

N° d'ordre : 904

École Doctorale Mathématiques, Sciences de
l'Information et de l'Ingénieur

UdS – INSA – ENGEES

THÈSE

Présentée pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Strasbourg
Discipline : Sciences pour l'ingénieur
Spécialité : Génie Mécanique - Informatique

par

Khalifa GAYE

**Système d'information et modèle organisationnel pour le recyclage des
produits manufacturés**

Soutenue publiquement le 21 Janvier 2011

Membres du jury

Directeur de thèse : M. Mickael GARDONI, Professeur,
LGECO, INSA de Strasbourg

Co-directeur de thèse : M. Amadou COULIBALY, Maître de Conférences,
HDR, LGECO, INSA de Strasbourg

Rapporteur externe : M. Kondo ADJILLAH, Professeur,
École Nationale d'Ingénieurs de Metz

Rapporteur externe : M. Claude LISHOU, Professeur,
Ecole Polytechnique de Dakar - Université de Dakar

Autre (s) membre(s) : M. Emmanuel CAILLAUD, Professeur,
LGECO, Université de Strasbourg

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse a été rendu possible grâce à la bourse que m'a octroyée le Gouvernement Français, et a été réalisé principalement au Laboratoire LGéCO de l'INSA de Strasbourg, France. Je remercie M. Roland de GUIO, Directeur du LGéCO, pour les conditions de travail exceptionnelles qu'il a mises à ma disposition.

Je voudrais exprimer ma profonde reconnaissance à mon Directeur de thèse, M. Mickael GARDONI, Professeur à l'INSA de Strasbourg et à mon co-directeur de thèse, M. Amadou COULIBALY, Maître de Conférences – HDR, qui m'ont guidé avec patience, exigence et professionnalisme dans l'accomplissement de ce travail.

Je remercie M. Claude LISHOU, Professeur à l'Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar et M. Kondo ADJALLAH, Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de METZ, qui m'ont fait l'honneur d'être rapporteurs de cette thèse.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de M. Emmanuel CAILLAUD, Professeur à l'INSA de Strasbourg, d'avoir accepté d'être examinateur dans mon jury.

Mes remerciements à M. Amadou Tidiane BA, Ministre de la recherche scientifique, de l'Enseignement Supérieur des Universités et Centres Universitaire Régionaux, Premier recteur de l'université de Ziguinchor, et à M. Oumar SOCK, recteur de l'Université de Ziguinchor, qui m'ont encouragé en permanence et m'ont assuré leur support financier nécessaire pour les déplacements en France. Ils ont accepté de me libérer de quelques charges pédagogiques afin de me concentrer sur mes travaux de thèse.

Je ne peux oublier M. Mbaye SENE, Maître Assistant à l'Université de Dakar, qui a eu confiance dans ma capacité de travail, et m'a encouragé à faire cette thèse en cotutelle et a assuré mon co-encadrement à Dakar.

Je remercie le personnel du LGéCO pour la chaleur et la générosité avec lesquelles ils m'ont accueilli, particulièrement à Joëlle Capuano, Abdellatif Dkhil, Jing Xu, Sun Huchao, Ying Huang, Andri Razakario, Aurélien Poulet, Dominique Renaud...

Il n'y a pas de mots appropriés pour remercier ma petite famille : ma femme et mon fils, Papa Alioune. Je dédie cette thèse à mes deux frères, Papa Issa et Khalifa, et à feus mes parents pour leur exprimer ma reconnaissance pour tous les efforts qu'ils ont faits en vue de me donner une bonne éducation spirituelle.

Papa, qu'est ce que vous n'avez pas fait pour vos enfants. Je rêvais de poser ce document entre vos tendres mains pour vous dire merci. Merci pour tout.

DEDICACES

A feus mon père et ma mère

A toute ma famille et à mes amis.

Aux PATS, