı nedir işte güneş enerjisi.

I: Peki burada benim şeyim daha çok e.m. spektrum yani e.m. un belli bir dalga aralığındaki şeyleri görebiliyoruz. Mesela 4000-7000 Å arası o da görünür bölge yani görünür ışık. Benim kastettiğim daha çok görünmez ışık derken daha çok yine e.m. içersinde mesela mor ötesi bölge, kırmızı ötesi bölge, e.m ‘dan bahsediyorum yine. Bir X ışınlarının, bir gamma ışınlarının ya da U. V. ışınlarının yaşamamız için bir önemi varmıdır, yaşantımızda?

M: Tabii mutlaka vardır. Mesela x –ışınlarını alalım. X-ışınları bizim için neye gerekli.Şu an için reaktörler yani nükleer santrallerde. Ne için kullanıyorlar.? İşte atom altı taneciklerin parçalanması için. Onun enerjisi alt düzeydeki bir parçacığın, ne bileyim nötron, proton rahatlıkla uzaklaştırabilir. Ondan sonra U.V. bölgesi hepsinin belli bir enerjisi var. Mesela ilk gördüğümüzde mesela insan vücuduna geldiğimiz zaman birde x ışınları düşündüğümüzde, mesela insan vücuduna geldiği zaman parçalanmaya sebep oluyor. İşte ne diyorum kanser oldu ya da ne bileyim başka birşey oldu.

I: Hı hı.

M: Doğan çocuklar işte, genlerimizi bozuyor. İşte mikro dalgaları şey yapalım. Mikrodalgalar ne bir su molekülün de enerji ile aradaki bağı bozuyor ve yüksek enerji açığa çıkıyor ve yemeklerin pişirilmesini sağlıyor ya. Fırınlarda olduğu gibi mesela bütün enerji düzeylerinin bizim için önemi var. Bize faydası var ki bu dünyada onlar var.

I: Işık deyince bu kadar çok boyutlu olduğunu düşünebildin mi önce?

M: Işık denince öncelikle görünür bölge aklımıza geliyor ama biraz derine inince çok boyutlu olduğunu görüyoruz ve onun çok boyutluluğu ile karşılaşıyoruz.

I: Sanki ışık deyince daha kapsamlı bakmamız açığa çıkıyor değil mi?

M: Çıkıyor, bunu köydeki bir adama söylediğimiz zaman. Hatta benim bilgilerim bile hala tam oturmadı, oturmadığı için ne yapıyorsun ilk başta o köydeki adam gibi düşünüyorsun.

I: Hı hı.

M: Biraz daha geliştiğimiz zaman biraz daha kapsamlı düşünebiliyoruz.

I: Mesela ışığa e.m. dalga gözüyle bakmak, bir kısım görünür, bir kısım görünmez bölge içindeki mantığıyla yaklaşmak daha yararlı olabilir değil mi?

M: Evet daha yararlı olur!

I: Sonra ben yine atoma dönüyorum, tek bir atomun renkliliğinden bahsedemiyoruz diyor bilim adamları! Sen ne dersin?

M: Bence tek bir atom için bahsedemeyiz, işte renkli olmasını sağlayan orbitaller arasındaki enerji diyelim, yarılmadan dolayı enerji dışarı yayılıyor ve bu yayılan enerjiden biz ışık görüyoruz. Bu tek bir ışık taneciğini bizim algılamamız ne kadar olur, toplu halde ne kadar olur işte orada kalıyorum.

I: Tek bir su molekülü ıslatır mı?

M: Tek bir su molekülü taneciği bir yeri ıslatır ama biz onu nasıl algılarız bilmiyorum.

I: Son bir soru ne olsun? Ses olsun! Sesi nasıl algılarız?

M: Kulaklarımız ile!

I: Sesin içinde algıladığımız şey nedir? Dalga karakterli birşey mi? Madde karakterli birşey mi?

M: Dalga, bize ortaokulda öğretildiği gibi. Şu anda da şekilde, dalga hareketleriyle bir kısmı yansıyor, bir kısmı geri dönüyor. Bizimde duymamızı sağlayan o dalgaların yansımaları!

I: Aynı şeyi ısı için düşündüğünde ne dersin?

M: Isı için... ısının dalga karakterli mi madde karakterli mi tam olarak çözemediğimiz için!

I: Birşeyle hissediyoruz hava ısındı, sıcaklık şu oldu. Bu hissettiğim şey nedir?... bize geldi dalga mı çarptı, madde mi çarptı gitti? Birşey var ki!

M: Mutalaka enerji var. Bizim algıladığımız bu enerji diyeyim. Isısında bir enerjisi var, bizim algıladığımız o enerji.

M: Bütün enerjileri bu şekilde algılayabilirmisiniz diyeceksiniz, kesinlikle algılıyoruz.

I: Çok teşekkür ederim Mehmet.

M: Ben teşekkür ederim.

XIV. (Tuncay, Kimya V, Fen fak mezunu)

I: Kendinizi biraz tanıtabilir misiniz?

T: Adım Tuncay, Kimya Bölümü öğrencisiyim. V. Sınıf öğrencisiyim. Çanakkale'den geldim. Kimya bölümünü bitirdim. Buraya geldim durumumdan memnunum.

I:S1

T: Mikroskobik deyince cisimlerin en küçük parçacıklarının incelendiği, makroskobik deyince de gözle gördüğümüz ya da daha büyük, gözle gördüğümüz algıladığımız.

I: Mesela bunlar arasında şurada bir sınır vardır, şuraya kadar mikroskobik, şuraya kadar makroskobik. Böyle bir sınır var mı sence?

T : Bence gözle görebildiklerim diye bir sınır düşündüm !

I: Peki S2.

T: İşte şu an görmediğimiz mikroskobik olaylar ve onların tanecikleri ve ne varsa yani.

I: Kimyasal bağlar var. Atomların arasındaki bağları düşünüyoruz ya kimyasal bağlar var, moleküller var.

T: Bunları biz şimdi şey olarak algılıyoruz ya vardır o şekildedir diyoruz onları gördüğümüz zaman. Belki düşüncelerimiz de değişir tabii. Gördüğümüz için inanma şeyimiz falan daha da artar, yani kesinlikle artar.

I: Hım....S3. sana dediler ne isim koyabilirdin? Bundan sonra kolaylık olsun bizim için.

T: Yine makroskobik olur yani çünkü çok küçük boyutlar nanoskobik derim yani o şekilde.

I: Nanoskobik 10^{-9} m olduğu için bizi tam kurtarmayabilir ne diyebiliriz acaba?

T: Hım...

I: İlla birşey demek gerekir mi? Mikroskobik demek yeterli olur mu sence?

T: Aslında o boyutları inceleyenler daha iyi bilir ama bizim için. Biz nanoskobik dediğimiz zaman onu çağrıştırıyor yani.

I: Ben şöyle bir soru sorayım spektroskopi kelimesi. Kimya yaptık, fizik yaptık zaman zaman spektroskopi kelimesi duyduk sen bu kelimeyi duyduğunda ne canlanıyor?

T: Taneciklere ışınların çarpması, kırılması ve çözüldüğü bu ışınların geçmesi ve hesaplamalarda bazı şeyler bulmuştuk bana tanecik aklıma geliyor daha çok.

I: Peki bilimde nedir önemi bu spektroskopinin?

T: Hangi taneciklerin hangi ışını geçirdiğini ya da absorblama yaptıklarını onları bulabiliriz ya da ışığı geçirip geçirmediğini cisimlerin o konuda bize yardımcı olur.

I: Görünür dünya görünmez dünya iki tane terim var bunları duyunca aklına ne geliyor?

T: Somut ya da soyut ... yanı algıladığımız birde hissettiğimiz yani. Olduğunu bildiğimiz ya da olduğunu varsaydığımız diyebiliriz mesela. Din kavramı gibi. Hissediyoruz birşeyler ona karşı ama görmüyoruz.

I: Başka bir soruya geçiyorum fotondan bahsediyorum, mesela foton ışık hızıyla yayılan bir parçacıktır. Acaba durgun bir fotondan bahsedebilir miyiz?

T:....

I: Durdursak diyoruz, bir anlamı var mıdır?

T: Yoktur herhalde!

I: Neden bir anlamı yok sence durgun bir fotonun?

T:... mesela cisimse mesela ışınların cisme çarparak foton koparması foton var. O zaman cisimdeki fotonlar sabit oluyor onları biz belli bir enerji vererek hareket ettirebileceğimize göre durgun foton vardır. O şekilde.

I: Ben şimdi görmek ile ilgili iki fiilden bahsedeceğim S8.

T: Şimdi aslında aynı anlamdadır. Çünkü onu da görüyorum ama boyutları farklı olduğu için. Gördüğümüz şey aynıdır ama gördüğümüz şeylerin boyutu değişiyor.

I: Şimdi atom fikrine geçiyorum 2500 yıllık bir tarihi bir 200 yıllık bir molekül tarihi. Şöyle bir soru soracağım S9.

T: İlk önce en küçük taneciklerden oluşuyor demişler herhalde molekülde...

I: Bu sadece fikir, aynı şey benim için farklı olabilir yani sen ne düşünüyorsun?

T: ... İlk önce maddeyi incelemişlerdir bunun en küçük yapı taşına atom demişlerdir ama bileşik ile uğraştığımda onun en küçük terimi atom değil molekül oluyor.

I: Şimdi başka bir soruya geçiyorum S10. Mesela insan vücudu atomlardan ve moleküllerden yapılmıştır acaba sen ikna oldun mu bu konuda?

I: İnsan vücudunda moleküller var mıdır? Gösterebilir miyiz varlığını?

T: Gösteremeyiz.

I: Şimdiye kadar fizik ve kimya bilgilerinde sokaktaki insanlardan farklı olarak bizi bu konuda ikna etmeye çabalayabilir misin ? Birşey yapabilir misin?

T: Şeyden söz ederdim mesela maddenin en küçük yapı taşı nedir mesela derim, ona ikna olurmusun derim. Olurum dersin herhalde. Vücudumuzda da birçok bileşik var atomlar var. Bunların neler neler olduğunu gösteririm. Mesela şu kadarı sudur şu kadarı başka bir şeydir. Onları söyledikten sonra bunlarda atomlardan oluşur derim o şekilde herhalde ikna etmeye çalışırım.

I: Bu konuda herhangi bir kuşkun yok yani?

T: Yok.

I: Başka bir soruya geçiyorum şöyle tek bir atoma dokunmanın senin için bir anlamı var mıdır?

T: **Tek bir atoma dokunmak... en küçük bütün özellikleri taşıyan şeyi görmek hissetmek.**

I: Dokunmaktan bahsediyorum yani. Dokunmak deyince sende ne çağrıştırıyor?

T: Dokunmak gözle görülür birşey ama hissetmek lazım onda, sonra dokunabiliriz. Şu an için bir anlamı yok yani. Ben şu anda atoma değil atomdan oluşan herhangi bir maddeye dokunuyorum onu hissediyorum. Ona dokunuyordum ama ben onu hissetmiyorum ama ben onu hissetmiyorum onun bileşimi olan maddeyi hissediyorum.

I: Şimdi bir günümüz biliminde çok kullanılan bir deyimge geçmek istiyorum şöyle S12. Görmeksizin gözlem!

T: Görmeksizin gözlemek. Hissederek görmeden. Görmediğim şeyler hakkında gözlem toplamak mesela.

I: Duymak bir gözlem midir?

T: Gözlemdir. Yani mesela dokunarak cisimlerin dış yapısını anlayabiliriz görmeden.

I: Mesela kulağı duymayan bir insan için bilim var mıdır?

T: Vardır.

I: Neden?

T: Her şeyi duymak değil. Hayatın sadece duymaktan ibaret olmadığını bilim yani.

K: Artık birkaç tane soru kaldı yavaş yavaş sona geliyorum. Şöyle bir soru ile devam etmek istiyorum S13.

T: Dış dünyadan farklı şeyler algılamamdan kaynaklanıyor. Mesela benim bilgisayara baktığım zaman ne algıladığım ile başkasının baktığında ne algıladığı farklıdır yani ona dış dünyanın kendisine başka şeyler ifade etmesinden kaynaklanıyor.

T: İşte o kişiye göre değişir. Baktığını m görürsün ya da gördüğüne mi bakarsın. Görmek istediğin şeye göre bence?

I: Şimdi başka bir cümleye geçiyorum şöyle S14.

I: Hım... Dışarıda bir sürü olaylar oluyor ben kendimi bir olaya odakladığım için diğer bütün olayları görmüyorum. Onu kastettin herhalde.

I: Birşeyi görmek için bilmek gerekiyor. Yani bilgi sahibi olmak gerekiyor ya da bilgi sahibi olmadan birşey görebilir miyiz?

T: O şey hakkında mı bilgimiz olması gerekir. Evet bilgimiz olması gerekir.

I: Hı hı

T: Evet nesnelere yine tanıdığınız nesnelere görebiliriz ama onun ne işe yaradığını bilemeyiz mesela.

I: Anlamsız mıdır yani?

I: Anlamsız olur yani. Görürüz ama birşey ifade etmez. Mesela baktığımızda bir sürü bitki bunlardan hangisinin zehirli olup olmadığını bilemem eğer onları önceden tanımaz isem. Yani önceki bilgiler onun ne işe yaradığını nerede kullanacağına yardım eder.

I: Şimdi sen kimyacısın sana kimya ile bir soru sorayım. S16 mesela atom ile kimyasal element kavramı nasıl ayırt edeceksin, yarın öğretmen olduğunda. Birbirine çok yakın ama iki farklı terim.

T: Elementin atomlardan oluştuğunu söylerim saf madde olduğunu o şekilde . Hani molekülde...

I: Mesela bir demir atomu demir elementinin bütün özelliklerini gösterir mi? Birçok fiziksel ve kimyasal özellikleri yoğunluğu şu bu ...

T: O şekilde tanımlanıyor zaten bütün özellikleri gösteren en küçük tanecik.

I: Peki demir atomu ile demir elementi isim olarak neden farklı isim olarak.

T: Şimdi biz demir atomunun göremiyoruz hissediyoruz. Aslında bizim gördüğümüz demir elementi. Demir elementi atomlardan oluşmuş büyük bir kütle yani.

I: Element diyebilmek için bir limit var mı?

T: Görmemiz gerekiyor diye düşünüyorum ben hani. Görmemiz derken neyi kastettiniz?

I: Mesela 10000 milyon tane demir atomu birleşti element özelliği var mıdır?

T: Ne kadar parçalarsak parçalayalım hep demir elementi olacaktır. En son demir elementi parçalandığında demir elementi oluşur?

I: Örneğin moleküller elementlerin birleşiminden mi yoksa atomların birleşiminden mi oluşur?

T: Mesela elementlerde de o var. Mesela soygazlarda element onlar. Onlarda moleküler halde bulunuyor, atom halinde bulunuyor doğada yani o zaman ne olur atomların birleşimi de oluyor. Sonra elementlerin birleşimi de olabiliyor, molekülleri oluşturabilmek için?

I: Bu konuda bir tereddüt yok yani bilgiler net?

T: Evet gayet net..

I: Şimdi şöyle bir soruya geçiyorum S19. Neden acaba sence?

T: Ben sizin sorunuza da şöyle bir cevap vermişim ayrı özellik gösterir ama boyutu çok küçük olduğu için biz onun renk tonunu aynı şekilde alamıyoruz yani dedim.

I: Mesela normalde tek bir altın atomu yine sarı mıdır? Eğer görebilseydik?

T: Mesela şeyi keşfettiğimiz zaman bir yüzeyinin rengi kaybolurdu falan filan da? Bence aynı renktir yani fiziksel özellikleri altın değişmediği sürece aynıdır. Ama ne olacak boyut küçüldüğü zaman renk tonunda bize farklı gözükecektir. Görmemizden kaynaklanan, algılamamızdan kaynaklanan o şekilde diyelim yani, değişik görürüz.

I: Son sorum şöyle ses sesin varlığını nasıl hissederiz?

T: Duyu yolu ile.

I: Duyu ile hissedilen şey nedir. Dalgasal karakterli bir şey mi, maddesel karakterli birşey mi?

T: Dalgasal karakterlidir.

I: Dalga mıdır?

T: İlk aşamada dalgadır. İçeride onun algıladıktan sonra...

I: Şimdi algılamayı bırakalım o ikinci bir aşama olsun kulağa gelinceye kadar.

T: Dalgadır bence, hani zaten beynin çok kısa sürede algılayışı da dalga olduğunu gösterir.

I: Çok teşekkür ederim.

T: Birşey değil bende.

XV. (Emel, fen fak mezunu V. sınıf)

I: Kenidinizi biraz tanıtabilir misiniz?

E: Emel, Denizli de okudum. Kimya bölümünde, fen edebiyat fakültesi mezunuyum. Ben bu yıl buraya geldim. 1.5 yıl oldu zaten. Şimdi yalnız yarım dönem kaldı.

I: Amacın öğretmenlik yapmak mı yoksa başka bir amacında var mı?

E: Biliyorsunuz fen edebiyat ta direk çıkışta öğretmenlik olmuyor. Öğretmen olmak için bu formasyonu almak gerekiyor. Ben bir yaz döneminde 1 yıl stajyer olarak çalıştım. Yaptığım işi seviyorum zaten. Ablamda öğretmen o yüzden.

I: Bütün aile öğretmen yani.

E: Ne bileyim yani, o yüzden daha iyi bir öğretmen olmak istiyorum, öğrenciye daha fazla birşeyler vermek için. Çeşitli yöntemlerde nasıl olmalıdır. Ama bu yöntemlerin ne kadarını görüyoruz o biraz soru işareti ama!

I: Şimdi yavaş yavaş sorulara geçiyorum.

E: Tamam.

I: Birinci sorum şöyle S1.

E: Mikroskobik dünya çok küçük olduğu için, makroskobik de tam tersi büyük.

I: Emel desem ki şuraya kadar mikroskobik, şuraya kadar makroskobik, bu sınırı nereye koyardın?

E: cm, mm o şekilde mi? Mesela?

I: Yok boyut olarak yani? Yani insan boyutunda?

E: Gözle göremeyeceğim boyutta olduğu zaman mikroskobik gözle görebiliyorsam onu, çok makroskobik değil yani mesela göz ile görebildiğim şey buna makroskobik diyelim. Çünkü benim ile görebildiğim şey buna makroskobik diyemem. **Çünkü benim için makroskobi daha büyük boyutlar yani ucu bucağı yok anlamına geliyor.**

I: Bunları yaparken ölçütün var mı acaba?

E: Evet ölçüt var, ölçütü kendime göre alıyorum.

I: 2. sorum daha çok şöyle S2 yaklaşık 10^{-8} m boyutunda? Sen kimyacı olarak etrafında ne görürdün?

E: Hı hı etrafımda hım... elektron var. Ama ben atom olduğum için....

I: Yok hayır atom değilsin, normal insansın ama o boyuttasın yalnızca sadece geçici bir gözlem için oraya gittik uzun süre kalmayacaksın yani!

E: Tamam oldu. Ya işte diyorum yani etrafımızdaki her şey küçük olurdu.

I: Atomları görebilir miydik ya da molekülleri?

E: Hım... görürdüm herhalde (rire) görürdüm! Görürdüm! Onlara da mikroskobik boyutta ya görürdüm onları öyle.

I: Mesela kimyasal bağlar çizgiler falan var görür müydün?

E: Hayır, zaten kimyasal bağlar kitaplarda çizgiler gibi değil ama etkileşimler görürdüm herhalde. Etkileşim var ama orada enerji gibi birşey olurdu herhalde. Ne bileyim işte ışık foton öyle birşey işte.

I: Karmaşık şeyler yani!

E: Evet karmaşık birşeyler işte. Çok karmaşık birşeyler olurdu herhalde de ama elle tutacağımız birşey olmazdı herhalde.

I: Ben şimdi kimya ile ilgili bir soruya geçiyorum. Kimyada çok sık kullanılan. Hatta bu konuda bir bilim var spektroskopi adında S5.

E: Renkler ile birşeyler mesela U. V görünür bölge, görünür olmayan bölge. Işıklar ile birşeyler yani gözle görünür bölgeden farklı birşeyler yani oluyor daha farklı.

I: Nasıl birşeyler?

E: İşte gözle göremeyeceğimiz birşeyler işte. Dalgalar mı veriyoruz ya kişiye enerji mi veriyoruz yani o boyutta yakalıyoruz. Onu da insanlar renk olarak gösteriyoruz o mudur yoksa acaba o mudur yani?

I: Yani bir şekilde görmemize yardımcı olan şeyler mi diyorsunuz?

E: Hı hı evet.

I: Şimdi, şöyle bir soruya geçiyorum. S6. ma bu metafizik anlamında birşeyler değil tabii ki. Bunları duyunca aklına ne geliyor?

E: Görünür dünya çevremdeki her şey gözüm ile gördüğüm her şey. Gözlenemez dünya da ise işte çok küçük boyutta olan gözlenmez şeyler işte.

I: Mikroskopla birşeylere baktık görüyoruz. Buna görünür birşey mi yoksa görünmez birşey mi? Hani adlandırdığım zaman görünür tarafa mı yoksa görünmez tarafa mı koyardın?

E: Görünüre koyardım. Bir alet vasıtasıyla gördüğümüz şeyler normalde görünmez ama bir alet vasıtasıyla gördüğümüzde görünür oluyor. Eğer alet kullanmasaydık görünmez di ama alet kullandığımız ve gözümüzle görebildiğimiz için görünür oluyor. Ama direkt birebir dünya da göremediğimiz için öyle yani...

I: Şimdi fotondan bahsediyorum. Işık hızında yayılıyor kütlesi yok ve çok işe yarayan bir parçacık hergün her yerde karşılaştığımız bir parçacık.

E: Evet.

K: Bunun durgun olduğunu düşünabiliyormusun. S7.

E: Bahsetmeyiz?

I: Neden acaba?

E: Çünkü herşey hareketli mesela biz dünyayı durgun düşünüyoruz ama dünya dönüyor. Eğer bunlar durgun olursa nasıl çarpmalar var, yansımalar var. Neden mesela başımızı bir yere çevirdiğimizde farklı görüyoruz. Demekki hareket var ki yansılarda onun için.

I: Durgun olarak bir anlamı yok yani?

E: Hayır yok, hareket halindedir.

I: Şimdi görme ile ilgili şöyle bir soru soracağım, mesela son zamanlarda mikroskopik objeleri görmek için birçok araç kullanılıyor hatta atom gördük diyenler bile var şimdi S8.

E: Yok değildir. Değildir. Çünkü mesela bu aletleri yaparken de bir takım atomların oluşturduğu birşeylerden yapıyoruz. Yani onun dışındaki bir şeyi görüyoruz yani mesela bilgisayarı görüyoruz daha sonra bilgisayar yapıldığı şeyi görüyoruz bu da benzer birşey yani!

I: Yani mesela kaba gözlem açısından şu masaya baktığımızda ona masa diyoruz. Burada bir görme eylemi var. Diğer taraftan moleküllere bakarken alet kullanıyoruz ve dolaylı olarak birşey görüyoruz. Bu anlamda baktığımızda oradaki yine aynı görme eylemi midir? O anlamda sordum yani.

I: Şimdi atom fikri terimi ile ilgili bir soru sormak istiyorum. Mesela 2500 yıllık bir atom tarihi ve 200 yıllık bir molekül tarihi. Atom çok eski bir tarihe sahip, moleküller bu kadar çok popüler olmasına rağmen tarihi çok yakınlarla dayanıyor S9.

E: Him.... sanırım herşeyin nedenini öğrenmek istemişler temelini yani!

E: Evet bu temelin limiti olduğu için?

E: Evet limit olduğu için.

I: Şimdi güzel bir soruyla devam edeceğim S10. Mesela insan vücudunda var olduğun nasıl anladınız? Mesela bir çocuk geldi hocam biz moleküllerden yapılmıştık bunu bize nasıl ispatlayabilirsiniz? Hani oldu ya... ona böyle bir şeyin varlığını anlatabilirdiniz?

E: Kendimi inandırmak için mutlaka görsel birşeyler göstermek lazım. Mesela bunun için en önemli kanıtı değil ama bir etin bir tırnağın parçasının moleküllerden yapıldığı anlatılabilir.

I: Öncelikle acaba sen ikna oldun mu?

E: Hayır zaten olmadığım için anlatamıyorum ya! Kendim görsel birşeyler ile karşılaşmadım ki.

I:Şimdi son zamanlarda yine çok kullanılan bir terimi soracağım şöyle S11. Mesela tek bir atoma dokunmak!

E: Nasıl?

E: Nasıl yani nasıl ifade edilebilir? Tek bir atom dokunamayız galiba yani tanecik boyutu çok küçük ya ... atom çok küçük ya!

I: Anlamı yok mu ?

E: Bence anlamı yok.

I: Mesela bu bileşiğin yapı taşı yani. Ama biz o bileşiğe dokunuyoruz ama. Şimdi tezatlık oluştu. Mesela düşününce direkt olarak dokunamıyoruz ama. Bileşiğe dokununca dolaylı olarak dokunmuş oluyoruz yani. Mesela suyun içerisinde elimizi yıkıyoruz o zaman dokunuyoruz demek ki.

I: Şimdi daha ilginç bir sorum var S12.

E: Gözlem yapmak yani kafamı çevirdiğim zaman?

I: Gözlem yapmak terimi de biraz görmekten geldiği için acaba başka şeyler de vardır. Mesela ilk sorduğunuzda öyle aklımıza geliyor mesela ilk olarak gözle gördüğümüz şeyler ama aynı zamanda görmediğimiz şeyler de var. Mesela bilgisayara baktığımızda etrafındaki kabloları görmediğimiz gibi bakıyoruz ama görmek anlamında değil. Değil mi? Gözlem yapmak biraz farklı birşey yani ona dokunmak koklayarak farklı şekilde incelenmesi.

I: Mesela görmeyen bir insan için bilim var mıdır? Mesela bilim adamı olabilir mi? Bilimsellikten bahsedebilir mi?

E: Bence olur. Dokunarak da koklayarak ta yapabilir fakat göz en önemli faktör olduğu için ad olarak gözlemeden geldiği için bir yerde eksik olur herhalde ama şimdi teknoloji geliştii görmeyen insanlarda TV haberlerini çok rahat takip edebiliyor yani. Bilmiyorum.

I: Burada sanırım gözlemin çok geniş çerçeveli birşeyler olduğu anlatılıyor sanırım. Görmenin önemli olduğu ama herşeyin tamamen de görmeye bağlı olmadığı. Mesela kulağı duymayanlar.

E: Olabilir ama bir dereceye kadar yapabilir herhalde normal insanlara göre daha kısıtlamalar var ama yapabilir yani.

I: Şimdi birkaç tane daha sorum kaldı. Bazı suları atlıyorum da o yüzden S13 sence bu farklılık neden olabilir.

E: Dikkatinden kaynaklanabilir, hayal gücünden kaynaklanabilir mesela ankette bir resim herşey farklı birşey söylüyor. İnsan yetiştirme tarzından gelen birşey de olabilir mesela farklı

birşeyler görmüştür daha önce görmüş olduğu şeylere benzetir. Hayal gücü, insanın kendi karakterinden, genlerinden gelen birşey işte.

I: Bunun hemen arkasından benzer biçimde. Şöyle bir sorum var S14.

E: Göremiyorlar?

I: Burada gözleri görmeyen birisi değil yani!

E: Anladım yani bir yere odaklanmıyorlar olabilir. Dediğim gibi işte hayal gücü.

I: Mesela şurada gördüğün şey nedir?

E: Bilgisayarlar görüyorum.

I: Örneğin şu tahtayı görmüyorsun?

E: Evet görüyorum o bir anlık birşey olduğu için oraya odaklaşamıyorsunuz yani önce gözle görülebilen büyük olan şeyleri algılıyorsunuz sonra başka şeyleri. Daha sonra daha ince daha dikkatli baktığımızda dokuda farklı şeyler görebiliriz.

K: Şimdi başka bir soruya geçiyorum. Atom, kimyasal element, molekül mesela sen kimyacısın bu kavramları duyduğunda kolayca ayırt edebiliyor musun?

E: Hayır, mesela atom diyorum ki. Atom en küçük parçacık elementle atomlardan oluşmuş ancak atom daha küçük element daha büyük ama gözle görülebildiği için bakır elementi diyorum.

I: İşte orada duralım mesela 1 000 000 milyon tur demir atomu var bunlar bir arada element özelliği taşır mı?

E: Taşımaz herhalde. Onun doğasından kaynaklanan birşey.

I: Görmek gerekiyor. İllaki bir element olması için birşeyin?

E:

I: Mesela mikroskop altında gördüğüm birşey element değil midir?

E: (rire) yani zor soru!

I: Mesela normalde gördüğüm birşeyi mikroskop altında gördük bu onun element olmasını etkiliyor mu?

E: Evet etkiliyor. Element özelliği göstermesi gerekiyor ki onlar birleştiğinde element olsun. Ama ona element diyemeyiz. Çünkü en küçük parçası...

I: Benim aradığım şey, aslında sormak istediğim şey de şu atom derken kolay ama element demek için bir birikim gerekiyor bu birikim ne kadar olmalı ki element diyebilelim.

E: Fazla miktarda atomun bir araya gelmesi gerekir tabii ki de!

I: **Acaba görmek bir ölçü müdür burada?**

E: Acaba görmek bir ölçü oluyor yani sonuçta.... ben şimdiye kadar sadece gördüklerime element dedim o yüzden ama mikroskop altında aynı şeyleri görürsem ne derim acaba?

I: Mesela mikroskop altında baktığım da magnezyum gördüm ona element demez misin?

E: **Derim ama muhakkak element derim ama yani oyle bir şey ile karşılaşmadığım için (hayal edemiyorum).**

I: Şimdi son olarak bir iki tane sorum var şöyle S19. Neden olabilir sence?Ş

E: Çok küçük olduğu için ışığı yansıtıyor olabilir mi acaba?

I: Bana sorma?

E: Bence olabilir yani.

K: Eğer bir grup halinde 10 tane olsaydı.

E: Yani bir engel bir bariyer oluşturmuş olacaktı. Üzerine gelen fotonu yansıtmayacaktı işte yansıtmadığı için biz o renkleri gelen ışığı yansıtamaz yani onun için rengin bir anlamı yok o gördüğüm ışıktan bir fayda gelmez yani.

I: Şimdi son soruna geliyorum. Ses' in içinde ne vardır ki biz onu işitiriz. Dalga karakterli birşeyler mi yoksa madde karakterli birşeyler mi?

E: Dalga, sesler dalga ile yayılır.

K: Aynı şeyi koku için sorsam mesela. Ne vardır kokunun içerisinde?

E: Maddelerin özelliklerini yansıtan birşeyler mi acaba?...

I: Madde midir? Dalga mıdır?

E: Madde olamaz, madde gözle görülebilir birşeyler olması gerekiyor ama içinde gaz var... o halde.

I: Var gibi...

E: Var gibi çünkü sonuçta oda bir gaz yani. Burnumuza geldiğine ve yayıldığına göre maddedir diyebilirim. Bir maddedir diyebiliriz.

K: Çok teşekkür ederim.

E: Ben teşekkür ederim. Güle güle.

Annexe 3 : Informations complémentaires pour l'analyse des questions

3.1 énergie A,

ENERGIE, QUESTION A

1. Les élèves en France (n :143)
2. Les élèves en Turquie (n :176)
3. Les étudiants en France et stagiaires(n :221)
4. Les étudiants en Turquie (n :104)

1.LES ELEVES EN FRANCE

Sixième (n :46)

Signifiants/représentants	entité	signifiés/représentés			
électricité	1	2B			
puissance, pouvoir	2	8A	8B		
ampoule	1	5B			
puissance, force capable de faire fonctionner une machine, produit par une machine ou naturellement	2	8A	1B-C		
électricité	1	2B			
électricité	1	2B			
c'est ce qui fait vivre	1	6A			
ça me fait penser à la musique (nrj)	1	4B			
Un objet ou qqch. qui fait fonctionner le monde	1	5B			
courant d'électricité, la force vitale	2	2B	8B		
électricité, le gaz	2	2B	1B		
la musique	1	4B			
lumière, électricité, soleil	3	2B	2B	1B	
une énergie nucléaire et à la radio NRJ	2	2B	4B		
je pense à tout. Car nous ne pouvons pas vivre sans celle-ci	1	6B			
énergie solaire, nucléaire et une bonne nuit de sommeil	3	2B	2B	1A	
une usine nucléaire, la radio (nrj)	2	1C	4B		
énergie sert à faire de la lumière	1	1C			
électricité	1	2B			
à l'énergie qu'on dépense	1	3A			
plusieurs choses comme l'énergie solaire	1	2B			
la force et la vie, le soleil et la technologie	4	8A	8B	1B	8A
nrj (musique) ou énergie nucléaire	2	4B	2B		
électricité, solaire	2	2B	1B		
électricité	1	2B			
électricité	1	2B			
au central nucléaire, thermique, hydraulique et tout ce qui fait l'électricité	1	2B			
électricité, la force, la vitesse	3	2B	8A	8A	
Une puissance	1	8A			
une puissance ou une ressource	2	8A	1AB		
rien	1	0C			
une puissance	1	8A			
être en pleine forme ou de la force pour qqch.	1	1A			
qu'on peut se dépenser, qu'on peut s'agiter	1	3A			
la force et la vie	2	8A	8B		
électricité	1	2B			
lumière et vent	2	5AB	1B		
La force, pour faire qqch.	1	8A, 1A			
électricité et mouvement	2	2B	3A		
être dynamique et être actif	1	4A			

à nous donner de la force, avoir moins de fatigue	1	1A			
lumière et vitesse, déplacement et progrès	4	5AB	8A	3A	3A
la puissance	1	8A			
électricité, force	2	2B	8A		
pas de réponse	1	0A			
force	1	8A			
total	71				

Troisième (n :36)

Signifiants/représentants	entité	signifiés/représentés			
un contact entre 2 forces	1	3B			
actimel	1	4B			
au coté obscur de la force dans star Wars	1	4B			
électricité, lumière	2	2B	8A		
énergie électrique, puissance, vitalité	4	2B	8A	8B	8B
force	1	8A			
force	1	8A			
force (électrique, magnétique, gravitation...)	1	8A			
force d'un courant	1	8B			
la fait d'avoir la forme et grâce à l'énergie on est capable de faire plein de choses dans la journée	1	1A-6A			
la force	1	8A			
la force	1	8A			
la force que nous avons besoin pour bouger faire du sport	1	1A			
la force, la vitalité d'un homme et sa forme	2	9A	6A		
la puissance de la force	1	8B			
la puissance d'un appareil électrique	1	8A			
la puissance	1	8A			
la puissance de la lumière	1	8A			
la puissance de qqch. ou la technologie	1	8A,B			
la puissance électrique ou alimentaire	1	8A,B			
l'avenir, du jus	2	6B	1B		
le courant et la force	2	8A	8A		
le dynamisme, la puissance, la grandeur	1	3A	8A	8A	
le fait d'avoir du jus	1	1B			
Le mouvement, l'action, qqch. de fort, concentré qq. part	1	3B	3B	1B	1B
les muscles - électrique, le mouvement	2	2A	2B	3B	
pas de réponse	2	0A			
puissance	2	8A			
un mateur ou un barrage hydraulique	2	5B	1C		
une force scientifique, qui se décline en plusieurs choses comme la vitesse, la chaleur etc.	2	8A			
une puissance	2	8A			
une puissance	2	8A			
une puissance électricité en physique comme électricité avec la chaleur	3	8A			
une puissance, énergie solaire	2	8A	1B		
une source, é permet d'alimenter	2	1B	6A		
vent	1	1B			
	54				

Premier S (n :28)

Signifiants/représentants	entité	signifiés/représentés					
puissance, chaleur, efficacité, lumière, mouvement	5	8A	8B	3A	5AB	3AB	

électricité, soleil, chaleur, centrale, nucléaire	5	2B	1B	2B	1C	2B		
ce qui est nécessaire pour faire fonctionner un appareil ou pour nous faire avancer	1	1C						
énergie est indispensable pour le fonctionnement d'un appareil	1	3B						
c'est qqch. abstrait dont on a besoin pour faire une action, cela peut être les aliments, la chaleur, le vent	1	1A						
une station de radio, énergie nucléaire, solaire, chimique, jus d'orange	5	4B	2B	2B	2B	1B		
c'est ce dont on a besoin pour faire marcher notre monde. On unité est le joule	2	6B	7					
une station de radio, énergie nucléaire, énergie solaire, é chimique, é éolienne, pile etc. sport, activité physique	4	4B	2B	1C	3A			
lumière, forme, puissance	3	5AB	2B	8B				
puissance, vitalité	2	8A	8B					
la source et l'essence de tout mouvement sans énergie, le monde serait en repos	2	1ABC	6B					
é fournie un sorte de force: physique ou autre, é=courant	2	8A	5AB					
la force, les bonnes céréales qui en donnent	2	8A	1C					
force-puissance	2	8A	8A					
progrès, paix, science	3	3A	4A	8A				
une charge - ou +	1	2B						
c'est une sorte de puissance qui peut se trouver sous différentes formes	1	8A.2B						
une phénomène permettant un déplacement ou un chauffage d'un être ou d'un objet	1	3AB						
chaleur-effet de source - destructive couche d'ozone	3	2B	2B	4C				
développement	1	6B						
é est capable de faire fonctionner un appareil	1	1C						
pétrole, électricité, force...mouvement, dynamique, soleil, radio	7	1B	2B	8A	3AB	3AB	1B	4B
é solaire, électricité, pétrole	3	2B	2B	1C				
avoir de l'énergie = être en forme, é- pétrole, électricité	3	6A	1C	2B				
force	1	8A						
à âme fait penser à la lumière	1	2A						
de la mécanique, des mécanismes, le mouvement, chaleur	2	3AB	2B					
2 ses: Energie dans le sens de force, de dynamisme(cf. S.V.T) et énergie: dans le sens de ressource de matière (cf. physique)	2	6AB	1BC					
	67							

Terminale (n :33)

signifiants	entité	Signifiés/représentés						
c'est ce qui résulta d'un travail et qui va permettre à un système de se mettre en marche	1	1BC						
je peux comprendre ce mot mais je n'arrive pas à le définir	1	0C						
pour moi un chose qui permet de produire, de mettre en œuvre	1	1BC						
puissance, ce qui sert à réaliser qqch.	2	8A	1BC					
puissance	1	8A						
une sorte de force, puissance	2	8B	8A					
énergie est accumulée dans un système, c'est ce qui permet d'exercer une force	2	2B	1BC					
Puissance, qqch. qui permet une action, un mouvement	2	8A	2AB					
la puissance, une source, une force	3	8A	1ABC	8A				
une puissance indispensable à l'homme	1	6A						
une certaine forme de puissance qui permet le déplacement de la matière	1	3B						
c'est la matière première pour tout fonctionnement ce mot est très relatif, mais il est tjs à la base d'une réaction, d'une transformation, d'une mécanique	1	1BC-3AB						
pour correspond à tout forme de mécanisme permettant le fonctionnement de qqch. de vivant	1	6A						
la source de la vie, la base de notre société actuelle. C'est dans le même temps la capacité de l'homme à se rendre compte et à utiliser les forces de la nature (énergie solaire, éolienne)	1	6B						
la source de toute activité, de la vie c'est un mateur, source de puissance, dégagement de chaleur	4	6B	5B	1BC	5AB			
puissance, chaleur	2	8A	5AB					
physique, puissance, calorie, watt	4	8A	8A	7	7			
la physique, la matière scolaire et le pétrole	3	8A	1B	1C				

une certaine puissance plus au moins forte dû à l'interaction d'objets	1	3B-1BC							
puissance, travail, réaction, force, mouvement, radioactivité, atomes, cinétique	8	8A	8A	8A	8A	3AB	8A	8A	2B
Radioactivité, puissance, chaleur, électricité, force, interaction, radio..	7	8A	8A	5B	2B	8A	8A	4B	
puissance, force d'un travail, chaleur	3	8A	8B	5B					
énergie est relation aux systèmes électriques	1	2B							
Une certaine puissance, une force qui permet de mettre qqch. en mouvement, elle peut être stockée dans certains cas (piles, barrages)	3	8B	8A	1BC					
une force qui permet le déplacement	1	2B							
une notion de physique, énergie est un carburant	2	8A	1C						
la force et un lien étroit avec la physique et chimie	1	8A							
l'énergie est ce qu'il faut apporter à un système pour une transformation de la matière (changement d'état, réaction, mouvement)	1	3B							
une chose invisible qui peut permettre le mouvement de matière	1	3B							
Electricité, force capable d'exercer une force sur qqch.	2	2B	3B						
une certaine force, sert à la vie, à la chaleur, c'est une puissance	4	8B	8B	5B	8A				
la puissance dans un instant	1	8A							
l'énergie est relative à un système, elle sert être rendue un acquise par un système	1	3B							
total	70								

2.LES ELEVES EN TURQUIE

Collège 1

signifiants	entité	signifiés			
cicek, hareket, gunes	3	4C	3A	1B	
cita	1	0C			
cok hareketli olmak	1	3A			
cok hareketli olmak, civil civil olmak, pil	2	3A	1C-2B		
dinamik hic yorulmayan biri, yada cok konusan geveze biri	2	3A	3A		
elektrik	1	2B			
elektrik	1	2B			
elektrik santrali	1	1C			
elektrik, guc	2	2B	8A		
elektrik, isi ve guc	3	2B	5AB	8A	
enerji dolu bir insan, kuvvetli hareketli insan, gunesin verdigi e.	3	3A	1A	1B	
enerji yaptigimiz hareketlerdir ve hareketle enerji haracariz	1	3A			
guc	1	8A			
guc	1	8A			
guc bir seyi calistirmak icin	1	8A-3B			
guc bir seyi calistirmak icin, hareket ettirmek icin.	1	8A-3A			
guc, yapmak istedigim seyi gerceklestirmek icin	1	8A-3B			
guc, doping	2	8A	3A		
guc, hareket	2	8A	3A		
guc,kas, kuvvet	3	8A	1A	8A	
guclu olmak	1	4A			
gunes	1	1B			
gunes, elektrik gucu, gunes e. elde edilen sicak su	3	1B	8A	4D-6B	
hareket	1	3A			
hareket, spor, caba	3	3A	4A	3A	
hareket, spor, isik	3	3A	4A	5AB-8A	
harekete geciri sey, isi isik sagliyor	2	3AB	1BC		
hareketler, vtaminli icecekler	2	3A	1C		
hareketlilik, isik, elektrik, hizli bir insan	4	4A	5AB-8A	2B	4A6-3A
harket, guc.	2	3A	8A		
her turlu enerji, insan e., hayvan e., hareket e., mekanik e.	1	2B			
insan enerjisi, pil	2	2A	1C		

insan enerjisi, potansiyel e.,	2	2A	2B		
insan vücudunda ki enerji, jeotermal e.su e. vb.	2	2A	2B		
insana hareketlik veren guc	1	1A			
insanin hareketini saglayan guc	1	1A			
insanin rahatlig, freahligi, mutlulukgu, guclu bir insan yaratik	1	4A-6A			
insanin yasamasi icin sarttir	1	6A			
insanin yasamasi icin sarttir, gunesin isi ve isik yaymasini saglar	2	6A	5A		
insanlarin enerjisi, cocuklarin e. hareketlilik.	2	1A	3A		
insanlarin hareketi	1	3A			
insanlarin yasami icin onemlidir, hareket icin e. harcariz	2	6A	5AB		
is, tasima, spor yani zor isi	2	8A	4A		
isik	1	5AB-8A			
kuvvet uygularak yapilan isler	1	3AB			
kuvvet, su gibi, enerjje cesitleri yani	2	8A	1ABC		
lamba	1	5B			
Neo	1	0C			
oyun oynamak, guc	2	4A	8A		
pil	1	1C			
varliklari hareket ettiren sey.	1	1A			
yukselen balonlar	1	4A			
total	86				

Collège 2

signifiants	entité	signifiés			
akan su	1	3B-4C			
bende enerjje var mi sorusu?, ne kadar var?	1	1A			
canlilik, pozitiflik, hareket	3	4A	4A	3A	
canlilik, mutluluk, hareket	3	4A	4A	3A	
carklar, elektrik akimlari, ruzgar	3	5B	5B-2B	1B	
cevik bir insan, hayvan vb.	1	1A-4A			
cikolata	1	1B			
elektrik	1	2B			
elektrik, baraj	2	2B	2B		
enerjik insan guclu ve yorulmayan	1	1A			
guc	1	8A			
guc	1	8A			
guc insanin sahip oldugu	1	8A-1A			
guc ve kimyasal enerji	2	8A	2B		
guc, dayanabile siniri, dinamiklik, ozguc	4	8A	4A	4A	
guc, insanin icinde bulunan	2	8A	1A		
gunes	1	1B			
gunes	1	1B			
hareket	1	3AB			
hareket	1	3AB			
hareket etmek	1	4A			
hareket etmek, enerji olmadan kuvvet olmaz	2	4A	6AB		
hareket etmek, is yapmak, cevik bir insan, hayvan	4	4A	4A	4A	0C
hareket, canlilik	2	3A	3A		
hareket, ceviklik, kuvvet	3	3A	3A	8A	
hareket, fazla hareketli olmak	2	3A	4A		
hareket, kipur kipur olmak	2	3A	4A		
hareketli cisimler	1	3B			
hareketlilik, enerjisiz hic bir sey calismaz	2	4A	6AB		

hareketlilik, kuvvet	2	3A	8A		
hayat veren sonsuz guc	1	8B			
icim kikir kikir oluyor	1	4A			
insan gucu, gu nes enerjisi, atom enerjisi	3	1A	2B	2B	
insan gucu, gu nes enerjisi, atom enerjisi, elektrik enerjisi	4	1A	2B	2B	2B
insanin icindeki hareket duygusu ve onu disari vurma	1	4A			
is yababilme mizi saglayan sey	1	6A			
is yababilme mizi saglayan sey	1	6A			
is yababilme mizi saglayan sey	1	6A			
is yababilme mizi saglayan sey	1	6A			
kelime, cabukluk ve akilli davranma yeteneği ile olusan	2	0C	1A		
kosmak	1	3A			
matrix	1	4B			
potansiteyl istenilen zamanda kullanilabileek	1	1A			
potansiyel eylem ici	1	1A			
pozitif bir guc vucudumuzda	1	1A			
pozitif bir varlik	1	1A			
renkli bir dunya, surekli hareket halinde gencler, canlilik	3	4C	3A	3A	
rien	1	0C			
seyler	1	0C			
teknolojik guc, elektrik gibi	2	4B	2B		
total	82				

Lycée 1

signifiants	entité	signifiés	
action, butun isleri yaparken enerji haeciyoruz	1	3A	
basariya ulasmak icin hava su kadar vazgelimezdir	1	4A	
birim, is olusun, hareketin olusmasi icin	1	7	
enerji varligi bilinen fakay baslangici ve soni bilinmeyen, Rabbin kullarina verdigi lutuflardan biri	1	4A	
eylem yaptirici bir etken	1	1A	
eylemdir bir is olus icin, butun varliklarda bulunur	1	3A	
faydali olusumlarin arkasindaki duadir.	1	1A	
gorulmeyen guc	1	8B	
guc	1	8A	
guc isnanogluna hareket kazandiran	1	8A-6A	
guc, birsey yapabilmek icin	1	8A	
guctur, mantiksal, zekasal, duygusal, isler ve olaylar icin sarfedilen	1	1A	
gucu harekete gecirme yontemi, is yapma	1	5B	
hareket	1	3A	
hareket ettirebilme kabiliyeti	1	1ABC	
hareket ve uretim	2	3A	0C
hayata bakis acimin ana maddes	1	6B	
is yapabilme yeteneği, guc	2	5AB	8A
is yapabilme yeteneği, mutlu neseli, guclu neseli hissetme	2	5AB	4A
is yapabilmek icin gerekli kuvvet veya guctur	1	5AB	
iyi olma durumu	1	4A	
kaslar	1	1A	
madde ayakta kalabilmek icin	1	6A	
n boyutta, uretilebilen, kullanilan herseydir. Zamandır	1	2B	
patlamalar, enerji birikimlerin ortaya cikardigi hareketlerdir	1	3B	
sevgi, huzun ask herseydir, herseyin enerjisi vardir.	1	4A	
sobanin uzerindeki dalgalanmalar	1	4D	
termik santral, cunku babam kucukken oyle demisti	1	1C	

turunci ile sari arasinda bir renk geliyor sanki elektrik gibi	1	1A	
yasam, canli cansiz hersey icin enerji, dogadaki enerji donguleri, olusmlar kullnaimlar	1	6AB	
yildirim	1	1B	
total	34		

Lycée 2

signifiants	entité	signifiés			
beyin, cunku burasi uretim merkezidir potansiyeli cok buyuktur, oernegin baraji insan beyni tasarlar	1	1A			
bilimsel olarak birim zamanda harcanan guc, guc kuvvet, enerji canlilik saglar	3	8A	8A	3A	
canlilarin yasamsal fonksiyonlari yerine getiren gorunmeyen bir seydir	1	6A			
canlilik, gucluluk ve kuvvet, enerjik insan gbi	3	3A-4A	1A-8A	4A	
dogadaki kaynaklara bagli ve bu kaynaklar cervesinde gelisen guc, olmazsa olmazlardandir.	2	1B	6AB		
e=w/t, ikinci olarak enerjje cesitleri, hiper aktif bir cocuk yerinde duramayan	3	7	3A	4A	
enerjinin etkisi positif ve negatif olarak	1	3A			
fabrikalar, teknoloji, bozulmus insanlar	3	1C	8A	4A	
gizli bir guc insanda ve dogada sakli olan aciga ciktiginda bir his bir guc bir basaridir	2	1A	1B		
guc, insanin sahip oldugu guc	2	8A	1A		
guctur, enerji sayesinde guc vardir, enerjje guc ile orantidir	3	8A	1BC	7	
gunes, gunesin cevresine verdigi isik, bazi maddelerin olusabilmesi icin gerekli sey	3	1B	2B-5AB	1ABC	
hayatin devamliligini saglayan seydir	1	6AB			
her alanda farkli birsey anliyorum, matrix filminde isinlama, aktivite, basari, yuksek hayal gucu,	4	4B	3A	4A	4A
hersey	1	0C			
hiperaktif bir cocuk, sinirsiz hareket, positif ve negatif e. ve portakal	4	3A-4A	3A	2B	1B
hucrede olusan enerji hareketlerimiz icin	1	1A			
insanda varolan potansiyel, insan beyin gucu ile herseyi basarabilir	1	1A			
insanin akil gucu geliyor, beyin gucu fiziki gucten daha etkindir	1	1A			
insanin hareketlilik, potansiyeli, direnc aktivite basari varsa enerjje var demektir	3	4A	1A	3A	
insanin yerinde duramamasi hoplayip ziplamasi	1	3A			
is yapabilme yetenegi, butun aktiviteler icin e. ihtiyac vardir	2	8A	6A		
is yapabilme yetenegi, hayati fiile dokuyor	2	8A	6B		
kavram insanların kendi isteklerini grceklestirmesi ici	2	8A	6A		
kisinin icinde sakli olan ruh hali	1	1A			
maddede icindeki potansiyel butun faaliyetleri gerceklestirmek icin	1	1B			
maddenin sahip oldugu guctur, her maddenin enerjisi vardir, farkli bicimlerde	2	1B	2B		
okulda fizik dersinde is guc enerji konusu geldi	1	8A			
soyut seyler, ruh ve dusunce, mantik enerjisi, enerji sonsuzluktur	1	1A			
var olma	1	6A			
yaptirim gucu aktiviteler icin	1	1A			
yasam kaynagi, aktivilerin yapmamizi saglayans sey	2	6A	1A		
yasama istegi	1	4A			
total	61				

Lycée 3

signifiants	entité	signifiés	
birsey yapabilme ozelligine sahip olma	1	1A	
bitmek tukenmek bilmeyen, insanlari psiklojik olarak savaslara surukleyen bir guc simgesi	1	1A	
canlilarin yasamasi ve devamligin saglanmasi icin en oneli sey	1	6AB	
enerji ihtiyactir, hava, su, toprak ates	1	6AB	
gelecegin en buyuk gucu	1	8B	
hayatin devamliligini icin gerekli gerekli olan tum carklar arasinda baglanti carklaridir	1	6AB	
islerimizde basarili olma azmi ve yetenedi	1	4A	

maddei olarak sinavlar, manevi olarak guclu hissetme akilima geliyor ruhsal, maddi manevi insanoglunun hayatini devam ettirmesi icin gerekli unsurdur	2	4B	1A
yagmurlu bir gunde gokyuzunu aydinlatan yildirim geliyor	1	4C	
total	12		

3. LES ETUDIANTS EN FRANCE ET STAGIAIRES DE L'IUFM

DESS +Maîtrise

signifiants	entité	signifiés			
Pleine forme, peps !	2	4A	1C		
Puissance	1	8A			
Puissance potentielle, force emmagasinée	2	8A	8A-2B		
Puissance, dynamique, nucléaire	3	8A	3A	2B	
Quelque chose d'abstrait qui fournit une puissance, qui permet de produire quelque chose	1	1AB			
Tonus chez les hommes, électricité	1	2B			
Un mouvement de matière	1	3B			
Une capacité, une force intérieure (interne) à une personne ou d'un objet, énergie aide à agir, c'est un pouvoir interne.	4	1A	2AB	3AB	8B
Une force	1	8A			
Une force	1	8A			
Une force en action, une force en mouvement	2	8A	8A		
Une force potentielle, « prête agir »	1	2AB			
une force produite par la chaleur ou autres phénomènes	1	8A-1BC			
Une force, une puissance	2	8A	8B		
Vitale	1	6AB			
Totale	54				

DEUG

signifiants	entité	signifiés			
Joules	1	7			
L'énergie est une notion abstrait qui caractérise tout élément capable de produire une force, un travail.	1	8A			
« l'énergie ça m'évoque de la puissance, de la force, de l'activité, c'est quelque chose qui est dégagé »	3	8A	2AB	3AB	
Barre de céréales	1	1C			
Base de la physique a fonction initiale de la civilisation	1	6AB			
Bombe H	1	2B			
C'est ce qu'on a besoin(nous, les végétaux, ...pour bouger	1	2AB			
c'est l'origine de milliers du processus sur l'énergie	1	3AB			
C'est la force en état invisible qui nous permet à faire les choses que l'homme ne peut plus.	1	8A-3A			
C'est la force qu'il faut fournir pour passer d'un état à l'autre	1	8A-5AB			
C'est qqch. d'indispensable pour les êtres vivants	1	6AB			
C'est qu'on a besoin pour faire quelque chose	1	3AB-6A			
C'est que l'on doit fournir pour réaliser par exemple une rupture de liaison.(est) .ce qui peut se libérer	1	5B			
C'est quelque chose qui nous permet de bouger, de se réchauffer...	1	6A			
C'est quelque chose qui permet de créer des forces	1	1ABC			
C'est qui est nécessaire pour effectuer un changement d'état	1	3AB			
c'est un flux de matière dont l'intensité varie	1	5AB			
C'est un rayonnement absorbé ou émis	1	2B			
C'est une puissance qui permet de créer des mouvements de la lumière, etc.	1	8A-3B			
Ce qui fait marcher, il y a de multiples formes	1	2AB			
Ce qui permet d'exercer un mouvement, une force.	1	3AB			
Cela m'évoque la notions de force, de puissance pour déplacer qq. chose par exemple	1	8AB-3AB			
Chaleur	1	5B			

Chaleur	1	5B			
Chaleur	1	5B			
Chaleur, aide à réaliser qqch. ou provient de la réaction de qqch.	1	5B-3B			
Chaleur, électricité	2	5AB	2B		
Chaleur, mouvement,...	2	5AB	3AB		
Chaleur, puissance, force	3	5AB	8A	8A	
Chaleur, température, puissance	3	5AB	8A	8A	
Chaleur, travail, entropie	3	5AB	5AB	8A	
Changement d'état, travail	2	5AB	5AB		
Chaque corps possède de l'énergie	1	1A			
De la chaleur	1	5AB			
Dégagement de chaleur, mouvement d'atomes	2	5AB	3AB		
$E = E_c + E_p$, soleil	2	7	1B		
$E = E_p + E_c$	1	7			
$E = hv$	1	7			
E_c , E_p , énergie solaire, vitalité	3	7	1B	8B	
Echange	1	5AB			
Effort	1	4A			
Électricité	1	2B			
Électricité	1	2B			
Elle sert à faire fonctionner les machines	1	1C			
Energie cinétique, potentielle, joules, réaction	4	2B	2B	7	5AB
Energie cinétique, potentielle...	2	2B	2B		
Energie d'un système du genre énergie = mécanique, cinétique, potentielle	1	2B			
Energie, évoque le mouvement	1	3AB			
flux de matière	1	5AB			
Force, lumière	2	8A	8B		
Force, puissance, que l'on doit fournir	2	8A	8A		
Forme permettant de mouvoir, faire mouvoir ou ... ?permettre diverses sources	1	1ABC			
Grandeur physique qui d'obtenir des réactions ou bien qu'il faut fournir	1	8A			
hydrocarbures, nucléaire, besoin de la vie de tous les jours	3	2B	2B	6AB	
Il évoque un concept sans lequel ? serait inerte	1	8A			
Il évoque un type de « puissance », « force », non pas au sens physique mais matériel	2	8B	8B		
il implique qu'un dégagement de chaleur pour la formation de liaison entre atome ou la masse en commun d'électron	1	5AB			
Joule	1	7			
L'électricité	1	2B			
L'électricité, soleil	2	2B	1B		
L'énergie c'est la vie	1	6B			
L'énergie est ce qui permet de modifier quelque chose de stable	1	1ABC			
L'énergie est ce qui permet le changement d'état, de position d'un corps	1	3AB			
L'énergie est une puissance qui permet de vivre	1	8B-6A			
L'énergie estimée, et celle des centrales nucléaires.	1	1C			
L'énergie me fait penser à des barres de céréales	1	1C			
L'énergie permet d'effectuer un travail	1	5AB			
l'énergie peut m'évoquer un changement de température	1	8A			
La chaleur	1	5AB			
La chaleur	1	5AB			
La force développée ou créée par l'objet ou personne	1	8B			
Le mot « énergie » m'évoque une ressource dont l'homme fait usage pour un bien-être.	1	1A-6A			
Le mot « énergie » symbolise la force	1	8A			
Le mot énergie évoque pour la chaleur	1	5AB			
le mot énergie évoque pour moi l'électricité, le nucléaire	2	2B	2B		

Le mot évoque la forme	1	2AB			
Le soleil	1	1B			
Le soleil, chaleur	2	1B	5AB		
libération de chaleur	1	5AB			
lumière, chaleur	2	8A-5B	5B		
Lumière, chaleur, puissance, vitesse etc.....	4	8A-5B	5B	8A	8A
Lumière, chaleur, travail, électricité	4	5B	5B	5B	2B
Mécanique, thermomètre de l'énergie ; $E=mc^2$	3	2B	1C	7	
Molécules, industrie, dégagement de chaleur, toutes les réactions chimiques fournissent de l'énergie. Energie =qq. Chose qui va agir avec qq. chose d'autre	4	8A	4D	5B	3B
NRJ, concept de Physique	2	4B	8A		
Nucléaire	1	2B			
Nucléaire, images, énergie renouvelable, pétrole	4	2B	0C	1B	1C
Objet d'une certaine vitesse ; énergie de l'électron	2	3B	4D		
Pas de réponse	1	0A			
Pas de réponse	1	0A			
Physique	1	8A			
Possibilité de créer, de transformer en quelque chose	2	3AB	5AB		
Puissance, chaleur	2	8A	5B		
Quelque chose qui peut fournir un travail	1	1ABC			
Réveil, forme	2	3A	2AB		
Source de fonctionnement de toutes choses	1	1ABC			
Source exploitable, une force d'une grande puissance	2	1BC	8B		
Source qui permet un travail	1	5AB			
Tant de questions sans réponse ou un bon petit déjeuner	1	4A			
toute forme de forces	1	2B			
Travail d'une force	1	8B-5B			
Travail, forces	2	5B	8A		
un apport de chaleur, lumière	2	5B	5B		
Une boule, une sphère	2	2B	2B		
Une conversion	1	3B			
Une énergie est une capacité de fournir du travail	1	1ABC			
Une énergie évoque une « force » immatérielle pour ma part je l'associe toujours à une onde.	1	1A			
une production	1	4A			
Une production, résultent de mouvement de force, puissance	3	4A	3AB	8A	
Une radio	1	4B			
Une station de radio, la vie	2	4B	4A		
totale	165				

Licence de Sciences Physiques

signifiants	entité	signifiés		
Déplacement d'un équilibre chimique ou physique.	1	4D		
une quantité de matière dont on a besoin pour faire quelque chose pour faire évoluer un système chimique, on peut fournir de l'énergie au système...	2	2B	4D	
C'est ce qui décrit tout chose, tout processus	1	3AB		
C'est un échange de matière soit sous forme de chaleur, soit sous forme de travail.	1	5AB		
Calories, puissance (lipide, glucide)	3	7	8A	1AB
Chaleur, matière, potentielle – mécanique -cinétique	3	5	8A	2B
Diagramme énergétique en aga	1	4D		
Energie mécanique, potentielle, cinétique et $e=mc^2$	2	2B	7	
énergie set une force par un corps qui peut être servi par un autre corps. Il y a une notion d'échange.	2	1A-2A	8A-5	
Energie, échange de chaleur et de travail. Il évoque l'énergie grâce à l'eau, au vent, ...	2	5	1B	
énergie, source, fonctionnement, transfert (de chaleur par exemple)	3	1ABC	3AB	5AB

Force conservatrice ou non. Energie électrique, mécanique, chimique, etc.	2	8A	2B	
L'énergie permet de faire fonctionner ou de déclencher des phénomènes nous entourent.	1	1ABC		
La force	1	8A		
Le mot « énergie » est synonyme de chaleur. Il existe plusieurs formes d'énergie (transfert).	2	8A	5	
Le soleil	1	1B		
Notion scientifique	1	8A		
Nucléaire	1	2B		
Précurseur de toute forme de travail – force	1	1ABC		
Puissance rayonnement	1	4D		
puissance, vitesse, gravitation...	3	8A	8A	8A
ressource, potentiel emmagasiné	2	1ABC	2AB	
Source de la vie	1	6AB		
Transfert d'énergie	1	5		
Transfert, flux, (ou une radio FM)	2	5	4B	
Travail	1	5		
Travail d'une force	1	8A		
Un échange de chaleur ou de puissance	2	5	3AB	
Un modèle de pensée terriblement efficace mais tous aussi énigmatique	1	1A-2A		
Une radio française	1	4B		
totale	47			

IUFM

signifiant	entité	signifiés				
Ressource	1	1ABC				
Problème pour l'humanité à long terme	1	4B				
Source de force	1	1ABC-8A				
Il évoque la vitalité	1	3A-6A				
Une entité universelle	1	8A				
Grandeur qui caractérise l'état d'un système	1	8A				
Travail, force de déplacement	2	8A-5A	8B			
Pas de réponse	1	0A				
Energie totale : énergie cinétique + énergie potentielle	1	8A				
Puissance et temps	2	8A	8A			
C'est la faculté de produit un changement ou un travail.	1	5AB				
Pas de réponse	1	0A				
Energie est le mot le plus difficile à définir en physique.	1	8A				
Source de fonctionnement	1	1A				
Concept physique abstrait propre à tout objet	1	8A				
Transfert d'énergie +punch	2	5AB	1B			
Différences source d'énergie : possibilité de mise en mouvement, fabrication d'électricité	1	1ABC				
Un mot est associé à la chaleur que peut fournir ou recevoir un corps	1	5AB				
Les photons	1	5AB				
La chaleur fournie ou dégagée	1	5AB				
C'est la convention de travail d'une force - énergie cinétique/ potentielle évoque également l'échauffement du à l'énergie thermique	2	5AB	2B			
La puissance	1	8A				
une grandeur utilisée, couramment par le physicien, mais qui n'a aucune définition rigoureuse	1	8A				
Une quantité qui ne varie pas mais se présente sous ? formes, thermique, mécanique.	1	2AB				
Terme vague exprimant une grandeur physique exprimée en joules (au calorie).	2	8A	7			
De multiples formes d'énergie existent, mécanique, électrique, potentielle, entropie.	2	2B	8A			
Chakras, pendule, radio, physique, chimie...	5	0C	0C	4B	8A	8A
Energie solaire, vie,	2	1B	4C			

Cinétique, potentielle, mécanique	1	2B				
Vitalité, dynamisme, chaleur, production, ressources	4	3A-6A	5AB	1C	1AB	
Centrale nucléaire, production d'électricité	2	1C	1C			
Rayonnement	1	5AB				
mouvement	1	3AB				
e=mc ²	1	7				
une station de radio	1	4B				
puissance	1	8A				
Un travail, une chaleur, une énergie cinétique et potentielle.	3	5AB	5AB	2B		
Energie mécanique, électrique. Le travail est de l'énergie.	2	2B	5AB-8A			
Mars et ça refont	2	0C				
C'est le travail d'une force	1	8A				
Quelque chose qui peut fournir une force.	1	1ABC				
Une entité transférable exprimée en joule.	1	8A-5AB				
Grandeur qui se conserve si l'on peut négliger les pertes. Elle s'exprime en joule ; elle peut être transformée.	3	8A	7	5AB		
Energie électrique, mécanique, lumineuse ; travail, un leur	4	2B	5AB	5AB	5AB	
L'ora que l'on peut dégager auprès des autres.	1	1B				
le dégagement d'une puissance	1	3B				
les types d'énergie, cinétique, potentielle	1	2B				
l'énergie est nécessaire pour expliquer tout phénomène physique	1	8A				
Grandeur exprimée en joule qui peut se conserver s'il n'y a pas de pertes.	1	8A				
Physique, chimie	2	8A	8A			
Chaleur	1	5AB				
Puissance, énergie électrique, force	3	8A	2B	8A		
Vie	1	8A-8B				
Force, mouvement, lumière	3	8A	3AB	5AB		
Une chose dont on peut se servir, en tirer profits	1	6A				
totale	84					

4.LES ETUDIANTS EN TURQUIE

Physique 1

signifiants	entité	signifiés
maddenin uzerinde barindirdiklari potansiyel ve kinetik enerjileri	1	2B
is yapabilen kuvvet	1	8A-5
is yapabilen kuvvet	1	8A-5
yasam	1	8B
pas de réponse	1	0A
is yapabilmek icin gerekli sey	1	6A
calisan motor, kablolar vs.	1	5
buyuk bir guc kaynagi gunes gibi	1	1B
hareket	1	3
gunes ve hayatın temel dinamigi	2	1B 6A
bitmez tukenmez ve bircok alanda kullandigimiz sey	1	6AB
dunyanin temeli olan bir kaynak	1	1AB-6
gucu saglayan birseyler	1	1ABC
yasam kaynagi	1	6AB
harekt	1	3AB
guc	1	8A
gunes ya da depolamis bir enerji	1	1B
is ve guc enerjije problemini aklima getiriyor	1	8A
maddenin her turlu hareketini saglayan ozellik	1	3B
total	20	

Physique 3

signifiants	entité	signifiés	
bir cismin veya nesnenin bunyesinde urettigi bir buyukluk	1	1AB	
bir sistemdeki siddet oranı	1	4D	
enerji bir kavramdır, aciğa ciktigi zaman degisime sbbeb olan, isi hareket, parçalanma gibi	1	8A	
gozle gorulmeyen, varligi maddeye bagimli olan belki de cogu seyi canli kilan seydir, gormesekde varligini kabul ediyoruz	1	4D	
hayat	1	8B	
hayati surdurmek icin gerekli sbbeb, yani guc	1	6AB	
hiz	1	8A	
inun sagladigi guc	1	1A	
isi	1	5	
isi, hareket	2	8A	3AB
kuvvet, guc	2	8A	8A
kuvvet, guc	2	8A	8A
pas de réponse	1	0A	
pas de réponse	1	0A	
soyut bir kavram, donusumu yapilabilen kullanimi kolay bir nicelik	1	8A	
yasam kaynagi	1	6AB	
yasamin buyuk bir parcasi	1	6AB	
total	20		

Physique 5

signifiants	entité	signifiés	
atomların bir yumak olusturup bir yone dogru aktigi ilk duydugumda kafamda boule canlamisti	1	5	
bir isi yapabilmek icin ya da canlinin icinde sahip oldugu guc	1	1A	
hareket	1	3A	
hareket kabiliyeti	1	4A	
hareket kabiliyeti	1	4A	
hareket, guc	2	3	8A
hareket, surekli bir canlilik	2	3	4A
is yapabilme yetenegi	1	8A	
isin nedeni aklima geliyor, insanlar uzerinde kavga ettigi bir degerdir	1	5-4B	
plazma fizigi- ya da doping olusumu sprinter	2	4D	4B
surekli baska durumlara donusen, asla kaybolmayan, varligimizi surdurmimizi saglayan bir durum	2	5	6A
total	15		

Chimie 1

signifiants	entité	signifiés	
gunes	1	1B	
hareket	1	3A	
yasam	1	8B	
pil, bir seyin hareketin ici gereken sey	2	1C	3AB
maddenin tepkime olusturmasi icin farkli olan maximum enerji olan aktivasyon enerjileri geliyor	1	4D	
dinamiklik	1	3A	
hareket icin gerekli yardimci	1	1A	
elektrik, simsek	2	2B	4C
termeik santrallar	1	1C	
is, hareket	2	8A	3AB
hareketlilik	1	4A	
isi saglayan guc	1	1ABC	
hareketlilik, potansiyel ve kinetik enerji	2	3AB	2B
gunes	1	1B	

gunes	1	1B	
pil	1	1C	
hareket	1	3A	
hayat demek	1	8B	
hareket ve elektrik	2	3A	2B
dalgalar, parcalanma sonucu aciga cikan sey	2	4C	4D
potansiyel ve kinetik enerjije, barajlarda sudanelektrik elde ederiz	1	2B	
gunes enerjisi	1	1B	
total	28		

Chimie 3

signifiants	entité	signifiés	
benzin	1	1C	
beyaz isik	1	5	
bir isi ve eylemi gerceklestirmek icin gerekli guc	1	6A	
bir seye hukmetme	1	6A	
bir sisteme bir is yaptirmaya olanak taniyan olgu	1	3AB	
dinamiklik, hareket edebilme	2	4A	3A
dunyanin gunes etrafinda donmesi	1	4C	
$e=mc^2$	1	7	
$E=mc^2$ formulu ve guc	2	7	8A
enerji dunyada para olarak canlandirilan bir kavram	1	8B	
guc	1	8A	
guc	1	8A	
guc	1	8A	
guc, $E=mc^2$	2	8A	7
gunes	1	1B	
hapsedilemeyen ve boyutlari sonsuz olabilen bir türlü yoğunluk	1	4D	
hareket	1	3A	
hareket	1	3A	
hayat	1	8B	
hayat	1	8B	
isi, sicak hacada yuzumuze carpan hissedilen sey	2	5	4C
yasam	1	8B	
total	26		

Chimie 5

signifiants	entité	signifiés		
hareket	1	3A		
guc, kimyasal, etkinlik	3	8A	8A	3B
hareket, patlama, hiz	3	3A	4D	8A
gun, kuvvet, kimyasal enerji	3	4C	8A	2B
hareket	1	3A		
buyuk, guc, birikim	3	0C	8A	1A
hareket, nukleer energie	2	3A	2B	
gunes enerjisi	1	1B		
guc, atom	2	8A	8A	
total	19			

LE S ELEVES EN FRANCE											
COLLEGE						LYCEE					
SIXIEME			TROISIEME			PREMIER S			TERMINALE S		
signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%
0A	1	1,41	0A	1	1,85	7A	1	1,49	7A	2	2,86
0C	1	1,41	1A	1	1,85	1A	1	1,49	0C	1	1,43
1A	3	4,23	1A,6A	1	1,85	1ABC	1	1,49	1ABC	1	1,43
1AB	1	1,41	1B	8	14,81	1B	4	5,97	1B	1	1,43
1B	5	7,04	1C	1	1,85	1BC	1	1,49	1BC	6	8,57
1B-C	1	1,41	2A	1	1,85	1C	7	10,45	1BC-3AB	1	1,43
1C	2	2,82	2B	3	5,56	2A	1	1,49	1C	2	2,86
2B	21	29,58	3A	1	1,85	2B	16	23,88	2AB	1	1,43
3A	5	7,04	3B	4	7,41	3A	3	4,48	2B	6	8,57
4A	1	1,41	4B	2	3,7	3AB	5	7,46	3AB	1	1,43
4B	5	7,04	5B	1	1,85	3B	1	1,49	3B	5	7,14
5AB	2	2,82	6A	2	3,7	4A	1	1,49	3B-1BC	1	1,43
5B	2	2,82	6B	1	1,85	4B	3	4,48	4B	1	1,43
6A	1	1,41	8A	20	37,04	4C	1	1,49	5AB	2	2,86
6B	1	1,41	8A,B	2	3,7	5AB	3	4,48	5B	4	5,71
8A	14	19,72	8B	4	7,41	6A	1	1,49	6A	2	2,86
8A, 1A	1	1,41	9A	1	1,85	6AB	1	1,49	6B	2	2,86
8B	4	5,63		54	100	6B	3	4,48	8A	26	37,14
						8A	9	13,43	8B	5	7,14
						8A.2B	1	1,49			
						8B	3	4,48			
totale	71	100%	totale	54	100%	totale	67	100%	totale	70	100%

LES ELEVES EN TURQUIE	
COLLEGE	LYCÉE

COLLÈGE 1			COLLÈGE 2			LYCÉE 1			LYCÉE 2			LYCÉE 3		
signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%
0C	2	2,33	0C	4	4,88	0C	1	2,94	0C	1	1,64	1A	4	33,33
1A	6	6,98	1A	10	12,2	1A	5	14,71	1A	11	18,03	4A	1	8,33
1ABC	1	1,16	1A-4A	1	1,22	1ABC	1	2,94	1A-8A	1	1,64	4B	1	8,33
1B	4	4,65	1B	4	4,88	1B	1	2,94	1ABC	1	1,64	4C	1	8,33
1BC	1	1,16	2B	10	12,2	1C	1	2,94	1B	6	9,84	6AB	4	33,33
1C	4	4,65	3A	12	14,63	2B	1	2,94	1BC	1	1,64	8B	1	8,33
1C-2B	1	1,16	3AB	2	2,44	3A	4	11,76	1C	1	1,64			
2A	3	3,49	3B	1	1,22	3B	1	2,94	2B	2	3,28			
2B	8	9,3	3B-4C	1	1,22	4A	5	14,71	2B-5AB	1	1,64			
3A	17	19,77	4A	16	19,51	4D	1	2,94	3A	7	11,48			
3AB	2	2,33	4A-1A	1	1,22	5AB	3	8,82	3A-4A	2	3,28			
4A	7	8,14	4B	2	2,44	5B	1	2,94	4A	7	11,48			
4A6-3A	1	1,16	4C	1	1,22	6A	1	2,94	4B	1	1,64			
4A-6A	1	1,16	5B	1	1,22	6AB	1	2,94	6A	5	8,2			
4C	1	1,16	5B-2B	1	1,22	6B	1	2,94	6AB	2	3,28			
4D-6B	1	1,16	6A	4	4,88	7	1	2,94	6B	1	1,64			
5A	1	1,16	6AB	2	2,44	8A	3	8,82	7A	2	3,28			
5AB	2	2,33	8A	7	8,54	8A-6A	1	2,94	8A	9	14,75			
5AB-8A	3	3,49	8A-1A	1	1,22	8B	1	2,94						
5B	1	1,16	8B	1	1,22									
6A	3	3,49												
8A	13	15,12												
8A-3A	1	1,16												
8A-3B	2	2,33												
totale	86	100	totale	82	100	totale	34	100	totale	61	100	totale	12	100

LES ETUDIANTS EN FRANCE ET STAGIAIRES DE L'IUFM											
DESS +MAITRISE			DEUG			LICENCE DES SCIENCES PHYSIQUES			IUFM		
signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%
0C	2	3,7	0A	2	1,21	1A-2A	2	4,26	0A	1	1,19

1A	2	3,7	0C	1	0,61	1AB	1	2,13	0C	3	3,57
1AB	1	1,85	1A	2	1,21	1ABC	4	8,51	1A	1	1,19
1B	2	3,7	1A-6A	1	0,61	1B	2	4,26	1AB	1	1,19
1BC	1	1,85	1ABC	6	3,64	2AB	1	2,13	1ABC	3	3,57
1C	1	1,85	1B	6	3,64	2B	5	10,64	1ABC-8A	1	1,19
2AB	2	3,7	1BC	1	0,61	3AB	3	6,38	1B	3	3,57
2B	8	14,81	1C	6	3,64	4B	2	4,26	1C	3	3,57
3A	5	9,26	2AB	5	3,03	4D	4	8,51	2AB	1	1,19
3AB	1	1,85	2B	23	13,94	5AB	9	19,15	2B	8	9,52
3B	1	1,85	3A	1	0,61	6AB	1	2,13	3A-6A	2	2,38
4A	4	7,41	3AB	10	6,06	7A	2	4,26	3AB	2	2,38
5AB	2	3,7	3AB-6A	1	0,61	8A	10	21,28	3B	1	1,19
5B	2	3,7	3B	3	1,82	8A-5	1	2,13	4B	3	3,57
6AB	1	1,85	4A	5	3,03				4C	1	1,19
8A	12	22,22	4B	3	1,82				5AB	16	19,05
8A-1BC	1	1,85	4D	2	1,21				5AB-8A	1	1,19
8A-2B	2	3,7	5AB	23	13,94				6A	1	1,19
8B	4	7,41	5B	14	8,48				7A	3	3,57
			5B-3B	1	0,61				8A	24	28,57
			6A	1	0,61				8A-5A	1	1,19
			6AB	3	1,82				8A-5AB	1	1,19
			6B	1	0,61				8A-8B	1	1,19
			7A	8	4,85				8B	1	1,19
			8A	22	13,33				OA	1	1,19
			8A-3A	1	0,61						
			8A-3B	1	0,61						
			8A-5AB	1	0,61						
			8A-5B	2	1,21						
			8AB-3AB	1	0,61						
			8B	6	3,64						
			8B-5B	1	0,61						
			8B-6A	1	0,61						
total	54	100	total	165	100	totale	47	100	totale	84	100

LES ETUDIANTS EN TURQUIE, FUTURS PROFESSEURS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE																	
PHYSIQUE 1			PHYSIQUE 3			PHYSIQUE 5			CHIMIE 1			CHIMIE 3			CHIMIE 5		
signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%	signifiés	entité	%
1AB-6A	1	5	0A	2	10	1A	1	6,67	1A	1	3,57	1B	1	3,85	0C	1	5,26
1ABC	1	5	1A	1	5	3A	1	6,67	1ABC	1	3,57	1C	1	3,85	1A	1	5,26

1B	3	15	1AB	1	5	3AB	2	13,33	1B	4	14,29	3A	3	11,54	1B	1	5,26
2B	1	5	3AB	1	5	4A	3	20	1C	3	10,71	3AB	1	3,85	2B	2	10,53
3AB	2	10	4D	2	10	4B	1	6,67	2B	4	14,29	4A	1	3,85	3A	4	21,05
3B	1	5	5AB	1	5	4D	1	6,67	3A	4	14,29	4C	2	7,69	3B	1	5,26
5AB	1	5	6AB	3	15	5-4B	1	6,67	3AB	3	10,71	4D	1	3,85	4C	1	5,26
6A	2	10	8A	8	40	5AB	2	13,33	4A	1	3,57	5AB	2	7,69	4D	1	5,26
6AB	2	10	8B	1	5	6A	1	6,67	4C	2	7,14	6A	2	7,69	8A	7	36,84
8A	2	10				8A	2	13,33	4D	2	7,14	7A	3	11,54			
8A-5	2	10							8A	1	3,57	8A	5	19,23			
8B	1	5							8B	2	7,14	8B	4	15,38			
OA	1	5															
total	20	100	total	20	100	Total	15	100	total	28	100	total	26	100	total	19	100

annexe 3.2

3.2.1 Energie, question C : regroupement des représentations des élèves et des étudiants

1. Les élèves en France (143)
2. Les élèves en Turquie (176)
3. Les étudiants en France et stagiaires(221)
4. Les étudiants en Turquie (104)

1. LES ELEVES EN FRANCE

Sixième

1. d, deux individus l'un en forme et l'autre en fatigue
2. d, soleil, lampe, thermomètre, foudre
3. d, éolienne, nucléaire, force, électricité
4. d, cellule, atome, actimel
5. d, éolienne, centrale hydraulique
6. a, énergie humaine, celle qui nous permet de faire du sport, déplacer,
7. d, pile, ampoule
8. d, les éoliennes, lampe
9. a, énergie sert faire avancer par exemple ma voiture pour que nous fassions de plus longs voyages sans se fatiguer
10. d, éclairer
11. d, atome
12. d, usine, panneau solaire, soleil, éolienne
13. a, je mettrais une ampoule ou une éclairer
14. d, éolienne, panneau solaire et soleil
15. pas de réponse
16. d, des traites
17. d, électricité, éclairer, fusil
18. d, des fils électriques, qqch. qui tourne de plus en plus vite pour former de l'énergie pour l'électricité
19. d, lampe
20. d, panneau solaire, éolienne
21. d, soleil
22. d, soleil, un dessin d'enfant en plein d'énergie
23. d, fusée, électricité
24. d, a muscle et en bonne santé
25. a, par la chaleur. Une chaleur qui se répandrait dans le monde entier par des fils
26. d, petit déjeuner
27. d, volcan, lampe, soleil
28. pas de réponse
29. a, énergie humaine, celle qui nous aide à nous déplacer
30. d, muscle, le feu: a, pour moi l'énergie est aussi qqch. de très floue
31. d, éolienne, éclairer
32. je me la représente sous forme d'éclairs, d, éclair
33. d, soleil, lampe, foudre, fil d'électricité
34. d, usine nucléaire, volcan, électricité, le matin avec conflakes
35. d, éolienne
36. d, fusée
37. d, actimel, armes multifonctionnelles
38. d, soleil, foudre
39. d, lampe
40. pas de réponse
41. d, soleil, foudre, lampe, éolienne
42. a, tempete
43. d, bombe, nrj fm
44. d, une éolienne

45. d, lampe
46. c, une usine nucléaire

d : dessin, a : analogie

Troisième

1. d, énergie solaire, train et pile
2. d, éolienne, barrage, explosion
3. d, pile, train, voiture, explosion
4. d, lampe, soleil
5. d, soleil
6. a, qqch. de puissant qui bougent une forme "énervé" qui ne peut pas vraiment se représenter
7. pas de réponse
8. d, éolienne
9. d, qui représente la puissance
10. pas de réponse
11. d, dart vacles come back
12. d, une personne
13. d, une pile, r:énergie électrique
14. d, des flèches, r, cela représente le mouvement concentré quelque part
15. d, pile:r, organe
16. d, yoyo
17. d, soleil, pile, éclair
18. d, des éclairs
19. d, la boîte d'actimel
20. d, un enfant dansant, nucléaire, céréales
21. d, vent, énergie, bateau et eau, le vent produit une énergie é; éolienne sur le bateau qui lui permet d'avancer
22. d, force suprême, un enfant en pleine force
23. pas de réponse
24. a, é ressemble à une force que l'on a
25. pas de réponse
26. pas de réponse
27. pas de réponse
28. d, c'est picatchou
29. d, des armes
30. d, des armes et du sang
31. a, énergie ne se représente pas, elle est invisible
32. d, éclair, un enfant qui joue le foot
33. d, des flèches
34. d, muscle
35. d, soleil, eau, vent
36. d, soleil avec des flèches

Premier S

1. d, idée d'explosion, de mouvement, de perte forte intensité
2. d, une source-une lampe
3. a, qqch. d'électricité
4. je ne me la représente pas! Je ne me suis jamais posé la question! Peut être une source de chaleur, un circuit électrique
5. pas de réponse
6. d, une lampe, un tube (éclair)
7. d, deux boules énergie-activité
8. a, je ne sais pas dessiner mais j'aurais fait une pile
9. d, une chaîne d'énergie
10. d, mouvement de molécules
11. d, un éclair, r: l'énergie ne peut pas être stockée, donc il n'y a pas une représentation précise de celle-ci
12. d, des zigzag
13. d, tableau de chocolat, énergie chimique

14. d, soleil
15. a: je me représente l'énergie comme un autre état que la matière ou l'information, c'est une des bases de notre civilisation telle que nous le concevons. L'énergie est un concept de base de la physique. En physique classique et en chimie, il en peut pas y avoir création ou disparition d'énergie, mais seulement transformation d'une forme en une autre(Principe de Massen) ou transfert d'énergie d'un système à un autre (principe de Carnot). en revanche, en physique de hautes énergies, il ya possibilité de transformation
16. d, birseye benzemiyo
17. d, birseye benzemiyo
18. a, un phénomène (vent, réaction) permettant un mouvement à la source de la naissance de l'énergie
19. d, birseye benzemiyo
20. d, un éclair
21. a, créateur d'énergie- énergie- appareil quelconque-fonctionnement
22. d, soleil
23. d, soleil
24. d, des flèches
25. d, un bon exemple
26. d, soleil
27. a, énergie représente par un vecteur ou une rétraction ou l'action d'un support d'un objet, d'une espèce, d'une molécule ou réactif-énergie –produit (système en marche)
28. a, je pense soleil, mais aussi à une flèche qui représenterait le transport de l'énergie (cf. S.V.T.) la pourrait aussi penser à tous les besoins représentant la force un muscle en action par exemple.

Terminale S

1. d, source – énergie -voiture
2. d, soleil, un bonhomme qui court, un moteur en marche
3. d, sucres, électricité, éolienne, éclair
4. d, projectif
5. d, ampoule
6. d, ampoule
7. a, énergie se présente sous différente forme qui ne peuvent pas forcément être représenté
8. d, un éclair
9. a, représentation d'un capteur solaire, de cellules photo voltaïques de la lumière
10. d, un éclair
11. d, un éclair
12. a, 2 énergie est à mon sens, non papable et non visible, sous support elle n'est rien. Elle n'existe pas en état d'énergie même, mais on la transforme en électricité, chaleur, magnétisme, poussé
13. d, anlam veremedim
14. d, courant électrique, éclair
15. d, une lampe
16. d, a, c'est qqch. de très puissant, à l'origine de nombreux phénomènes. On utilise de l'énergie chaque jour (lumière)
17. d, anlam veremedim
18. d, soleil, éolienne, pétrole..
19. a, énergie pour moi rassemble à une sorte de dégagement de chaleur, comme lorsqu'il y a une force de frottement
20. a, entité capable d'engendrer des forces, donc des mouvements
21. d, barrage, lac, rivière
22. pas de réponse
23. pas de réponse
24. d, panneau solaire, une pile, un baril de pétrole, éolienne
25. d, pile, lampe, un animal
26. d, représentation de l'énergie:Invisible, r; énergie est une puissance, une force on ne peut donc pas le représenter concrètement
27. r, énergie est représentée pour moi, quantité de forces, potentiellement utilisable, d, un boite avec la flécher
28. d, un éclair
29. d, la lettre E
30. a, tout autour de nous
31. d, une source d'énergie
32. a, d, une force appliquée sur un système (ici une boule), libéré de l'énergie

33. a, énergie n'apparaît qu'à travers son utilisation mouvement, réaction chimique

2. LES ELEVES EN TURQUIE

Collège 1

1. pas de réponse
2. c, gunes
3. c, gunes
4. c, simsek
5. cizebilirim de cizemem de:c, top oynayan cocuklar
6. c, cocuk, gunes, masa, telefon
7. b, spor yapan insan, zaten ilk aklima gelen hareket
8. c, kosan ayaklar
9. b, gunes
10. c, kosan cocuklar
11. pas de réponse
12. c, gunes ve gunes enerjisi ev uzerinde
13. b, power radyo
14. c, kucuk yuvarlaklar, simsek
15. pas de réponse
16. cizemem: b, dinamik olmaya, guclu olmaya, pile: c, step yapan cocuk
17. c, gunes, fuze, top oynayan cocuklar
18. cizemezdim: b, kosu yapan insanlar
19. b, guce benziyor, c, kucuk yuvarlak sekiller
20. b, tank
21. b, power radyo
22. b, yildiz ve tank: c, power radyo
23. c, gunes:b, gunes enrjisi
24. b, uzaktan kumandali arabaya ve guce
25. c; dans eden cocuklar
26. c, pil ve araba
27. benzetemiyorum
28. c, dunes, fuze, cark
29. pas de réponse
30. b, elektrik
31. b, guclu bir insan hayal ederdim
32. b, guc
33. b, suyun akis gucu, ruzgarin enerjisi
34. b, guc ve kuvvet
35. b, guc ve kuvvet
36. b, kas ve guc
37. b, olaganustu birsey
38. c, gunes
39. b, aklima ailem geliyor cunku ailem enerjie doludur:c, gunes enerjinin amblemi
40. c, doping, power, su, cukulata
41. b, cok hizli bir insan, ya da cok parlak birsey:c, hizli araba ve simsek
42. b, guc
43. c, bir cisim enerji yayiyor
44. c, gunes
45. b, guc
46. b, besin: c, power icecek
47. b, besin: c, gunes yanyana iki insan
48. b, besin: c, icecek power rade
49. c, gunes
50. b, skunku, pikacu, batman, baltasar

51. b, batman, supermen, herkul sekli
52. c, bilek guresi
c:cizim (d:dessin), b:benzetme (analogie)

Collège 2

1. b, insan
2. b, buzdolabi, camasir makinasi, bulasik makinasi, lamba v.b.
3. b, kinetik, mekanik, kimyasal, gunes, elektrik, insan gucu, atom enerjisi, manyetik, isi, isik
4. b, neseli hareketli cocuklar
5. b, dinamo
6. b, su
7. b, NBA, Kobi Brant
8. b, beyin, cunku insan calisarak enerji uretir, aynen calisan motor gibi
9. c, yildirim
10. c, hucre, cunku hucrede mitokondri enerji uretir: b, hucre
11. c, gunes enerjisi ısıtıcısı
12. b, hic durmadan hareket eden birsey
13. b, insan
14. b, buzdolabi
15. c, halter
16. c, yildirim
17. b, futbolculara ve kosuculara
18. b, guclu bir insan: c, zigzak , b: goz kamastiran isik
19. b, kosan bir insan
20. b, kosan pozitif bir insan
21. cizilemez: b; besin, yiyecek
22. b, Bruce Lee
23. c,halter
24. c, carklar, yeldegirmeni, yildirim
25. b, hareketli birsey: c, baraj
26. b, futbolculara
27. b, kendime
28. c, insan resmi
29. b, hareketli birsey
30. b, heyecanlı insan, yanardag: c, cizemem yada karmakarışık birsey cizerdim
31. b, insana: c, elinde balon olan bir cocuk
32. c, yanardag
33. c; seklini goremiyorum ama sanki (b) sanki asiri beyaz parlak sekilsiz birsey
34. c: noktadan disari dogru dagilan oklar
35. b, kosuculara
36. c:iki top surtusmesi
37. cizemem ama (b) insan kasina benzetebilirim
38. c, yuvarlak kucuk cisimler (b)
39. c: noktadan disari dogru dagilan oklar merkezinde Arti enerjinin poziti oldugunu simgeliyor
40. c; yuvarlak molekullere ben (b)
41. b, calisan bir makina
42. c; guclu bir insan halter, gucsuz olan haltersiz
43. b, hareketli geometrik sekiller
44. c, bir kiz Arti isaretili, gunes, agaclar
45. c, su cark
46. b, yemek
47. c: E harfi yildirim sekelleri ile
48. b, acan bir cicek
49. b, enerji dolu bir kisi
50. kinetik e, meknaik e., gunes e., kimyasal e., elektrik.,

Lycée 1

1. c, gunes
2. c, vapur, kitap, araba, makina, hersey insan icin
3. c, papatyaya, o bile enerjisz yasamayaz bu koca dunyada
4. c, iki siyah nokta, onlari boyraken enerji harciyorum
5. c, kaplimboga yolda
6. pas de réponse
7. c, hersey icin enerjiye ihtiyac vardir
8. c, hersey enerji, gunes, ay , gezegeenler, dunya
9. c, gucumuzu enerjiyi kullanarak herseye sahip olabiliriz
10. c, gunes sistemi
11. c, enerji dusunmeyi sagliyor buda yenilikleri bulmamizi sagliyor, ucak, makina,
12. c, bir kucuk tebessum icin harcanan enerji
13. c, uzay, buyuk enerjie kaynagi
14. c, gunes
15. c kitap okumak, faaliyetler icin e. gereklidir
16. c, hissedebildigimiz dokunabilidgimiz hersey enerjidir
17. c, bilgi, faydali olmasi icin e. gerekir
18. c, ev, bu resmi cizmek icin enerji gerekli
19. c, bilgi en buyuk enerji kaynagidir.
20. c, saat, zaman enerjidir, zamani kullanma enerjiye hakim olmadir
21. sema, insan beyninin enerjiyi kesfetmesi, butun enerjilerin cikis noktasi
22. c, orumcek aginin iplikleri, doganin temel tasi
23. c, nokta, bu noktani sahip oldugu hesreydir
24. c, alev
25. c, kitap a benzer islerseniz kullanirsaniz ise yarar
26. c, etkilesim cisimler arsinda
27. c, oklar, hersey enerjiye cikar
28. c, top istegimiz gibi yonlendirebiliriz
29. c, dikdortgen, uzerindeki cizgiler enerjidir, yani her madde uzerinde e. vardir
30. c, dusunen bir insan, renler ve enerjiler
31. b, gunes, ay, insan ama enerjinin kendisini sekillendiremem bu guce ve hakka sahip degilim, cunku e. rabbimizi sinirlendiramam

Lycée 2

1. c, baraj
2. c, dunya ve onu aydinlatan ampul
3. c, kagitta bir delik, burdan baktigim hersey enerjidir
4. c, insan beyni ve dunya
5. c, ampul
6. c, anahtar kapiyi acan, mitokondri
7. c, yasam, gunes, araba, insan, ev, kuyu
8. c, sonsuluga giden yol
9. c, hersyi temmsil eden guzel bir e
10. c, bir top engelli bir yolda fizik derslerinde
11. c, dunya kendim hayatim bir enerji
12. c, saat, hayatın her saniyesi enerjie
13. c, test kitabi universite icin
14. c, elle icinde dunya, dunyani kendi istedigim gibi kendi enerjim ile yonlendiriyorum
15. c, surat arabasi
16. c, bir yuvarlak herseyi kapasayan
17. c, zafer, madalye toreninde kullnailan merdiven sistemi
18. c, okyonuslar ve sert kayalar
19. c, gunes cicek agac, yasam onsuz olmuyor

20. c, simsek
21. c, gunes sistemi, insanin kullanabilecegi enerji en yakin gezegene gitmek icin bile yeterli degil
22. c, kitap, akil enerjisi kapasitesi arttirdigi icin
23. c, cocuk ve ampul, dusunmek statik, fikir uretmek kinetik enerjidir
24. c, jumping yapan bir cilgin
25. c, portakal beslenmek icin
26. c, bos kare ama aslinda ici dolu dusunceler ile
27. c, yilan ne zaman kime karsi neden kullanilacagini biliyor
28. c, fabrika
29. c, bankaoturan cocuk, dusunce enerjisi, metabolik enerji
30. c, halter, insan beynini kullabildigi derecede gucludur
31. c, el ve dunya, onu kullanmasini bilirsek hukmetmesini de biliriz
32. c, bir elektrik devresi, isima ile enerji
33. c, insan yuzu, bakistan dogan enerji

Lycée 3

1. c, enerji donusumu
2. c, lamba
3. c, fener ya da lamba
4. c, ucak, petrol, irak
5. c, yildirim, depolanmasi ve kullanilmasi en zor olan
6. c, pil durasel
7. c, yildirim
8. c, yildirim
9. c, hedefine ulasan genci yukseklere cikma enerjisi
10. c, kalem ve kilic, guc ve enerjinin sahibi olma mucadelesi

3. LES ETUDIANTS FRANÇAIS ET STAGIAIRES

DESS ; communication scientifique et maîtrise des sciences de l'éducation(N :26)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	soleil	
2.	d+a	un fort rayonnement d'une éclair qui portent dans tous les sens	
3.	d+a	Une particule qui émet des ondes (comme le soleil)	
4.	d	Une bombe	
5.	d	soleil	
6.	d+a	des symboles des flèches	
7.	d	une flèche qui sort du soleil	
8.	a	Qqch. qui brillent et chaud comme le soleil	
9.	d	un flécher	
10.	d+a	un fléché car il a une interaction avec un objet	
11.	d	soleil	
12.	d	soleil	
13.	a	E	exemple
14.	d	soleil	
15.	d	soleil	
16.	d	des flèches	
17.	d+a	Une sorte de rayonnement	
18.	d	flèche + un ressort	
19.	d	Une sphère	
20.	r	un sportif qui court et dépense de l'énergie	
21.	d	W une représentation immédiate serait pour moi là	exemple
22.	a	nuage de particules lumineuses	
23.	d	Une éclair et un soleil	
24.	pas de représentation	pas de représentation précise de ce qui est l'énergie au sens physique du terme	
25.	a	un hall autour de l'objet qui parlait l'énergie	
26.	d	Un éclair	

Les étudiants de licence science physiques (n :30)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	Transformation d'énergie à l'électricité et l'énergie mécanique	Un exemple
2.	d	Des flèches	
3.	schématiser	Je ne le représente pas par une chose matérielle, donc je ne la dessine pas, je ne peux pas on peut schématiser par contre son origine	Un nouveau terme qui rendre :schématiser
4.	a	Représentation mathématique, l'effet de Compton	Signes de la physique QUANTIQUE
5.	a	Néant, production d'être ou du moins support des activités	
6.	d	Soleil	
7.	d	Un échange d'un système à un autre	Un exemple
8.	d	Un tiré	
9.	d	Une fonction	
10.	d	Une fonction	
11.	d	Soleil et les phénomènes	
12.	Pas de représentation	Comment peut-on prendre imaginer la chose infini ???!	
13.	d	Une sphère	
14.	d	Une fonction mathématique	
15.	d	soleil	
16.	d	Beaucoup de feu	Un exemple
17.	d	Une fonction mathématique	
18.	a	Un rayonnement par exemple une source de chaleur le soleil	
19.	Pas de réponse	-	
20.	d	Echange par l'intermédiaire du travail entre les deux systèmes	Un bon exemple
21.	d	Un courant entre les deux systèmes	Un bon exemple
22.	d	Trois représentations de l'origine différente de l'énergie	Un bon exemple
23.	a	Qqch. Sous forme de nuage	
24.	d	Soleil	
25.	a	Une flèche qui d'un endroit à l'autre	
26.	d	Echange entre deux corps	Un bon exemple
27.	d	idem	
28.	d	idem	
29.	d	Energie fait modifier l'état du système	
30.	d	Echange entre le système et le milieu	

Les étudiants en DEUG de la science de la matière (n :111)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
	a	Ce serait la représentation d'une grandeur intensive, d'un potentiel mais comme le dessiner ?	Comment dessiner!
1.	Pas de réponse	-	
2.	d	Un graphique, une vitamine, un chocolat	Plusieurs représentation
3.	d	Nourriture + individu = individu change	Un exemple
4.	Pas de réponse	-	
5.	d	soleil	
6.	d	Signe de vie et de puissance	Signe de qqch.
7.	d	Un spiral	
8.	d	Un échange entre deux systèmes	Un exemple
9.	d	Des flèches partant d'un point	
10.	Pas de réponse	-	
11.	Pas de réponse	-	
12.	Pas de réponse	-	
13.	Pas de réponse	-	
14.	Pas d'information	-	
15.	a	Energie est une force	
16.	d	Toutes les particules ont une énergie	
17.	d	Energie est un fuseau d'onde plus au moins fortes on pourrait la représenter aussi	
18.	d	Transfert d'énergie =travail	
19.	d	Un pulvériseur	
20.	d	Les flèches représentent le flux d'énergie	Un bon exemple
21.	a	Une explosion et de la porte chaleur	
22.	d	Dégagement de l'énergie sous forme de rayon	

23.	d	La chaleur : la représentation le plus concret de l'énergie	Un très bon exemple
24.	a	Une flèche pour représenter, soit une émanation de chaleur, un rayonnement ou un apport d'énergie	
25.	a	Une étoile	
26.	Pas de représentation	Energie n'est pas palpable on ne peut la représenter que ses actions sur la matière	Une bonne idée
27.	d	Trajectoire des photons d'après la loi de Hertz	Référence à une loi physique
28.	d	Ça ressemble à moi,	Un bon dessin
29.	d	Un éclair	
30.	d	Une éclair + une boule d'énergie	Une boule d'énergie
31.	a	Pour moi, cela ressemble à de la lumière, des éclairs	
32.	d	Multiple formes d'éclairs	
33.	a		Cela ressemble à un fluide !
34.	d	Une éclair	
35.	Pas d'information	-	
36.	d	Un paquet d'énergie imaginaire	imaginaire
37.	d	Très bon dessin	
38.	d	Un éclair	
39.		Pas de représentation	L'énergie est impossible à représenter dans un BD, ressemblait à qqch. Comme cela !
40.	a	Une bombe, un atome la vitesse en générale	
41.	a	Chauffage, bombe	
42.	a	C'est quelque chose qui s'échappe d'un objet	
43.	Pas de réponse		
44.	d	Un soleil	
45.	d	Un éclair	
46.	d	Un soleil	
47.	d	Un éclair	
48.	d	Trois dessins :Un éclair ;Un soleil ;E	Un exemple
49.	d	Soleil	
50.	d	Un éclair	
51.	d	Un soleil	
52.	d	Un soleil	
53.	a	L'énergie pour moi, peut être assimilée à la lumière qu'émet une ampoule	
54.	d	Un soleil	
55.	Pas de représentation	Aucune représentation, trop abstrait pour moi	
56.	a	Je peux l'exprimer avec des formules mathématiques ($1/2mv^2$; Mc^2 ; mgh)	
57.	d	Fumée par charbon	Un bon exemple
58.	d	Echange entre les deux systèmes	
59.	d	Un éclair	
60.	Pas de réponse	-	
61.	Pas de représentation	L'énergie on ne peut pas la dessiner par ce que c'est une chose invisible on peut la représenter avec des symboles scientifiques	
62.	a	Par radiateur	
63.	a ,d	Si le canard marche, il dépend de l'énergie chaque objet a de l'énergie	
64.	d	Un éclair	
65.	d	Une flèche	
66.	d	Un éclair	
67.	D,a	Une explosion, la lumière	
68.	d	Une explosion	
69.	D,a	Le soleil-boule de feu	
70.	d	Une explosion	Un exemple
71.	d	Un éclair	
72.	a	L'énergie émet selon moi une lumière intense	
73.	Pas de représentation	On ne peut pas la représenter	
74.	Pas de réponse	-	
75.	a	C'est comme un rayonnement	
76.	a	L'énergie est quelque chose invisible, modifier l'état ou l'état de mouvement d'un corps : on peut représenter les effets de l'énergie, l'énergie elle-même est invisiblement présente	Représentation des effets de l'énergie

77.	a	L'énergie n'est pas visible, donc on ne peut la dessiner, on peut voir et dessiner les conséquences d'une énergie. Par exemple si on chauffe de l'eau qui s'évapore	
78.	a	Qqch. De chaud et d'expansif	
79.	d, a	L'objet qui fournit l'énergie comme le soleil, l'éolienne	
80.	a	Pour moi, ça correspond à des molécules qui bougent ce qui pour moi ce qu'évoque le mot énergie	
81.	d	Un dessin combiné avec NRJ FM	Composition la connaissance scientifique et quotidienne
82.	d	Une explosion	
83.	d	L'eau qui est train de bouillir	
84.	d	Une explosion	
85.	a, d	Energie comme une source pour l'ampoule	
86.	d	Soleil	
87.	d	Un individu est entouré avec l'énergie avec des échanges d'énergie	U bon exemple
88.	d, a	Diagramme de 'l'énergie de l'atome	
89.	Pas de réponse	-	
90.	d	Un éclair	
91.	a	Je la décris comme une onde de choc	
92.	d	Pas d'information	
93.	Pas de réponse		
94.	Pas de réponse		
95.	a	Elle peut être représentée indirectement, par exemple avec des graphiques	
96.	a	La matière représente pour moi de l'énergie	La matière=l'énergie
97.	d	Du feu	
98.	d	Un courant	Un bon exemple
99.	d	Les boules d'énergie	
100.	r	Un grand flash	Un exemple différent
101.	Pas de réponse	-	
102.	a	Une grande traînée lumineuse de chaleur orange	
103.	d	Des flèches partant d'un point	
104.	d	↔	
105.	a	Elle représente un fluide, qui se propagerait comme des ondes	Un bon exemple
106.	d	Une ampoule	
107.	d	Des sphères comme ondes d'eau	
108.	Pas de représentation	Je ne m'imagine pas visuellement l'énergie	
109.	Pas de représentation	Pas de représentation, pas de dessin, l'énergie est une notion	importante
110.	d	Une ampoule	

Les stagiaires de l'IUFM (n :55)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	Une bombe qui explose	
2.	d	Une éclair	
3.	d	Cube brillant	
4.	d	Une explosion	
5.	Pas d'information	-	
6.	Pas d'information	-	
7.	Pas d'information	-	
8.	Pas de réponse	-	
9.	Pas de réponse	-	
10.	a	Soleil :plein d'activité intense	
11.	a	Un mouvement	
12.	d	Des flèches qui dispersent d'un point	
13.	d	Idem 12	
14.	d	Un échange entre deux systèmes	
15.	Pas de représentation	C'est un concept physique abstrait :l'énergie m'a donc pas de représentation	
16.	d	Une bombe	

17.	d	Une explosion	
18.	a	En thème, l'énergie est visualisée par des flèches représentant des échanges de chaleur entre les systèmes	Visualisé
19.	d	soleil	Un exemple
20.	Pas de réponse		
21.	Pas de réponse		
22.	Pas de réponse		
23.	Pas de réponse		
24.	a	Un fluide présent dans tout l'univers	Un exemple différent
25.	Pas de représentation	Je ne peux pas la dessiner c'est un terme abstrait	abstrait
26.	a	Elle ne ressemble à rien, l'énergie n'est pas palpable	Ne pas palpable
27.	d	Un nuage	
28.	Pas de représentation	Une énergie ne représente rien de matériel à mes yeux	Elle n'est pas matérielle
29.	Pas de représentation	C'est trop abstrait, pas d'image	Trop abstrait, le degré de l'abstraction est trop élevé
30.	d	Une ampoule et un soleil	
31.	a	Energie=puissance c'est elle qui permet la vie de toute chose	
32.	d	Soleil	
33.	d	Soleil	
34.	d	E +Soleil	Un bon exemple
35.	a	NRJ FM	média
36.	d	Une flèche	
37.	Pas d'information	-	
38.	a	Une formule mathématique $w=mgh=1/2mv^2$	Formule mathématique
39.	d	Un éclair	
40.	Pas d'information	-	
41.	Pas d'information	-	
42.	Pas de réponse	-	
43.	a	Les représentations sont diverses et qualitatives	qualitatifs
44.	d	Une flèche, une ampoule et une bille qui est en translation	Un bon exemple
45.	a	Un fluide qui passe d'un système à l'autre par le faire fonctionner	
46.	d	Des flèches partant d'un point	
47.	a	La meilleure façon de la représenter c'est quand elle est forme de chaleur : agitation des molécules	La meilleure façon de la représenter
48.	a	L'énergie est comme un mateur qui fait avancer les choses moléculaires	
49.	Pas d'information	Aucune idée	
50.	Pas d'information	-	
51.	Pas d'information	-	
52.	Pas de représentation	C'est difficile de représenter une énergie, on peut parfois la faire ressembler à une « force » une « action » qui induire une évolution	
53.	Pas de réponse		
54.	d	Soleil	
55.	Pas de réponse		

4. LES ÉTUDIANTS EN TURQUIE

Physique 1

1.	pas de dessin	-	
2.	pas de dessin	bir sey cizmek icin onu gormak gerekir	
3.	pas de dessin	enerji hayali bir sey oldugu icin onu sekillendiremem	
4.	benzetme	hava, cunku yasamak icin ona ihtiyacimiz var	
5.	pas de dessin	-	
6.	pas de dessin	-	
7.	resim	antenler	
8.	benzetme	en guzel gunes olurdu herhalde	
9.	benzetme	cok yaramaz ve ayni zamanda zeki bir cocuga hiper aktif olabilir	
10.	resim	kucuk ziplayan kureler	
11.	benzetme	insan beynini cizmek isterdim	
12.	resim	yayilan dalgalar	
13.	benzetme	seklini cizmek imkansiz ama benim kafamda sonsuz hacim kaplayan bal gibi vizkozitesi cok yuksek bir sivi gibi vanlaniyor	

14. benzetme	gunes
15. benzetme	dunyanin donme hareketine benzetebilirim cunku ancak enerjide oldugunda maddeler ve canlilar hareket kazanabilir. Enerjinin getirdigi hareketlilik zaten hersey anlam bulur
16. pas de dessin	-
17. benzetme	gunes ve parmagin ucunda enerji toplanmis birini cizerdim
18. benzetme	kopan elektrik tellerinden cikan cingilar geliyor, hizli ve etkili
19. benzetme	dunya sekli cizerdim dunya uzerinde herseyin enerjiye sahip oldugunu gosterme icin

Pas de dessin: cela veut dire je ne peut pas la dessiner.

Physique 3

1. benzetme	gunes, cunku sahip oldugumuz bircok enerjinin kaynagi odur
2. benzetme	cok sicak havalarda asfaltan cikan isi dalgaları benim icin olasi bir enerjidir
3. pas de dessin	onu sekillendiremeyiz
4. pas de réponse	-
5. benzetme	gunes, ici dolu kure, harekli bir cisim
6. benzetme	yaratıcıdan gelen bir nimet
7. resim	ampul
8. benzetme	bir seye benzetemiyorum
9. pas de réponse	-
10. pas de réponse	-
11. benzetme	patlamaya hazır bir bomba ve ya göz kamastiran bir bomba
12. pas de réponse	-
13. hic bir seye benzetemem	enerjinin seklini cizemeyiz cunku enerji bir yerden bir yere giden bir guctur ve hayat dongusunda yer alır ve hayatın içinde var olan hersey vardır
14. pas de réponse	-
15. hic bir seye benzetemem	-
16. benzetme	acan bir güle benzetebilirim her bahar acar yenilenir bitmez
17. pas de réponse	-

Physique 5

1. benzetme	enerjiyi degilde etkilerini cizmek daha anlamlı, belki nukleer enerjiyi bir atoma patlama sembolu ile anlatmak mümkün yoksa dogrudan enerjinin resmi bende birsey cagırtmıyor
2. benzetme	bu çok zor fırtınaya benzetirdim cunku bazen çok sessiz hic bir sey yokmuş gibi ama basladigi zaman onunde hicbirseyin duramadigi sonsuz guc
3. sekil ile ifade etmek çok zor	-
4. benzetme	spor yapan bir insan
5. benzetme	bir insan, insan basli basına bir enerji
6. benzetme	elektrik akiminin bir yerden bir yere atlamsi gibi
7. benzetme	japonya ya atılan bomba aklıma geliyor
8. benzetme	toz bulutuna benzetirdim
9. benzetme	yumarta, yumurtada ki potansiyel enerji, insan bir gün içinde gereken enerjiyi bir yumurtadan karsılayabilirmis
10. daha önce hic düşünmedim	gerçekten bir sekli olsaydi gözle gorulurdu ama biz sadece sonuclarini goruyoruz
11. benzetme/sekil	hızla akan bir nehre, rurgar, uçan kusa, kosan cocuga ve yaylar

Chimie 1

1. benzetme/resim	ısık gibi birsey, çizgiler
2. dessin	aktivasyon enerjisi grafiği
3. pas de dessin	bir seye benzemeiyorum
4. dessin	dalgali çizgiler
5. pas de réponse	
6. dessin	gunes
7. pas de réponse	
8. pas de réponse	

9. benzetme	kosan insan, ates, ruzgar
10. les deus négatif	énergie herhangi bir seye benzetilemze ve sekillendirelemze
11. pas de réponse	
12. dessin	gunes
13. pas de réponse	
14. benzetme	bisiklet pedali cevirmek
15. benzetme	bir renk karmasasi. Soyut ve canli gib bisey. Aska benzetirdim karisikve itici
16. pas de réponse	
17. resim	dalgalar
18. benzetme	sekil olarak cizemem ama dalga halinde yayildigini gosterebilirm
19. benzetme/resim	uzay ya da patlayan bir volkan
20. benzetme/resim	isik gibi birsey, cizgiler
21. dessin	aktivasyon enerjisi grafigi
22. pas de dessin	bir seye benzemeiyorum

Chimie 3

1. pas de réponse	-
2. pas de réponse	-
3. resim	dalgalar
4. pas de réponse	-
5. benzetme	kirmizi renk enerjiiyi enerjiiyi hatirlatiyo
6. benzetme	otoriter bir yonetime
7. fikrim yok	-
8. pas de réponse	-
9. benzetme	paraya dolara
10. benzetme	bence enerjinin sekli yokyur, butun olaylar kesinlikle onun sonucudur
11. benzetme	bir bosluk olabilir, sinir yok
12. benzetme	bir banknot ya da dunyayi paralarin uzerinde donduren bir guc oldugu seklinde resimlendirebilirim
13. benzetme	gunes
14. benzetme	bir bulut icerisinde enerjie dongusunun atesleyicisi ve ya tetikleyicisi olan hayat kaynagi suyu tasiyan
15. benzetme	hummer marka jipe
16. pas de réponse	-
17. benzetme	bir pumanin antilopu yakalamsi gibi bir sey, ya da gulun acmasi, ya da F1 de 350 yapan ferrari
18. benzetme	buhar
19. dessin	elektrik bulutlari gibi buluta benzetirdim
20. resim yetenigim yok	-
21. pas de dessin	bicimsiz oldugunda resimlendiremem insan ruhu
22. resimlendiremem	ama mikrokokobik tanecikler olarak dusunebilirdim
23. pas de réponse	-
24. bir resim	-
25. benzetme	patlayan bir yanardag
26. benzetme/resim	alev topu

Chimie 5

1. benzetme	gunes ya da mayatapa
2. pas de réponse	-
3. benzetme	patlayan bir bomba, ya da kasirga, ayrica patlamakta olna bir volkan
4. pas de réponse	-
5. benzetme	atom bombasinin patlamsai sirasinda olusan mantar gi sekil
6. pas de réponse	-
7. benzetme	patlama ve isik yayilimi olarak resimleyebilirim. Benzetmek istersem yanimda surekli kosan bir kousucu olabilir
8. benzetme	otorité

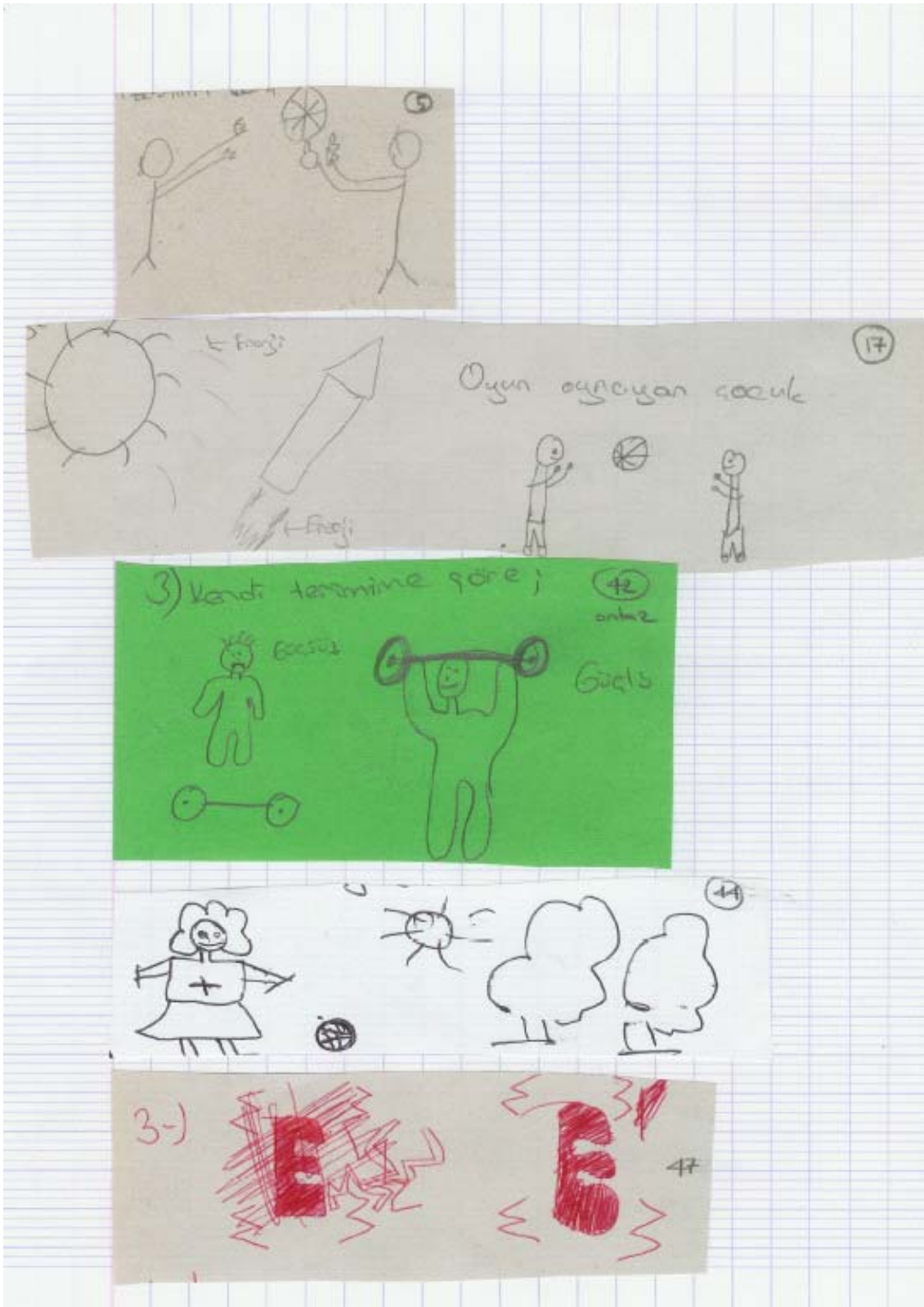
9. benzetme	bir guclu insan zayif insana gore daha kolay yapar.
-------------	---

Annexe 3.2.2

3.2.2 Energie, question C :

quelques exemples à partir de chaque groupe d'élèves et d'étudiants en France et en Turquie

les élèves de 1^{er} et 2^{ème} année de collège en Turquie



les élèves de 1^{er} année de Lycée :



Hissedebileceğimiz ve Dokunabileceğimiz herşey enerjidir.



Enerjide kitap gibidir.

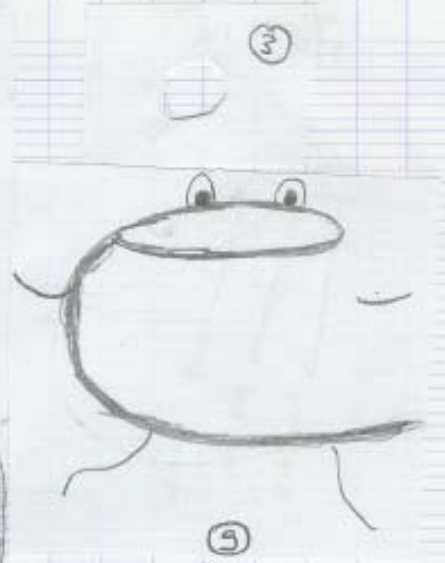
Okunmazsanız sadece mükemmel kalem kafasına koyup yürümesinin için keyif hissetmek için değildir. Okunursa ancak işe yarar.

Enerjide işlediklerimizde işe yarar olduğunu bildiğinizde, kullandığınızda ancak işinize yarar.



Bilgi en büyük enerjidir.

Delikten bakıp gördüğün herşey enerjidir.

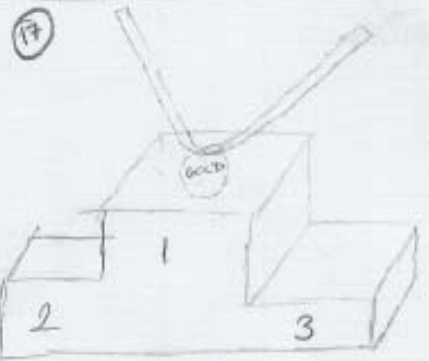


Hayatın her safesinde enerji gerekir

Düşünmek

Mükis bir statik enerjidir
Fikir Üretmek

Kinetiğe dökmüş köli



Enerji uyan uyağlar sonucunda
kazanılmış bir zafardır



les élèves de 3^{ème} année de lycée :

Life 3

Enerji

Beyin

Tekerlet

Tohum

Uçak

Su, Toprak, Hava

Ağaç

Enerji

ABD

IRAK

for oil

Enerjiye, herşeye değer

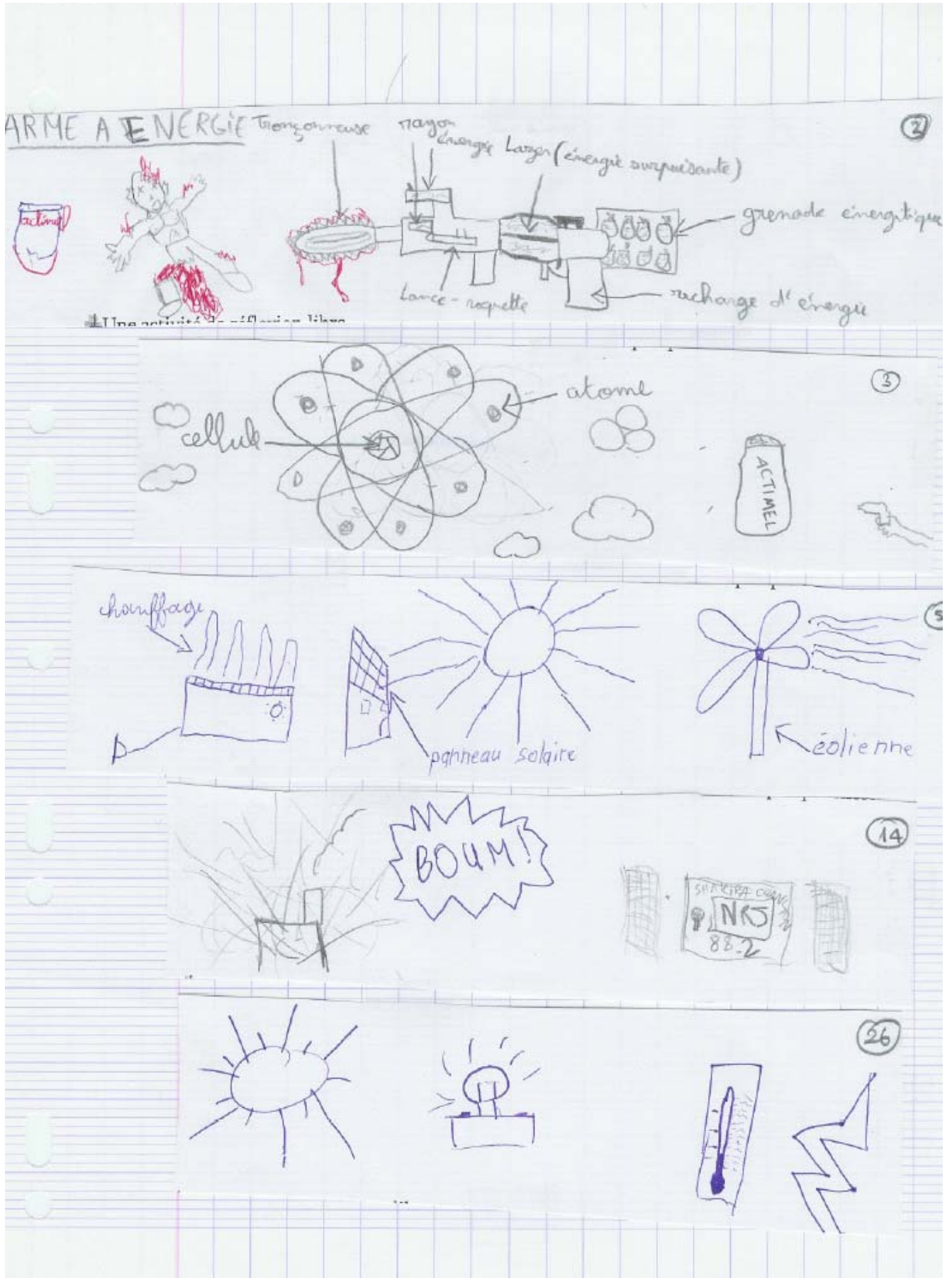
Kılıç

Kalem

İnsanlık tarihi boyunca gücün, enerjinin sahibi olabilmek için ya kılıca ya kaleme mücadele edilmiştir.

les élèves en France :

Sixième :



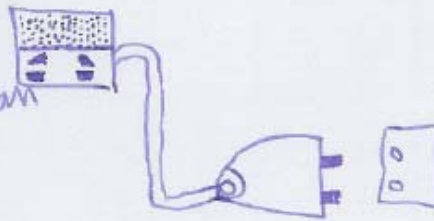


sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.



Usine nucléaire

volcan



énergie de base

+ lit

le matin

avec corn flakes

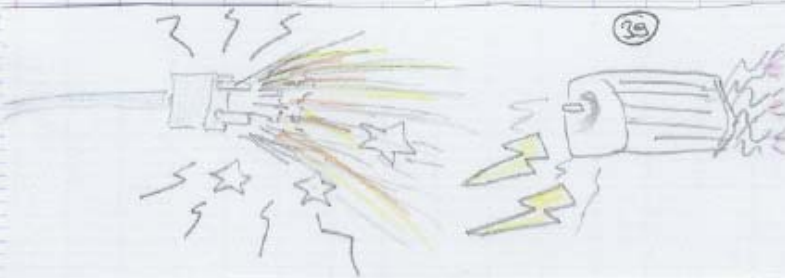
Une activité de réflexion libre

Ecrivez 5 concepts ou phénomènes étant plus proches et attachés au terme d'« énergie ».

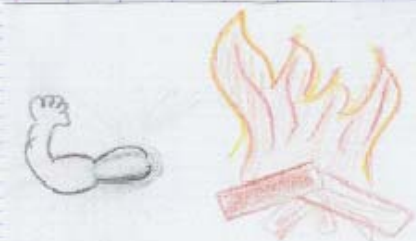


34

électricité



35



libre

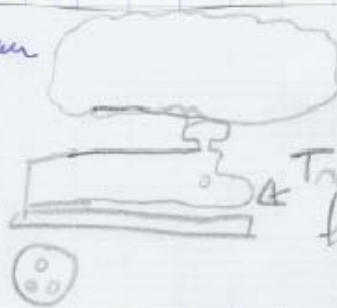
43

pour moi l'énergie est aussi quelque chose de très floue

Il y a l'énergie Hydrolique avec l'eau



énergie solaire



Train alimenté par le charbon

watt

① pile DURACEL

Dorsin la nuit



production d'énergie éolienne

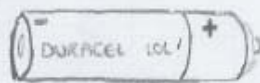


production d'énergie à l'eau



puissance!

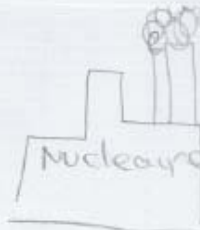
attachés au terme d'« énergie ».



⑦
peu mais une pile peut représenter l'énergie car une pile contient de l'énergie.



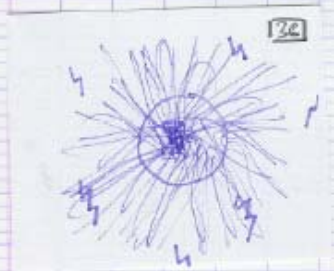
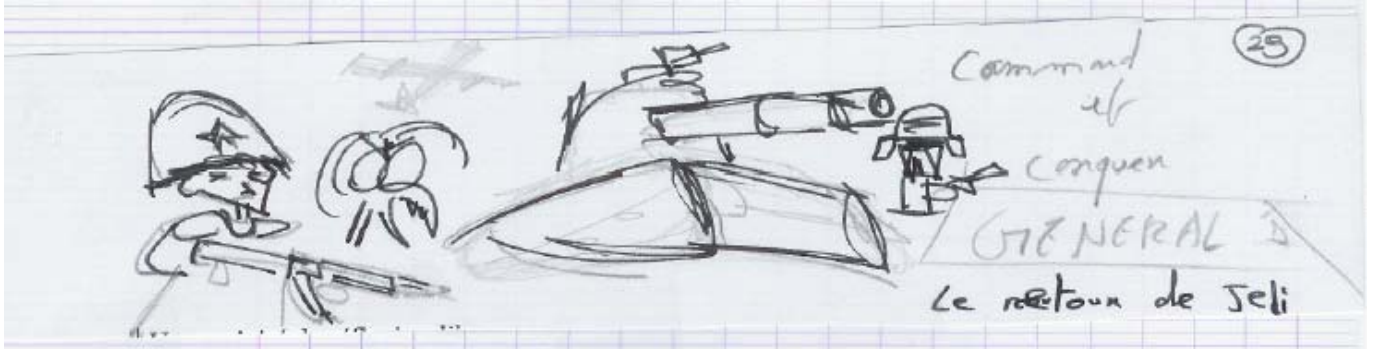
④
Cela représente le mouvement concentré quelque part.



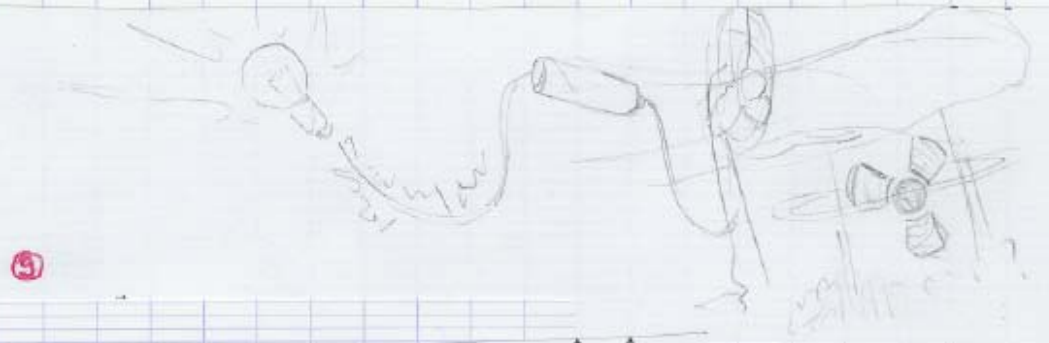
Nucléaire



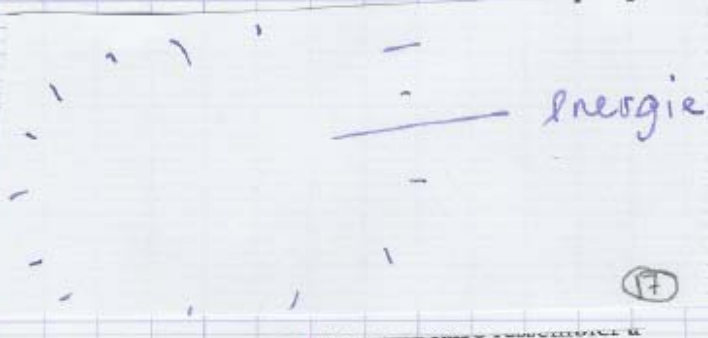
ordures



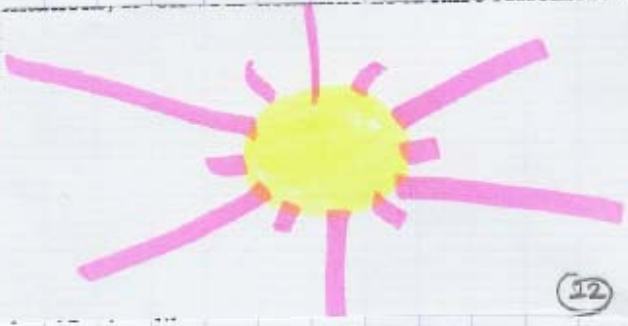
Premier 5



(9)



(17)



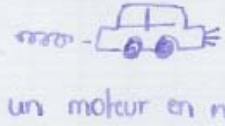
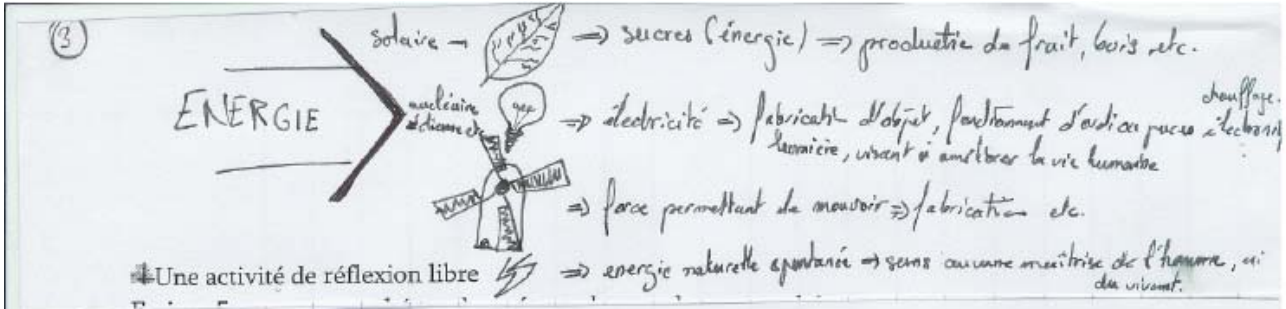
(12)



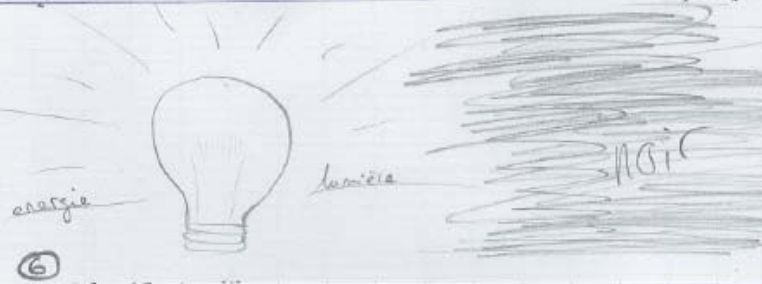
(13)



(25)



(2)

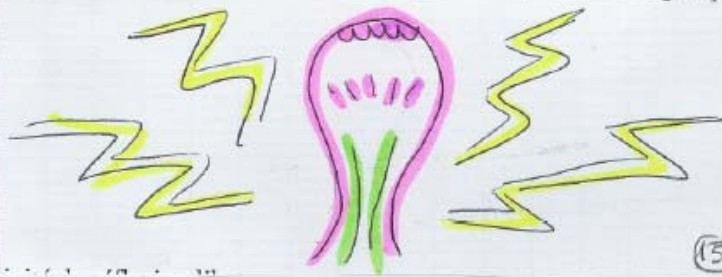


lumière

ASTI



(5)

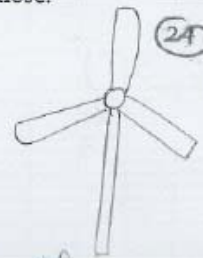
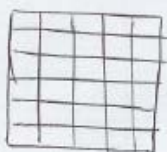


(15)



(8)

Une activité de réflexion libre



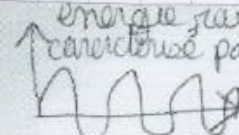
(24)

les étudiants en France :



les étudiants en DEUG :

ENG
(3 pages)

③ énergie rayonnante caractérisée par une fréquence




④


Barre céréale +  = 

⑦

signe de vie et de puissance




⑨

ou  les flèches représentant le flux d'énergie


⑫

le chaleur: la représentation la plus concrète de l'énergie.





⑭

trajectoire des photons. D'après la loi de Hertz



⑮

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.




mais on n'a sa ressemblance à rien

⑯

ons, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.


↳ (éclair)

⑰ "bulle" d'énergie




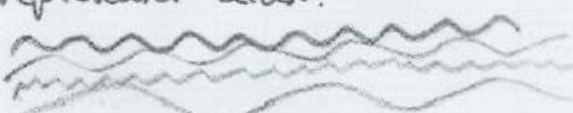
⑱

présentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

 un paquet d'énergie imaginaire

⑳

l'énergie est un fuseau d'ondes plus ou moins "fortes". On pourrait la représenter ainsi.



㉑

ésentez. Si vous ne pouvez pas la dessiner, dites c
faire ressembler à quelque chose.



c'est l'énergie

(28)

C'est quelque chose qui s'échappe d'un objet (43)

ont vos représentations, si on vous demande de la faire n

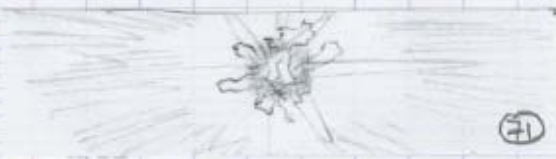


E

(49)

Aucune représentat° , trop abstrait pour moi. (56)

fumée
feu
charbon (58)



(71)

(le soleil - boule de feu) (70)

l'énergie on ne peut pas dessiner tout ce que est un chose. (62)
invisible on peut la représenter avec des symboles scientifique.

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque cho



l'explosion, lumière (63)

l'énergie ne peut être représentée, on ne peut pas la
voir, ni toucher, etc. (74)

l'énergie est impossible à représenter.
Dans une BD, ça ressemblerait à qq chose ça. (70)



sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.
L'énergie n'est pas visible, donc on ne peut pas la dessiner.
On peut voir et dessiner les conséquences d'une énergie. Par exemple si on chauffe de l'eau qui s'évapore (78)

quelque chose de chaud et d'expansif. (79)

Pour moi ça correspond à des molécules qui bougent ^{ce} qui par moi se quévoquent le mot énergie (81)

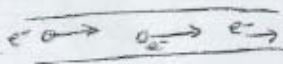
ations, si on vous der



sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque

La matière représente pour moi de l'énergie (87)

s, si on vous demande de la faire resse (85)



sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

les boches d'énergie dans un ballon (comme si on pouvait la représenter!!!) (100)

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

Elle représente un fluide, qui se propagerait comme des ondes. (106)

demande de la faire res:



(107)

vous représentez l'énergie telle que vous vous la représentez. Si vous ne pouvez pas la c

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.
Je ne m'imagine pas visuellement l'énergie. (105)

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

selon, l'énergie ^{elle-même} ne peut être représentée en réalité, graphiquement.
Elle peut être représentée indirectement; on ne peut voir que la "réaction" après un apport d'énergie. (97)

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

je la décrit comme une onde de choc que peut provoquer un caillou qu'on a jeté dans l'eau sauf qu'au centre on a deux éléments sauf qu'avec le déroulement de l'action l'onde augmente puis diminue (92)

DESS et Maîtrise :



(2)

→ Un fort rayonnement, sorte d'"éclairs" qui partent dans tous les sens.

... sont vos représentations, si on vous demande de la

(6)

... le symbole ⚡

... ou les flèches :



... alternatives, si on vous demande de

(7)



... dessinez l'énergie
... des représentations

E

(13)

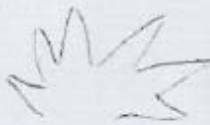
... des représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

W. Une représentation immédiate serait pour moi celle d'

(21)



... s, si on vous demande de la faire ressembler



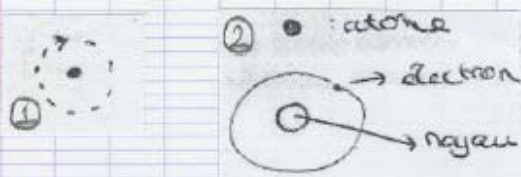
BOUM!

(4)

... Quelques choses de brillant et chaud. Le soleil par

exemple.

(8)



On peut représenter ces choses, par des comparaisons



2. deux concepts: atome de Bohr



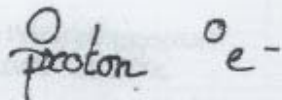
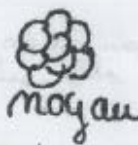
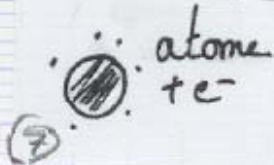
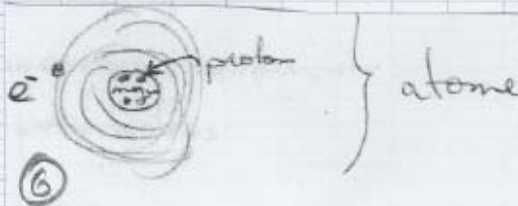
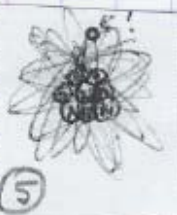
Mécanique quantique avec Ψ^2 : proba de trouver un e^-



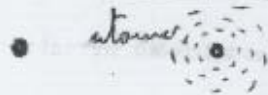
e^- comme une onde visible par le phénomène de diffraction avec l'expérience de Feinter de Young.

PROPRIETES MACROSCOPIQUES

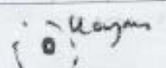
Peut-on parler de 'mouillage' avec 1 μg d'eau ?



proton: noyau:

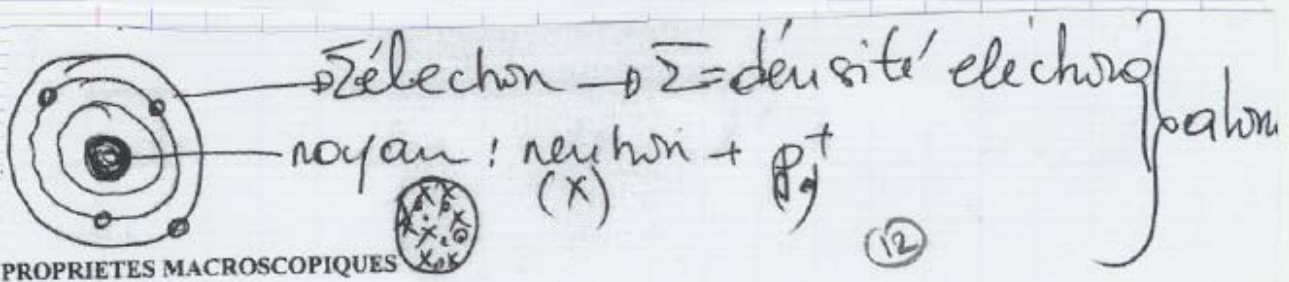


electron:



(10)

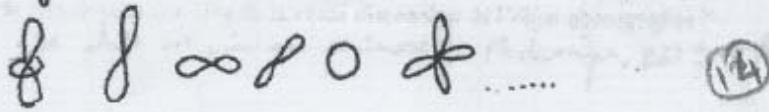
(11)



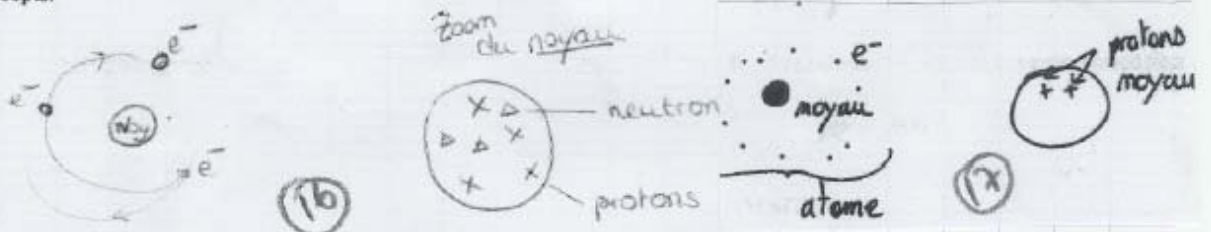
PROPRIETES MACROSCOPIQUES

(12)

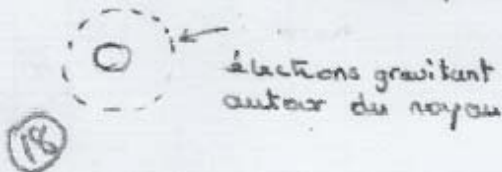
Il y a la théorie des orbitales moléculaires, à donner avec les figures de l'après



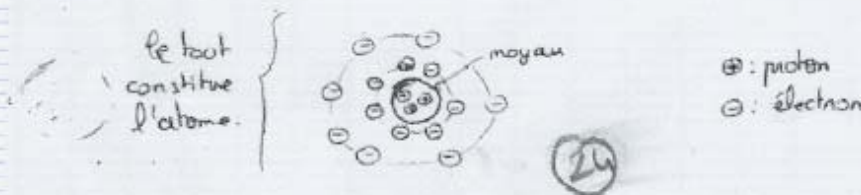
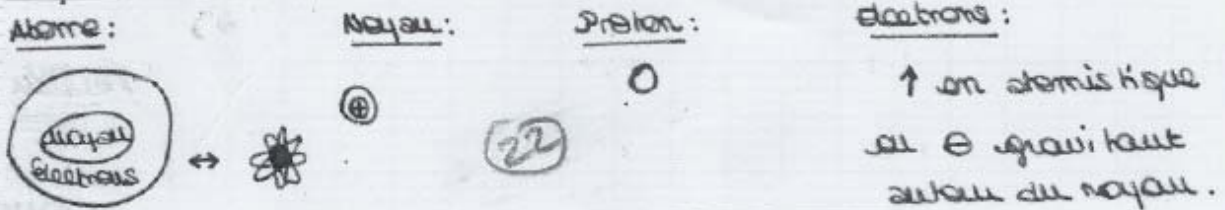
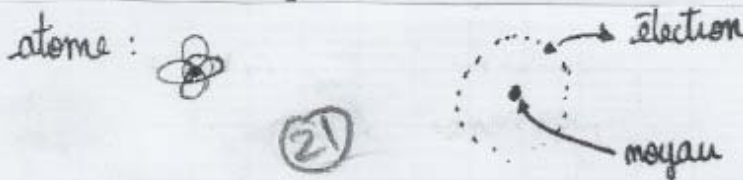
concepts.



On peut assimiler la matière par des figures géométriques



Atome: noyau + électrons (19)
 Noyau: protons + neutrons
 proton: particule positive composant le noyau
 électron: particule négative en rotation autour du noyau



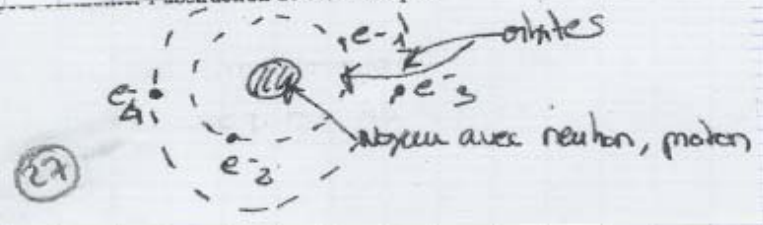


les particules $- + =$ seraient en fait de "petits noyaux"

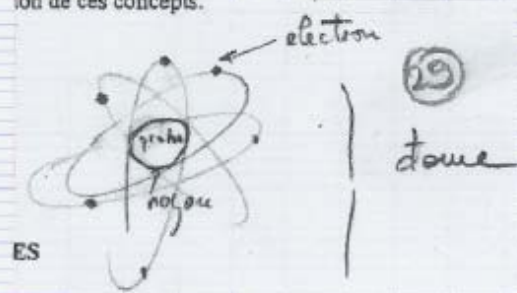
25

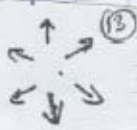
abstraction de ces concepts.

ici



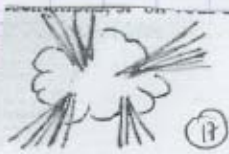
on de ces concepts.





Elle ne ressemble à rien, l'énergie n'est pas "palpable". (16)

c'est un concept physique abstrait : l'énergie n'a donc pas de représentation (15)



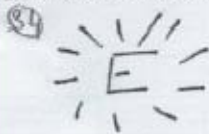
Une énergie ne représente rien de matériel à nos yeux. (25)

avec vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quel-
c'est trop abstrait : aucune image. (23)

ont vos représentations, si on vous demande



demande de la faire res



NRS 88,2 MHz (35)

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

Énergie électrique : un condensateur
magnétique : une bobine
mécanique : une roue de moulin

Les représentations sont aussi
diverses que les qualificatifs
moulin que tourne,
mais le concept d'énergie reste
le même : un "moteur"

CONCEPTS ABSTRACT ET CONCRET (48)

sont vos représentations, si on vous demande de la faire ressembler à quelque chose.

ondes
photon.
énergie lumineuse



ampoule qui brille.
énergie électrique



bille qui roule.
énergie mécanique. (44)

un fluide qui passe d'un système à un autre pour le faire fonctionner. (45)

La meilleure façon de la représenter c'est quand elle
est sous forme de chaleur => agitation des molécules. (47)

annexe 4:

4.1 récapitulation des représentations des étudiants sur l'atome

LES ETUDIANTS FRANÇAIS ET STAGIAIRES : REPRESENTATION D'ATOME

DESS ET MAITRISE (N :26)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	2, ce sont des objets réels « infiniment petits »	Un exemple
2.	d+a	3B, le proton beaucoup plus abstrait, j'imagine simplement une charge positive	Le degré de l'abstraction est trop élevé pour le proton
3.	d	1	Un exemple
4.	a	Je les représente comme le fonctionnement du système solaire	
5.	d	4	
6.	d	9	Un exemple
7.	Pas d'information		
8.	Non	Ce ne sont des objets pour moi juste des schèmes très vagues dans des livres d'école	Des choses abstraits
9.	Pas de réponse		
10.	d	9	
11.	d	2	
12.	non	-	
13.	d	4	
14.	Non	Ce sont des concepts étranges pour moi, je n'ai jamais cherché à une les représenter	
15.	d	7	
16.	d	4	
17.	Pas d'information	-	
18.	Non	Les concepts restent abstraits, le noyau comme le point, les autres comme les schèmes connus	
19.	d	12	
20.	d	7	
21.	d	1	
22.	d	3, pour le proton pas de concrétisation	Le proton n'est pas concret, un exemple
23.	d	7	
24.	D+a	2, un atome ressemble à un système solaire dont les planètes =électron dont le noyau serait le soleil	Analogie avec le système solaire
25.	d	4, 5	
26.	Pas de réponse		

LES ETUDIANTS DE LICENCE SCIENCE PHYSIQUES (N :30)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	4, 5	
2.	d	4, 5	
3.	d	9	
4.	d	7 (électron classique) + (électron comme une onde, physique quantique)	Deux représentations ensemble, un exemple
5.	d	8	
6.	d	7	
7.	d	12	Un exemple
8.	d	15	Une représentation nouvelle
9.	Pas de réponse	-	
10.	d	12	
11.	d	4	
12.	d	7	
13.	Pas de réponse	-	
14.	d	15, on peut les représenter comme la théorie de l'orbital moléculaire, chacune a une forme différente	Ressemblance aux modèles moléculaires
15.	d	12	
16.	d	2 + zoom on peut apercevoir le structure du noyau	Le facteur de ZOOM
17.	d	5	
18.	d	4, 5	
19.	d	5	
20.	a	Un atome est constitué d'un atome positif constitué par les protons et d'électrons qui gravitent autour (avec interaction)	
21.	d	8	
22.	d	8, 11	
23.	non	On se représente un modèle afin de mieux comprendre de mieux prévoir, comme un peu gaz parfaits, mais ce n'est réellement la réalité	
24.	d	5	
25.	d	5	
26.	a	Pour moi, on peut matérialiser un atome ou u noyau comme une sphère infiniment petite, tellement petite qu'on ne peut pas la voit. Seul un assemblage de ces sphères est visible. Par exemple. L'eau est un assemblage compact.	Une sphère infiniment petite, non- visible
27.	d	6	
28.	non	Je ne considère pas les concepts : atome, proton, électron, comme des objets. En effet, ce sont des concepts qui appartient à la microscopie, donc, on ne peut pas les considérer comme des objets réels.	
29.	d	8	
30.	Non	On ne se représente pas un atome, un noyau ou un électron sous forme concret. On imagine l'ensemble du système, c'est-à-dire un atome est constitué d'un noyau formé par un certain nombre de protons et entourés par le même nombre d'électrons.	Imagination

LES ETUDINATS EN DEUG DE LA SCIENCE DE LA MATIERE (N :111)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	a	...Préciser les modèles en fonction de l'observable...j'essaye également de « métaphoriser » différents concepts. On ne peut en voir la structure réelle, mais on peut en mesurer les effets	metaphoriser
2.	d	3 (atome d'hydrogène)	
3.	a	J'utilise également à la fois des concepts et des représentations, car il est tel que souvent la représentation est fautive le concept absolument. Ainsi les particules en sont pas à la fois des ondes et des corps. On dit qu'il convient de les étudier comme un corps ou comme une onde dans tel ou tel cas. La vérité est sans doute quelque chose entre les deux.	Concept et représentation ensemble + la dualité onde-corpuscules
4.	d	2	
5.	d	2	
6.	d	8	
7.	d	8	
8.	d	8, 11	
9.	non	Je m'imagine le noyau, avec les électrons tournent autour mais ne sachant jamais où il peut être, et l'électron n'a pas forcément (que très rarement) un trajectoire circulaire autour de noyau, 15	
10.	d	14	
11.	d	5	
12.	d	1	
13.	d	2	
14.	d	15	
15.	d	15	
16.	d	1	
17.	Pas d'information	-	
18.	a	Seul le noyau me paraît matériel (neutrons et protons) cependant (l'électron semble être ni matériel ni onde) je ne le représente plutôt énergétiques. Autour du noyau se trouvait plutôt une sphère énergétique que un électron décrivait des orbites	Seule le noyau matériel
19.	d	15 (nuage électronique)	
20.	a	Pour aller plus loin on ne les représente comme des billes tailles différentes, mais si on a rien d'autre à faire, on peut s'amuser à se représenter les quarks, des orbitales atomiques, ...	Les quarks
21.	Pas de réponse		
22.	a	Je ne me les représente pas. Pour surmonter l'abstraction des concepts, je les considère comme des points matériels de masses et propriétés variantes	
23.	d	8	
24.	d	Pas de réponse	
25.	d	7	

26.	d	11	
27.	a	11	
28.	d	16, des orbitaux s, p, d, f	Des orbitaux
29.	a+d	Oui pour me simplifier la vie je sais que ces particules sont plus complexe à imaginer car il y a la dualité onde, particule, un passage de « 7 » à « 16 »	
30.	Pas d'information	-	
31.	d	2	
32.	d	10	
33.	d	Proton, neutron et électron pas de noyau	Un exemple
34.	d	6	
35.	d	8	
36.	d	7	
37.	d	8	
38.	d	On fait toc toc et on rentre dans l'atome, en faisant zoom	Un exemple
39.	d	7+ 11	
40.	d	15	
41.	d	12	
42.	d	12	
43.	a	À l'échelle moléculaire, on peut considérer ces différents concepts comme des objets	
44.	d	12	
45.	d	3	
46.	d	3	
47.	d	8	
48.	d	12	
49.	a	Proton +, l'électron -, noyau = proton et neutron; atome :noyau et électron	
50.	d	4	
51.	d	6	
52.	d	12	
53.	a	L'atome parce que c'est plus général. Dans l'atome, on peut trouver aussi proton, électron	
54.	d	7	
55.	d	2	
56.	D+a	1A, on se représente ces concepts avec une géométrie connue comme pour diminuer ça pour de l'inconnue tout en sachant avec le temps que ces concepts ne répondent pas à un géométrie certaine	Un exemple
57.	d	12	Un bon exemple
58.	non	Il me suffit d'imaginer une galaxie, un système solaire que je représente dans ma tête comme je le vois à la télé ou photos de livre.	
59.	d	2	
60.	a	On peut représenter l'atome comme étant une petit boule avec un nuage d'électrons autour	
61.	d	8	

62.	a	Un atome serait une sorte de boule(modèles moléculaire) le reste trop abstrait, je ne me le représente pas	Sauf l'atome le reste trop abstrait
63.	d	6	
64.	d	2	
65.	d	2	
66.	d	1	
67.	d	7 + un passage aux modèles moléculaires	Un exemple
68.	d	8	
69.	d	11 + 8	
70.	d	1	
71.	d	On peut les représenter comme des sphères de tailles différents.	
72.	d	7	
73.	d	4	
74.	d	12	
75.	d	3	
76.	d	12	
77.	a	J'envie de me représenter les orbitaux atomiques. Cette densité de probabilité de présence représente pour moi l'atome. Les électrons je me les représente comme des fluctuations évoluent à l'intention. Le noyau est une zone plus au moins précis avec le grande densité de neutrons. L'autre est une barrière énergétique, ne laissant pénétrer presque rien.	Influence de la physique quantique
78.	d	1 + un modèle moléculaire	Un exemple
79.	D+a	8 +le système solaire avec le soleil comme noyau et les planètes comme électrons	Un exemple
80.	a	Pour moi, tous ces concepts sont des points, qui, seuls, n'ont pas de sens. Par contre, ensemble avec une organisation précise, ils peuvent la matière, ou plutôt les éléments.	
81.	d	Oui, on peut les représenter comme des objets mais pour moi, ils ont invisibles à l'œil nu	Un exemple
82.	d	16	Nuage d'électrons ;Un bon exemple
83.	Pas de réponse	-	
84.	d	6	
85.	d	9, j'ai beaucoup de mal à imaginer qu'on est constitué en majorité de vide	Un exemple
86.	d	Pour l'atome et le noyau, oui mais le proton et l'électron n'ont à mon avis pas de réelle qualification de l'objet, ce sont juste des composants de la matière/	Un exemple
87.	d	1	
88.	d	9	Un exemple
89.	d	5	
90.	a	Les concepts d'atome, de noyau, de proton et d'électron ne sont en fait que des représentations pour que l'on puisse les étudier mais à base tous n'est qu'énergie	ENERGIE
91.	d	3	
92.	Pas d'information	-	
93.	a	1	Un exemple
94.	a	2, j'imagine les atomes :un noyau avec les électrons gravitant autour	

95.	a	Oui, je me représente les atomes, les noyaux, les protons comme des petites sphères. Une molécule est un noyau avec des électrons qui gravitent autour	
96.	a	Les atomes, molécules sont pour moi quelque chose entre abstraction et réalité. Il fait pour comprendre, combien les deux.	
97.	d	8, atome, proton, neutron et nuage électronique	
98.	a	La matière est constituée de particule infiniment petite et invisible constituée elle-même, d'autres éléments encore plus petits. Car comment pouvons-nous expliquer la présence de chaleur ou du vent.	Un exemple
99.	d	12	
100.	d	Un dessin différent des autres + l'abstraction on ne la surmonte pas, l'électron tout connu le photon à une onde dualité onde -corpuscule	Un bon exemple
101.	d	8, 12	
102.	d	8	
103.	d	1	
104.	d	2	
105.	a	Pour moi, l'atome et les molécules sont considérée comme des objets réels, mais pas tangibles car infiniment petits	
106.	Pas de réponse	-	
107.	d	3	
108.	d	3	
109.	d	3	
110.	d	12	
111.	d	3, 5	

LES STAGIAIRES DE L'IUFM (N :55)

n	d :dessin, a : analogie	Présentation des représentations des étudiants	remarques
1.	d	3 :atome d'hydrogène, un proton, un électron	
2.	D+a	Une boule en caoutchouc couverte de miel autour de laquelle tournent des mouches	Analogie, une exemple
3.	d	8	
4.	d	6, modèle de BOHR, noyau + couche électronique : j'aime me représenter les choses car j'ai une mémoire plutôt visuelle	Un exemple
5.	Non	L'atome est encore moins les particules élémentaires sont non- observables nos représentations ne peuvent donc être que des modèles obéissant aux lois de la physique	Non-observables, les modèles physiques
6.	non	Tout dessin d'atome, proton, molécule est un modèle. L'électron n'a pas dimension	Modèle
7.	d	8	
8.	d	3, les modèles permettent de surmonter leurs abstractions	
9.	non	L'atome est un modèle	Modèle
10.	non	Je ne m'imagine pas de forme particulière à une électron mais plutôt une trajectoire (densité de probabilité).	Influence :physique quantique
11.	non	Les atomes ne sont pas, pour moi, des objets réels. J' y pense en terme de représentation mathématique et j'ai beaucoup de mal à faire le lien avec quelque	Représentation mathématique

		chose réel.	
12.	non	Atome, noyau, proton n'ont pas de véritable identité dans la réalité, ce sont que des modèles qui ont été adaptés pour interpréter certains faits.	Des modèles
13.	Pas de réponse	-	
14.	non	Ce sont des représentations, des modèles qui nous leur donnons une forme pour surmonter cette abstraction	Des modèles
15.	non	Nous utilisons des modèles pour surmonter l'abstraction des concepts afin de pouvoir se rapporter à un phénomène ou bien à un élément connu	
16.	d	4	
17.	non	Pas de représentation d'objet, ils sont des fonctions mathématiques	Abstrait :fonction mathématique
18.	a	Utilisation des modèles pour visualiser les atomes, noyau, proton, électron sont représentés par des sphères de rayons différents	
19.	d	7	
20.	a	L'atome peut être représenté par une poupée russe dans laquelle existent d'autres poupées, l'un sera le noyau et ainsi de suite pour proton-électron	Analogie avec Une poupée russe
21.	d	12	
22.	non	C'est un modèle	
23.	non	C'est la face du physicien : délire l'intentionnel	
24.	non	EN DESSOUS DU NOYAU, IL N'Y A PLUS DE FORME « REELLE » en fait, on observe des effets. Je matérialise ces effets sous la forme de « sphères d'influence ».	Un exemple
25.	non	Ces sont des constituants de la matière qui, considérés séparément, ont une représentation assez floue : dualité onde-corpuscule	Dualité onde-corpuscule
26.	d	12	
27.	a	Les objets ont des formes relativement sphériques. Leur texture ressemble à celle de la fumée	Analogie avec la fumée
28.	a	Le problème c'est que nous avons des notions sur la composition d'un proton ou d'un neutron (quark et compagnie !!) donc nous pouvons les représenter	
29.	d	12	
30.	D+a	1B, noyau : Ouf de kinder à l'intérieur duquel se trouve des billes (proton et neutron), autour de kinder, il y a des mouches:électrons	Analogie+modèle
31.	a	Je les considère comme des sphères relatives à la taille des objets	
32.	Pas d'information	Des choses infiniment petites	
33.	d	9	
34.	D	32	
35.	d	9	
36.	d	11	
37.	a	Ma vision de la chose est presque mathématique avec des éléments, des ensembles et des sous-ensembles	
38.	a	Un noyau contient des protons Des électrons gravitent autour du noyau Ils s'installent en probabilité de présence Je n'utilise pas le modèle de BOHR	Probabilité de présence Pas du modèle de BOHR

39.	a	Atome :je pense à l'image donné par un microscope électronique Noyau : j'imagine un concentré de matière Protons : j'imagine mal un proton Electron :je n'imagine pas l'électron : mais sa position (nuage électronique), on peut utiliser des modèles	L'ordre de l'imagination A partir d'une limite, on perd l'imagination
40.	a	L'atome, le noyau et le proton peuvent être représentés de la même manière. Il suffit tout simplement de faire un changement d'échelle pour pouvoir comparer ces différentes particules. En ce qui concerne l'électron, on ne peut pas le représenter (cf. mécanique quantique)	L'électron est différent des autres particules. cf. :physique quantique
41.	a	Electron :une sphère P :une sphère Noyau :un assemblage de sphères Atome :des électrons autour du noyau + des protons dans le noyau	
42.	d	3	
43.	a	Electron:charge ponctuelle élémentaire Charge sphérique élémentaire Noyau :il y a des protons et neutrons Atome : un noyau avec des électrons autour qui ont une densité de probabilité de présence appelé orbitale.	Un densité de probabilité de présence :approche QUANTIQUE
44.	a	Atome, noyau, proton se représentent comme des boules Electron on le représente plus par une orbite sur orbitale Vieux schème planétaire-système solaire	Modèle planétaire
45.	d	1	
46.	d	8	
47.	d	2	
48.	a	Si on l'objet peut être considéré comme un entité ayant au moins une masse, oui les concepts cités sont des objets	
49.	d	3 (atome d'Hyrogène)	
50.	a	J'utilise le modèle planétaire	
51.	non	J'utilise un modèle pour surmonter l'abstraction de ces concepts	
52.	d	9	
53.	d	Modèle moléculaire	
54.	d	12	
55.	d	12	

4.2 Représentation de l'atome par dessin pour les étudiants du DEUG:

Annexe 5 :

5.1 informations complémentaires pour la question 4 (voir autrement)

Quelques exemples à partir des réponses des étudiants :

pour le DEUG :

Des atomes absorbés à l'aide d'un microscope à effet tunnel

pas de réponse

oui, dans une revue scientifique

pas de réponse

oui, 10nm

Je pense qu'il s'agit d'atomes

l'eau est train de bouillir

pas de réponse

à mon imagination

micro ou nano

C'est des petits pois verts avec des petits pois blancs, je ne sais pas

pas de réponse

oui dans les livres de biologie

pas de réponse

micro ou nano

Des points de couleurs et tailles différentse

à un champ

certainement en bio

imagination

certainement micro

Un rayon de miel avec des petites larves d'abeilles

pas de réponse

oui, en biologie

pas de réponse

échelle 1micro m

pour le DESS+ Maîtrise

Rien de concret, je ne peux rattacher à ce que je perçois à une notion scientifique.

à une vue microscopique

oui, dans des livres scientifiques

je pense que la photo représente une vue microscopique, mais je ne peux me représentre la dimension réelle de l'objet entier

Une sorte de domaine constitué d 'éléments de différents niveaux de gris

de la maquette vue en gros plan

Un tapis de mousse ondulé

2ème regard, ce sont peut- être des atomes d'une matière

une photo en cours d'audiovisuel sur le documentaire scientifique

ma spontanéité

non

Résultat d'une image soit de synthèse, soit d'analyse de la structure d'un composant

à un dessin abstrait de nuages

oui, en physique

nm

Des espèces de boules...

elle me fait penser à un matelas

non

mon vécu...

10-10nm

Des zones claires et des zones d'ombres réparties à priori arbitration.

un objet physique à l'échelle peut être nano
non
nos savoirs scolaires et extrascolaires
non, on ne peut pas le dire à partir de cette photo

pour la licence de Sciences Physiques :

Un solide avec cristallisation- ensemble structuré d'atomes répétés n fois
pas de réponse
en chimie minérale, dans des magasins scientifiques
pas de réponse
picoscopique

Molécules
aux phénomènes ondulaires de la lumière
non
un peu d'imagination et un peu de connaissance
ppm

Pas de réponse
des atomes (noirs) imbriqués avec des atomes (blancs), les B se superposent au A
non
modélisation des atomes sous forme sphérique et couleur différente selon l'élément
microscopique

Une substance entoure des espèces d'Alvéole
des taches sur une flèche de tissus (peut-être de l'eau
à partir des alvéoles
pas de réponse
ordre de nano

Pas d'idée précise
à des nuages
non
les taches à des nuages, les autres ne correspondent pas à mon idée
non, soit infiniment petit, soit infiniment grand
Un agrandissement d'une pucelle de matière (agrandissement effectué par un procédé autre que le microscope= outil informatique)

pas de réponse
oui, dans un ouvrage de chimie physique
pas de réponse
quelque nm

molécules ou atomes
non
la représentation que j'ai des molécules et des atomes
nano

un ensemble d'atomes serrés les unes aux autres
pas de réponse
oui, dans les cours de chimie quand on essaye d'expliquer ce qu'est un atome
pas de réponse
oui, 10-30m, l'œil ne peut le distinguer

pour les Stagiaires de l'IUFM

Des boules de tailles différentes
image en 3 D d'un tissu
oui, dans un mémoire de science
pas de réponse
micro

La surface d'un solide une ou microscope de force atomique
des dures de sables
non

les concepts connus et une part d'imagination
1nm

Du maïs avec des taches blanches
à de la matière découpée
en cours de physique-chimie
observation des couleurs
1nm

J'imagine qu'il s'agit d'atomes vus au microscope électronique.
pas de réponse
oui, livres scolaires
pas de réponse
10nm

Des taches... au un gâteau de semoule ? Etait -ce des atomes ?; s'il s'agit d'une photo d'atome- le terme photo n'est pas
à considérer avec sens commun.
une surface d'atome, une image obtenu à l'aide d'une microscopie électronique
oui, dans les revues scientifiques sur les nanosciences
pas de réponse
1nm

Des petites boules peuvent représenter un empilement d'atome
pas de réponse
oui, la chimie
si c'est réel, macroscopique

On voit un état de surface basé sur les différentes de champs électriques ou magnétiques.
pas de réponse
oui, l'utilisation d'un microscope à force atomique, expérience réalisée pour un stage de DESS
pas de réponse
20x20 Å²
raisonnement scientifique

Je pense que c'est une photo prise au microscope à force atomique des matériaux.
pas de réponse
oui, dans un livre scolaire
pas de réponse
1Å²

L'image obtenue au moyen d'un microscope électronique d'une surface d'un cristal ou d'un métal.
plein de tache
une image représentant les atomes de Nickel vu dans un Microscope électronique
pas de réponse
l'ordre de l'atome

5.2 informations complémentaires pour la question 6 (interactions)

Quelques exemples à partir des réponses des étudiants afin de constater le développement du raisonnement relationnel

Les étudiants du DEUG :

La force est l'expression d'un potentiel qui induit une action (moniteur)

la bille tombe grâce à une impulsion, elle est arrêtée par une force de frottement ou tombe sous l'action de la force de gravitation, le seul lien que j'observe c'est avec la force de gravitation, le 1er énoncé en parle et le deuxième en montre les phénomènes qui en découlent

L'effet d'un corps sur un autre
c'est les mêmes forces qui agissent

Une force est ce qui permet de fournir de l'énergie à un système sur lequel elle est appliquée.

Oui, la gravité et l'interaction qui agit sur la bille. Les autres forces sont des forces phénoménologiques. La gravité induit une force gravitationnelle lorsque la bille tombe et lorsqu'elle roule

La force, pour moi, signifie la puissance et la destruction

le fait de pousser la bille entraîne l'apparition d'une force d'interaction faible, le fait qu'elle s'arrête entraîne l'apparition d'une force d'interaction forte, et la chute prouve l'existence de la gravité

Une énergie qui agit sur le mouvement d'énergie

oui, 2^{ème} application d'une certaine force à la bille dans l'énoncé 1

Une force est quelque chose de physique qui ne se voit pas mais qui agit sur nous et notre entourage

Oui, pousser la bille: interaction faible, bille tombe: gravitation

Force non représentable mais influence sur tout ce qui bouge

les interactions qu'elles soient sont systématiquement présentes lors de tout instant (au repos, à l'animée, pendant le mouvement)

Qqch. qui fait bouger un objet !

2^{ème} illustre les interactions gravitationnelles

C'est une interaction entre deux systèmes

La bille est soumise aux 4 int. Fondamentales : l'int nucléaire forte assurant sa cohésion, l'int nucléaire faible (radioactivité) ne doit pas bcp intervenir dans ces cas-là, l'inter. Electron non plus, mais int gravitationnelle, qui apporté infinie lorsque la bille arrive au bout de la table: elle tombe

Energie qu'exerce un objet sur un autre

oui, car lorsqu'on place la bille, il y a des forces qui agissent

Quelque chose qui interagit avec les matières. D'après Newton, chaque élément exerce une force sur un autre et vice versa.

les int. fortes font arrêter la bille, la gravité fait tomber par terre

Le fait de pousser un objet, le mouvement effectué est une force.

oui, tout dépend de la nature de la force qu'on exerce sur l'objet

L'effet d'un certain corps sur un autre par sa structure

dans le 2^{ème} énoncé, interviennent les forces du premier énoncé

Une force est quelque chose qui a une action à distance ou non sur un objet qui agit

lorsqu'on pousse une bille on exerce une force elle tombe à cause de la gravitation et elle s'arrête s'il y a frottements et si on lui procure plus d'énergie

Puissance

oui, car différentes forces agissent sur la bille, telle la force de gravitation, etc.

C'est la forme que prend l'énergie pour exister ou agir sur un autre élément

il y a combinaison de la force de gravitation et d'interaction faible

quelque chose qui s'exerce entre deux objets
le 1^{er} énoncé doit expliquer ce qui se passe à l'échelle micro

interactions, accélération mais aussi **star wars**
l'énoncé 2 parle de forces macroscopiques (gravité, frottement)

Une énergie qu'on applique à un solide.
oui, la bille est soumise à la gravitation et à d'autres interactions (frottements)

Attraction, déplacement
une relation entre 4^{ème} force du 1^{er} énoncé et donc le 2^{ème} énoncé

Une chose non matérielle qui fait interagir les éléments.
oui, la bille est soumise à des forces

Une action
le 2^{ème} illustre le premier

un terme inventé pour déterminer le fait que quelque chose agit sur un autre chose
oui, on montre la gravitation énoncée dans le premier paragraphe

c'est une représentation de ce que subit un élément
la bille est un exemple sur lequel agissent certaines forces énoncées au-dessous

ça fait bouger les choses
ce sont des interactions qui font que la bille roule, tombe ou fait ou ce qu'elle a à faire

Action concrétisée ou non, directe et indirecte qui provoque un mouvement
oui, la bille subit la force d'attraction terrestre, interaction gravitationnelle qui fait partie de l'énoncé ci-dessus

Quelque chose s'applique sur un objet, avec un contact ou non, et qui a un effet sur l'état de cet objet.
Oui, la bille s'arrête à cause des forces de frottement et tombe sous l'effet de la gravitation terrestre en l'absence de réaction de la table.

C'est le fait de transmettre une certaine énergie à quelque chose
Elle tombe: gravitation, la bille s'arrête, force d'atome (force électromagnétique)

Toute action qui modifié la quantité de mouvement d'un point matériel de masse m.
tombe: gravitation, bille : électromagnétique

quelque chose exercé par un objet sur un autre, changeant ainsi son mouvement
ce sont ces forces qui donnent ces mouvements à la bille

les actions provoquées par deux corps l'un sur l'autre
les int. énoncés dans le 1^{er} paragraphe expliquent les faits observés dans le 2^{ème}

attraction
les deux forces vont s'attirer jusqu'à un état d'équilibre

c'est quelque chose qui oblige un objet à avoir telle ou telle réaction (attraction, répulsion...)
la bille tombe, c'est la force de gravité

C'est ce qui fait qu'un objet bouge.
la bille tombe à cause de la gravitation

Un phénomène qui pousse l'objet à changer sa trajectoire, sa vitesse.
oui, on parle des différents inter qui sont des forces et on les explicite

c'est quelque chose qui fait bouger les éléments dans la nature

Oui, car c'est une force de qqch. qui pousse une bille, qui fait rouler la bille

$f=ma$

deux objets sont l'interaction entre eux

C'est une grandeur non matérielle qui agit sur les solides, liquides et gaz ; avec pour but souvent de modifier les conditions des espèces en présence

il y a une relation dans le sens que dans le 1er énoncé, on nous parle de force et dans le 2ème, on constate justement que si la bille arrive à être poussée si elle s'arrête, si elle tombe, c'est bien grâce à une force

une grandeur vectorielle qui peut faire changer la quantité de mouvement d'un système
pousse une bille, elle roule- interaction forte, elle tombe -gravitation

c'est à peu près aussi vague que le terme énergie

bref, les inter entre la bille et la table engendrent une force de frottement qui la ralentit, la bille attire gravitationnellement par terre, donc maintenue sur la table et puis attirée vers le sol

c'est une notion abstraite qui a le pouvoir d'agir sur une particule
la gravitation fait tomber la bille par terre

action, interaction, réaction

la gravitation fait tomber la bille par terre oui, la bille tombe à cause de la question, la bille est composée d'atomes, donc elle est soumise à des interactions faibles (des forces intérieures qui se compensent, elle s'arrête de rouler à cause des forces de frottement)

C'est la force qui permet de mettre l'objet en mouvement ou l'immobiliser. c'est une attraction ou la répulsion exercée sur l'objet

oui, car la bille roule grâce aux forces exercées sur celle-ci

Une puissance qui est indispensable qui permet le déplacement des objets.

oui la bille est soumise à l'attraction terrestre d'abord elle s'arrête à cause des forces de frottements

quelque chose d'invisible qui pousse ou tire les corps

oui, la force de gravitation (la bille tombe et roule)

L'attraction et répulsion

pas vraiment, la bille qui tombe parce qu'elle est attirée par le sol

C'est quelque chose qui fait que deux objets (ou plus) s'attirent ou se repoussent

la 2^{ème} phrase est un exemple qui illustre les forces: la bille roule parce qu'on la pousse, on lui applique une force, elle tombe parce qu'elle a un poids (force de gravitation, de pesanteur)

Force signifie une attraction

Oui, il y a une relation, une force est nécessaire dans chaque cas. Dans le 1er, un objet est attiré par un objet et dans l'autre, la bille est attirée par la terre, c'est pour cela qu'elle tombe

Force signifie une pression que l'on exerce sur quelqu'un ou quelque chose

pas de réponse

Interactions (exp. 2objets A et B) entre 2 objets (points matériels)

force : table exerce une force sur la bille (l'empêche de tomber) pesanteur

c'est tout ce qui attire ou repousse quelque chose

oui, le premier phrase, on parle de force entre 2 objets, au deuxième paragraphe on pousse une bille avec une vitesse donc, celle-ci diminue au cours du temps du fait des forces de frottements de l'air

une action exercée par un corps sur un autre corps

oui, la table est soumise à une force exercée par nous -même, puis elle tombe sous l'effet de la force de gravitation

quelque chose qui donne à une chose un mouvement, qui anime une chose

le 1er c'est la théorie et le second la pratique dans lequel on applique la théorie

La force, selon moi, une cause d'existence de l'énergie. La force donne de l'énergie à un objet, lui donne une vitesse. La bille subit une force de gravitation, parce qu'elle a une masse. De plus, les forces de frottements qui existent à cause de la gravitation, arrêtent la bille sur la table.

Un concept imaginaire dont le but est de décrire un phénomène
oui, le mouvement de la bille dépend des forces auxquelles elle est soumise

Pression exercée (ou attraction) sur quelque chose
interaction électromagnétique et interaction forte

Une interaction entre les corps
quand la bille s'arrête l'interaction entre elle et la table est forte, mais quand elle tombe la force est faible

Notion qui unit deux choses, ou plusieurs
oui, ce qui fait bouger la bille c'est la force, ce qui correspond à la position initiale. Si elle ne passe pas à travers la table c'est la force de résistance et si elle tombe c'est la gravitation

Interactions entre les deux corps
oui, c'est la même chose à différentes échelles: sphères attirées les unes par les autres

Excitation sur une matière, interaction
Oui, la bille est poussée par une force extérieure le long de la table; elle ne s'enfonce pas dans la table grâce à la force de réaction de la table sur la bille; s'arrête à cause des forces de frottements, ou tombe à cause de la force gravitationnelle

Interaction entre deux corps
oui, la bille s'arrête à cause des forces, elle est soumise à la gravité (échelle macroscopique), et des interactions électromagnétiques (échelle microscopique)

quelque chose d'abstrait
Le 1^{er} énoncé parle de forces naturelles. Le second parle de forces créées par l'homme, une force artificielle. (106^{ème} étudiant du DEUG, la réponse scientifiquement correcte)

une représentation de quelque chose d'invisible
forces qui agissent le monde tel que nous le connaissons

les forces sont à l'origine du mouvement des corps
oui, attraction universelle

quelque chose d'invisible qui peut faire bouger ou influencer le mouvement des choses
la bille subit force de pesanteur qui est une interaction

Un truc qui crée un état ou un mouvement qui seuls cela n'existerait pas.
Force de pesanteur qui fait que la bille se déplace dû à sa masse (110^{ème} étudiant du DEUG: **obstacle épistémologique**)

IUFM :
Expression d'une action
existence d'une force de frottement et d'une force de pesanteur

Concept physique susceptible de modifier une trajectoire
ce sont des choses différentes puisqu'on a vu les interactions à distances et interactions par contact le problème du passage de la macro à la micro

Phénomène susceptible de faire varier la trajectoire d'un objet
principe d'inertie - aucune interaction

La force permet de changer la trajectoire, ou la forme d'un objet. C'est un modèle que l'on utilise pour schématiser des interactions
si elle tombe, c'est qu'il y a une interaction gravitationnelle

Interaction
force inertie puis force de gravité

Interaction entre deux objets (système) : à distance (interaction fondamentale) ; de contact (mécanique)
force=interaction

Interaction
oui, gravitation, inertie

Action mécanique, magnétique, électromagnétique, nucléaire ou influence active.

il y a des équations qui sont en jeu dans le cas de la bille, soit électrostatiques/gravitationnelles, le déséquilibre entre ces forces entraîne un mouvement, l'équilibre entre ces forces entraîne une immobilité

C'est l'action d'une chose sur une autre ou plus exactement c'est la représentation de cette action.
2^{ème} énoncé donne des exemples des effets liés à des forces (frottement, gravitation)

Force est un concept avec lequel on peut expliquer le mouvement.
les faits expérimentaux décrits dans 2) ont été interprétés par les concepts de 1

Une force est également un concept physique que l'on représente symboliquement par un vecteur. Une force peut être de contact ou à distance.
oui, les 4 interactions énoncées qui permettent d'expliquer les phénomènes physiques connus et notamment celui du mouvement

Force : interaction permettant de modifier la norme ou la direction du vecteur vitesse d'un objet.
les forces exercées sur la boule sont la force de gravitation ici=au poids, interaction de contact

C'est une interaction qui est susceptible de faire varier la vitesse ou la trajectoire d'un corps mais elle n'est pas nécessaire à n mouvement.
Relation entre les énoncés : forces à distance et forces de contact, c'est la même chose

Action exercée sur un corps (attraction ou répulsion).
Bille roule puis s'arrête: La bille roule grâce à la force exercée et s'arrête à cause de la force frottement de réaction et de poids:Gravitation, bille tombe:gravitation

Le terme " force " désigne une déformation
la bille roule puis elle s'arrête à cause des forces de frottements

Phénomène qui modifie la position ou la trajectoire d'un mobile sur lequel elle est appliquée.
les interactions sont des forces à distance, tout comme le poids qui fait tomber la bille

Effet pourquoi par un objet sur un autre.

la bille s'arrête à cause des forces de frottement classées dans les interactions électromagnétiques, si elle tombe c'est la gravitation

Une force est une grandeur capable de mettre un rapport pesant en mouvement
la bille tombe car elle était la gravité, elle-même étant directement liée à l'interaction entre deux corps

Les forces c'est l'ensemble des actions exercées sur un objet.
Le 2^{ème} énoncé utilise les forces énoncées dans le 1er, c'est comme en exemple

Interaction ou une action exercée par un objet sur un autre.
oui, les différentes forces décrites précédemment sont présentes dans cette expérience

Interaction, susceptible de modifier un mouvement.
oui, lien cause de cause à effet

Une force change la quantité de mouvement d'un corps.
une bille qui roule sur une table et qui tombe est soumise à quatre forces

Paramètre susceptible de modifier un mouvement
interaction entre la table et la bille

Action sur un objet
force et mise en mouvement

C'est ce qui peut modifier ou stopper un mouvement
la bille poussée sur la table subit la gravitation, la réaction de la table et la force qui la pousse

Il s'agit d'une interaction qui peut : soit mettre en mouvement un objet, soit modifier la trajectoire d'un objet, soit modifier la vitesse d'un objet ou soit déformer un objet.

si la bille tombe, c'est parce qu'elle est soumise à une force d'interaction attractive gravitationnelle

Une force permet de modifier une trajectoire, garder une certaine énergie.
H force permet de modifier l'évolution thermodynamique

La matérialisation d'une action mécanique (représentée par un vecteur)
1 le poids de la bille (force gravitationnelle) est compensé par la réaction du support; 2 plus de réaction, elle tombe;
idem force électromagnétique (électrons en mouvement)

Une force est une modélisation d'une action mécanique. Elle est caractérisée par un point d'application, une direction, un sens et une norme. On la représente par un vecteur.
Elle tombe à cause de la force de gravitation! Une force s'exerce sur elle: le poids

Un élément qui agit sur un autre et modifie son comportement ou son environnement.
oui: action-réaction; points communs: les forces

Une force est un outil qui permet de représenter une action mécanique.
le mouvement de la bille peut être expliqué par les interactions

Une force est une action de quelque chose sur un autre
bien sur le noyau exerce sur interaction gravitationnelle sur l'électron mais l'électron exerce aussi sur le noyau une interaction électromagnétique due à l'existence de charges (vice versa)

Action mécanique exercée sur un autre sur un récepteur.
1er énoncé: définition d'interaction; 2ème énoncé: influence des forces sur un mouvement

Forte cause capable de faire déformer un objet, de le mettre en mouvement ou de modifier sa trajectoire.
La bille tombe à cause de la gravitation ses atomes sont reliés entre eux par l'action électromagnétique au sein des atomes la cohésion est assurée par les interactions fortes et faibles, opposée à la répulsion électrostatique.

Le terme " force " correspond à la modélisation d'une action mécanique exercée sur l'objet par le milieu environnement
la bille roule et s'arrête, sous l'action de forces de frottement, d'origine électromagnétique, puis tombe sous l'action de la force de gravitation-la deuxième énoncé correspond à une illustration de l'action des 2 premières interactions (électromagnétique et gravitationnelles)

5.3 informations complémentaires pour la question 8 (vapeur d'eau et lumière)

Quelques exemples à partir des réponses des étudiants

Les étudiants du DEUG :

Des gouttelettes (toutes petites) en suspension & des rayons ont grosses longueurs d'onde

Quand il y a une grande quantité de molécules, on en voit quand même & les molécules d'air et les objets renvoient dans nos yeux des ondes

La vapeur d'eau, une forte concentration de molécules d'eau & un faisceau de photons

De la vapeur (un grand nombre de molécules) & un faisceau lumineux (un grand nombre de photon)

Les couleurs de l'arc-en-ciel & un ensemble de photon que l'on observe par les rayons

Qu'appellez-vous voir ! on voit des ondes de la lumière naturelle émis par les molécules & interaction lumière -air et lumière - objet autour

Un ensemble de milliards et milliards de ces molécules & pas de réponse

Des amas de la molécule d'eau & des raies de lumières

ébullition dus à la hauteur de la température & ON VOIT DE L'ENERGIE

Des gaz & plusieurs atomes

De la lumière observée & le manque de la lumière, on voit la différence entre la lumière et la non-lumière

Les étudiants de DESS+maîtrise :

Plusieurs molécules ensembles regroupés & l'ensemble des photons.

Je ne sais pas & pas de réponse

Le groupe de l'eau liquide à l'eau gazeuse c'est de l'eau gazeuse & l'énergie dégagée par les photons.

Des gouttelettes d'eau en suspension dans l'air & un faisceau de photons

Un ensemble de molécules d'eau suffisamment important pour être visible & l'ensemble des photons diffusés.

De la vapeur d'eau, de l'eau à l'état gazeux & un ensemble de photons.

L'ensemble des molécules & des chocs ente éléments.

L'interaction entre ces molécules et les particules d'air environnant & un flux de particules lumineux qui interagissent avec les particules d'air.

Gaz, une association différente des molécules d'eau & un ensemble de photons.

On ne voit pas une molécule si elle est seule. Mais lorsque l'on voit un nuage de vapeur d'eau (ou du brouillard), les molécules sont nombreuses. C'est cette accumulation qui permet de les voir & l'accumulation d'une grande quantité de photons.

Des regroupements de molécule d'eau & une succession de millions de photons.

Les étudiants de Licence de SP :

Un ensemble de molécules d'eau car lors de la vaporisation, elles ne sont pas détruites, elles sont plus éloignées les unes des autres dans le vapeur d'eau que dans l'eau liquide & on voit un ensemble de photons qui se dispersent dans toutes les directions de l'espace.

On voit la lumière diffractés par les molécules d'eau & on voit un faisceau de photon, un ensemble de photon.

On observe un empilement de molécules d'eau à l'état liquide ou gazeux, avec plus ou moins d'interaction et de mouvements & on observe un flux de photons

On voit la source mais pas la propagation de la surface d'onde ou de la vapeur d'eau & la même explication

On voit une forme de molécules d'eau, un groupe énorme et joint de molécules d'eau & on ne peut pas voir un seul photon car il est beaucoup trop petit (<mm) on voit un faisceau de photons, c'est-à-dire un ensemble serré et concentré de photons.

Un ensemble de molécules d'eau sous forme de gouttes qui se condense avec le contact d'avec l'atmosphère ; c'est en fait de l'eau liquide en suspension & un ensemble de photons = de la lumière car la particule lumineuse est le photon.

On voit de la fumée (par exemple quand on chauffe de l'eau dans une casserole) ou de la buée : c'est à dire ce sont des millions d'eau à l'état gazeux & on voit un rayon de lumière, c'est-à-dire des millions de photons que l'on ne peut pas distinguer à l'œil nu.

Un nuage de vapeur du à la différence de température entre l'eau et l'air & la lumière ? Par les électrons qui traversent le filament de tungstène de l'ampoule.

Lorsque l'eau se vaporise, on voit comme une sorte de fumée blanche & on voit que tout l'espace occupé par la lampe est éclairé

Les stagiaires de l'IUFM :

De la vapeur. Des molécules en suspension & un faisceau de lumière

De fines gouttelettes dans l'air & effet de la lumière sur la rétine de notre œil.

On observe une variation d'indice local qui induit un phénomène de réfraction de la lumière observable... & on ne voit pas le photon. L'œil perçoit l'énergie de ce(s) photon(s) et la traduit en signaux électriques, que le cerveau interprète comme étant de la lumière.

Des petites gouttelettes en suspension dans l'air & la vapeur d'eau éclairée dans une source de la lumière secondaire.

Des gouttelettes d'eau comme les nuages (programmes 5ème) & ce que notre cerveau a réussi à imaginer. L'œil ayant capté la moyenne d'un signal électromagnétique.

Le système macroscopique constitué des molécules d'eau & le système macroscopique constitué de grains de poussière qui diffusent chacun la lumière : on voit une conséquence macroscopique d'un phénomène microscopique.

Les minuscules gouttes d'eau qui se condensent & des radiations (ensemble de déplacements des photons)

De l'eau liquide portée par la vapeur & je ne sais pas

Le phénomène lié à la présence d'un très grand nombre de molécules d'eau & on voit ce qu'expriment les photons et leurs émergences sur nos capteurs de lumière.

Une vapeur, une suspension de gouttelettes d'eau dans un gaz & un résultat macro.

L'eau à l'état de vapeur est invisible. On voit cette vapeur recondensée sous formes de gouttelettes & le résultat à grande échelle.

Des mûles d'eau (=brouillard) (un paquet de molécules) & une nuée de photons.

De la vapeur d'eau qui se liquéfie et donne des gouttelettes d'eau. & Pas de réponse

Les gouttelettes d'eau issues de la condensation de la vapeur dans l'air plus froid qu'elle & ensemble de photons- un quantum d'énergie.

La réflexion de la lumière sur les filets de vapeur d'eau qui s'élèvent & pas de réponse

5.4 informations complémentaires pour la question 9 (énigme de la masse)

le premier type de réponses fausses :

Quelques exemples à partir des réponses des étudiants :

pour le DEUG :

- « Car, sur la masse isolée, aucune force n'agit sur elle » ;
- « Interaction dans le noyau qui réduit la masse » ;
- « Lorsqu'ils sont ensemble l'énergie est plus basse » ;
- « C'est une question d'énergie et de masse dans la physique relativiste »

pour DESS+ Maîtrise

- « Car, dans un noyau, les nucléons n'ont pas tout à fait la même masse » ;
- « De manière isolée, ils prennent plus de place, leur volume est différent » ;

pour la licence de Sciences Physiques :

- « Il y a des interactions entre nucléons –contraction de volume »
- « Les interactions entre les nucléons réduisent peut-être la masse du noyau, et regroupent les nucléons » ;
- « la masse du noyau est plus faible »

pour les Stagiaires de l'IUFM

- « C'est l'interaction nucléaire qui entraîne la perte de masse » ;
- « L'énergie c'est de la masse » ;
- « Energie d'interaction » ;
- « Il doit y avoir des interactions responsables de ce phénomène.

Le deuxième type de réponse fausses :

Quelques exemples à partir des réponses des étudiants :

Pour le DEUG :

- « Ça dépend de la position sur la balance » ;
- « Car, les nucléons isolés ont plus de contact avec la balance » ;
- « Ça prend plus de surface » ;
- « Car, quand ils sont regroupés, ils utilisent moins d'espace, donc moins lourds » ;
- « La masse des nucléons isolés est supérieure parce qu'il y a la diffusion des molécules » ;
- « Les forces d'interaction entre les atomes sont supérieures par rapport à la gravitation ».

pour les DESS+ Maîtrise

- « Dans un noyau, les nucléons ne sont pas tout à fait la même masse » ;
- « Il y a plus de poussières sur le plateau, il y a un souffle qui soulève le plateau »
- « Peut-être certaines forces mises ensemble s'annulent » ;
- « Peut-être l'air entre les nucléons isolés pèse ».

Pour la licence de sciences physiques :

- « Le centre d'inertie se trouve au même endroit » ;
- « Ils occupent un espace le plus vaste possible » ;
- « Il y a plus de molécules d'air, les molécules sont dispersées ».

pour les stagiaires de l'IUFM :

- « Quand la molécule se forme, on ne compte plus les électrons » ;

« Il faut raisonner en terme d'énergie, il y a une conservation de l'énergie totale, on doit considérer l'énergie de masse cédée à l'extérieur » ;
« Les interactions sont à l'origine des forces (dont la résultante s'oppose au poids »
« Energie d'interaction » ;
« Force nucléaire = masse ».

5.5 informations complémentaires pour la question 10 (atome et molécule)

Pour les étudiants et stagiaires de l'IUFM en France :

Les étudiants du DEUG :

macro

Car, le noyau occupe 10^4 de l'espace du noyau

en regardant la peau de ma main en surface et en profondeur et surtout les murmures sur les feuilles des arbres

micro

Car la différence de taille serait tjs énorme. De même que si on était une galaxie, la terre serait quand même énormément petite face à la galaxie

la logique, la chimie l'a en fait prouvé

micro

car il se trouve qu'on sera sur la même échelle

La question à savoir comment sont formés tous les objets qui nous entourent? Qu'est ce qui forme la matière?

pas de réponse

c'est impossible d'avoir la taille d'un atome

tout le monde

micro

le gros du volume de l'atome est donné par la distance noyau-électron, en volume le noyau seul est micro

je n'en ai jamais vu donc je ne suis pas sûr à 100% qu'il existe

micro

la taille que prennent les électrons autour du noyau est erronée face au seul noyau

C'est une théorie qui ne présente pas de contradiction avec les connaissances scientifiques actuelles.

micro

les éléments de l'atome sont exactement petits en comparant de son diamètre total

certaines expériences+ **culture scientifique** et confiance en ses résultats

micro

car autour du noyau, les électrons sont à des distances relativement élevées.

Sinon, la matière de quoi serait-elle constituée?

micro

un noyau étant plus petit qu'un atome, le noyau serait micro

Rien, j'en ai tjs été convaincu. C'est la base de tout pour un scientifique

micro

parce que le noyau est bcp plus petit que l'atome

Tous les cours qu'en a eu dessus!

macro

Pas d'exp.

on a bcp de choses qu'on peut expliquer à l'aide des théories de la chimie, il est donc bien probable que les atomes et les molécules existent

hypothétique et déductif

micro

l'atome est constitué en majorité de vide

Rien, par vraiment c'est pour ça que je fais chimie (je veux savoir!)

bon exemple

macro

quoique quand même bcp plus petit que moi

C'est la cohérence de cette théorie et la non-existence d'une contre-théorie qui tiennent la route!

Les étudiants de DESS+Maîtrise

micro

car, le noyau fait partie de l'atome

je ne me suis jamais posé cette question

micro

le moyen est plus petit que l'atome

l'idée que l'on peut tout décomposer en quelque chose, ce quelque chose pourrait alors bien être des atomes ou des molécules

micro

il me semble

supposition

pas de réponse

macro

car, on aurait à peu près la même taille

les thèses de Démocrite

macro

il y a deux dessins comparatifs entre l'atome et le noyau

je ne sais pas si c'est de la conviction, ou démonstration qui m'a convaincu, c'est très loin dans le passé que j'ai "appris" cette notion

macro

je pense que le noyau vaut à peu près la taille de l'atome

le fait qu'il faille bien que nous soyons constitués de quelque chose...

les étudiants de licence SP

micro

car, la distance dans l'atome est gigantesque, l'atome est essentiellement constitué de vide

validité des expériences

micro

pas d'exp.

pas d'inter.

c'est l'adéquation du modèle à l'expérience

c'est comme religion, c'est une question de foi, soit on n'y croit, soit on n'y croit pas

pas de réponse

la question n'a pas de sens!!

pas d'inter.

leur existence est dans à votre conceptualisation Epicure le conceptualisait déjà comme ça à l'époque

macro

pas d'exp.

pas d'inter.

Eloignez votre main de 50 cm de votre visage. Rapprochez-la! Rapidement de celui-ci jusqu'au contact. Vous serez convaincu aussi!!!

macro

tout est une question de référentiel

pour l'instant aux recherches scientifiques jusqu'à une ère nouvelle

micro

si noyau très petit par rapport à l'atome, dépend des tailles respectives de l'atome et du noyau

ils constituent les matières qui nous entourent, une table par exemple sinon pas d'existence physique de la matière

macro

pas d'exp.

pas d'inter.

l'observation à travers les microscopes

micro

dans un atome, le noyau peut être considéré comme micro

l'étude de cristaux, notre corps assemble -des photons-le fait qu'on nous l'enseigne depuis plusieurs années et que les scientifiques continueront à travailler dessus!

macro

Ce qui pèse le plus lourd dans un atome: Noyau. Les électrons qui gravitent autour du noyau sont plus légers et nettement plus petits

l'enseignement scientifique dans vos études supérieures m'a convaincu de l'approche de la mécanique quantique

micro

Un atome est fait d'un noyau et de plusieurs d'électrons qui gravitent autour de celui-ci, donc un noyau est pour moi mic.

Grâce aux représentations (faites en cours) que l'on nous a données, je me suis fait une idée des atomes et des molécules comme des sphères.

micro

car on ne peut pas voir un atome à l'œil nu, donc de même pour le noyau
le fait de faire des sciences physiques (chimie) m'a permis de savoir que les atomes et les molécules existent (le fait de pouvoir se représenter les molécules comme des sphères par exemple)

micro

Car la surface occupée par les électrons gravitant autour est bcp plus importante.

Des expériences toutes simples comme la vaporisation de l'eau: les molécules d'eau occupent bcp moins à l'état liquide qu'à l'état gazeux

les stagiaires de l'IUFM :

microscopique plutôt

si le noyau avait la taille d'une balle de tennis(3cm), l'atome aurait une circonférence de 3km, donc si j'ai la taille d'un atome (ordre de mètre) le noyau est 100000 fois plus petites que moi

mes prof.

microscopique

le noyau reste très petit par rapport à la taille de l'atome
rien, je n'en suis toujours pas convaincu, **c'est un modèle**

microscopique

le noyau reste très petit par rapport à la taille de l'atome
rien, ce sont uniquement des modèles qui représentent ces phénomènes, molécules et atome n'existent pas, l'homme constate "des comportements de la matière, il imagine l'existence des atomes et des molécules

microscopique

le noyau est 105 fois plus petites que l'atome

c'est l'explication de certains phénomènes qui permet de valider le modèle de l'atome et de molécules

microscopique

le noyau est 105 fois plus petite que l'atome

rien, seul le modèle explique certaines phénomènes observables

microscopique

l'atome est constitué essentiellement d'un vide, le noyau étant l'élément central

l'interprétation des phénomènes qui nous entourent, à l'aide des modèles d'atomes et de molécules

macroscopique

noyau: 10^{-10} m, molécule: 10^{-9} m, un atome serait macroscopique car il ne serait que 10 à 100 fois plus petit, comme entre nous et un stylo par exemple

J'ai tjs conçu le vivant comme un enchaînement de "briques: organes –cellules –molécules –atomes –nucléons –quarks

Linéaire causal

micro

atome: 10^{-10} m; noyau 10^{-15} m; noyau 100000 fois plus petit que l'atome

c'est un modèle très performant pour expliquer la réalité telle que nous la percevons!

phénoménologique

micro

le noyau est 105 fois plus petit que l'atome

mon prof de l'époque et l'expérience de Rutherford

micro

car, le noyau est bcp plus petit que l'atome

tableau périodique de **Mendeleïev**

obligation

micro

3 ordres de grandeurs de différence entre le noyau et l'atome

Rien...j'e l'ai avalé comme tout le monde mais si quelqu'un propose quelque chose de mieux, alors on verra....!

micro

Atome et noyau sont microscopiques: on ne les voit pas à l'œil nu

Les macromolécules peuvent être vues au microscope!

Micro

noyau très petit par rapport à l'atome
ce modèle est plutôt convenable pour expliquer des phénomènes qui nous entourent

macroscopique
car ayant la dimension d'un atome, ma taille serait proche, donc comparable
Quant à la configuration des atomes dans les différents états et les propriétés de ces états(solide, liquide, gaz)

micro
il serait mille fois plus petit donc il est micro
La croyance en mes prof.

macroscopique
si nous avions la taille d'un noyau, le microscopique devinent macroscopique pour nous (*dialectique*)
Rien! Les modèles successifs expliquent pour l'instant ce que nous observons mais peut - être qu'un jour un autre modèle plus complet servirait ces modestes de molécules et d'atomes

micro plutôt
un ordre de grandeur inférieur au mien
une vue au microscope à effet tunnel

micro
par rapport à l'atome
les différentes spectroscopies

macroscopique
pas d'explication
pas d'interprétation
la diversité des matériaux

Quelques exemples pour les étudiants en Turquie à partir de leurs réponses :

Physique 1

microscopique
car, le noyau de l'atome n'est pas aussi grand que l'atome
les cellules que j'ai vu à partir du microscope électronique m'ont convaincu leur l'existence

macroscopique
le noyau est normalement microscopique, mais si on descend à cette échelle, cela devient macroscopique

microscopique
pas d'explication
la biologie moléculaire

microscopique
c'est une dimension trop petite
la structure particulière de la matière, comme le vitre cassé
macroscopique
car, le noyau est dans l'atome
je ne suis pas encore convaincu, je n'ai pas assez connaissance

macroscopique
je pense que je ne connais pas ces termes
les expériences scolaires

macroscopique

pas d'explication
je ne suis pas encore convaincu, car je ne les ai pas encore vus

Physique 3

macroscopique
car, il est un concept au niveau du noyau
toutes les choses que nous voyons et que nous percevons sont des preuves

macroscopique
car le noyau devient comme une petite bille
la structure particulière de la matière

macroscopique
car la distance entre l'atome et le noyau n'est pas grande
comme d'autres choses auxquelles je crois bien, je ne les ai pas vues

microscopique
car, le noyau est dans l'atome
le fait que des éléments construisent les composés

macroscopique
car, nous pouvons voir facilement
la structure particulière de la matière

microscopique
pas d'explications
les bombes nucléaires

macroscopique
pas d'exp.
Des livres que j'ai lus et des expériences que j'ai faites avec le microscope

Physique 5

macroscopique
pour nous il serait macroscopique, mais par rapport aux particules sous atomiques
en fait je ne suis pas convaincu, mais, si on continue à casser la matière, notre raisonnement nous oblige à croire que les atomes et les molécules existent, à la limite ils restent théoriques.

Bon exemple

macroscopique
si on descend à l'échelle de l'atome
j'ai vu des photos, je me suis convaincu

microscopique
Quand j'étais 2^{ème} année de lycée, je croyais que les atomes rassemblaient aux poussières volants sous la lumière du soleil, je pense que je ne suis pas encore convaincu.

aucun des deux

le noyau fait partie de l'atome, comme notre tête
pour convaincre leur existence d'une chose, il faut prouver leur non-existence

Chimie 1

microscopique
car, le noyau est dans l'atome
je les ai observés avec des expériences

macroscopique
cette fois, il serait difficile de penser macroscopiquement
je ne suis pas encore convaincu, tout ce que nous voyons et percevons est en train de changer, ainsi la matière a une structure dynamique, les atomes et les molécules sont aussi faites de quelque chose de dynamique, comme des ondes d'énergie

microscopique
En fait, je ne suis pas convaincu, seulement on croit leur existence et on les imagine naturellement.

Chimie III

macroscopique
car, l'atome est la plus petite structure de la matière et toutes les choses qui nous entourent sont faites d'atomes et de molécules. S'ils n'existaient pas, les êtres humains n'existeraient pas non plus, je les ai acceptés à l'aide de certaines théories scientifiques

macroscopique
car le noyau fait partie de l'atome
l'eau que nous consommons est une preuve, $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$

microscopique
toutes les choses dans la nature montrent que le grand n'existe pas sans l'existence du petit, les petites particules construisent les ensembles, cela montre qu'il y a des atomes de tailles différentes, qui sont en interaction pour construire des structures plus grandes que l'atome

pas de réponse
Pas d'exp.
La cohérence entre les travaux qui ont été faites par les scientifiques.

macroscopique
car, on pourrait les voir et les percevoir par nos sens

Chimie V

microscopique
les noyaux sont plus petits que les atomes
les travaux scientifiques

macroscopique
pas de réponse
les savoirs scientifiques
macroscopique
pas de réponse
les travaux ayant été fait par les scientifiques

Remarque : Quand il s'agit d'une réponse « macro », les individus ont des difficultés pour argumenter leur réponse.

5.6 informations complémentaires pour la question 11 (diffraction)

Ceux qui ont donné une réponse correcte ou quasiment correcte :

Physique I :

« Je pense qu'il y a un rapport très proche entre les deux diffractions, il me semble que l'origine de ces dernières est due à la même chose, au cours de la diffraction des électrons, il y a beaucoup de lumière qui a diffracté par rapport aux rayons X ».

Physique III :

« Je vois que les deux diffractions se rassemblent l'une à l'autre » ;

« Les longueurs des ondes qui produisent ces deux diffractions sont à peu près les mêmes » ;

« Cela me rappelle qu'il y a une relation entre des ondes et la densité des électrons à des orbites différents »...

Physique V :

« Cette photo montre que les électrons comme les rayons X sont soumis au phénomène diffraction » ;

« Comme la moitié d'une pomme, en physique, tous les phénomènes comportent des propriétés communes à l'origine » ;

« Je pense que les électrons ont aussi un caractère d'onde comme des ondes électromagnétiques, c'est pourquoi, ils sont soumis au phénomène de diffractions ».

Chimie I :

Pas de réponse correcte

Chimie III :

« Pour chaque phénomène, je vois les diffractions de la lumière, alors ils ont un caractère commun » ;

« A l'origine, les deux sont les mêmes choses, mais, les longueurs d'ondes et leurs énergies sont différentes » ;

Chimie V :

« En chaque phénomène, les longueurs d'ondes sont quasiment semblables » ;

Pour ceux qui donnent une réponse erronée :

Physique I :

« 1 : Les ondes de chaleur provenant du soleil, 2 : les électrons qui gravitent autour des atomes, 3 : Une pierre tombe dans l'eau et après des ondes qui sont en train de se propager, 4 : Un atome » : raisonnement perceptif et analogique ;

« A droite du dessin, un soleil qui brille, à gauche, une éclipse du soleil » : raisonnement perceptif ;

« Deux photos prises appartiennent au même objet ayant cassé à deux » : raisonnement perceptif,...

Physique III :

« Deux expériences qui ont été faites pour observer les orbites d'atomes avec deux loupes différents » : raisonnement perceptif ;

« Je vois qu'un objet diffuse des lumières aux alentours » : raisonnement perceptif...

« Je vois les orbites des électrons autour des atomes » : raisonnement analogique....

Physique V :

« Je vois des rondes » : raisonnement perceptif ;

« Ils se rassemblent au système solaire » : raisonnement analogique...

Chimie I :

« Je vois des ondes d'eau, des lumières » : raisonnement perceptif ;

« Je vois un dard » : raisonnement perceptif, sens commun ;

« Je vois le soleil et ses lumières » ; raisonnement perceptif ;

« Je vois un paquet de lumière qui est séparé » : Perceptif...

Chimie III :

« Le système solaire » : raisonnement analogique ;

« Je vois des ondes d'eau qui sont en train de se propager » ; raisonnement perceptif ;

« Le noyau d'atome et les orbites autour d'atomes » : raisonnement analogique ;

« Les électrons sont soumis à un phénomène chimique » : la vision de chimiste ...

Chimie V :

« Si on fait une liaison entre ces deux photos, ils ne se complètent pas » : raisonnement perceptif ;

« L'articulation de deux lettres de U, les orbites des électrons : raisonnement perceptif et raisonnement analogique...

ANNEXES :

TABLE DES MATIERES

Annexe 1 :

Outils de recueils de données pour la thèse

- 1.1 Questionnaire pour les étudiants et les stagiaires de l'IUFM en France (pages 1-4)
- 1.2 Questionnaire pour les étudiants en Turquie (en turc) (pages 5-6)
- 1.3 Questionnaire sur l'énergie pour les élèves de collège et de lycée en Turquie et en France (page 7)
- 1.4 Guide d'entretien pour les étudiants en France et en Turquie (page 8)

Annexe 2 :

Transcriptions des entretiens

- 2.1 Répartition des étudiants et transcriptions des entretiens pour les étudiants en France (pages 1-84)
- 2.2 Répartition des étudiants et transcriptions des entretiens pour les étudiants en Turquie (pages 1-79)

Annexe 3 :

Informations complémentaires pour l'analyse de la question sur l'énergie

- 3.1 Energie, question A (pages 1-19)
- 3.2. Energie, question C
 - 3.2.1 regroupement des représentations des élèves et des étudiants (pages 1-14)
 - 3.2.2 quelques exemples à partir de chaque groupe d'élèves et d'étudiants en France et en Turquie (pages 15-32)

Annexe 4:

Représentation de l'atome pour la question 2

- 4.1 Récapitulation des représentations des étudiants sur l'atome (pages 1-8)
- 4.2 Représentations de l'atome par dessin (pages 9-24)

Annexe 5 :

Informations complémentaires pour l'analyse des questionnaires pour les questions (4, 6, 8, 9, 10 et 11).

- 5.1 informations complémentaires pour la question 4 : voir autrement (pages 1-3)
- 5.2 informations complémentaires pour la question 6 : interactions (pages 4-9)
- 5.3 informations complémentaires pour la question 8 : vapeur d'eau et lumière (pages 10-11)
- 5.4 informations complémentaires pour la question 9 : énigme de la masse (pages 12-13)
- 5.5 informations complémentaires pour la question 10 : atome et molécule (pages 14-19)
- 5.6 informations complémentaires pour la question 11 : diffraction (pages 20-21)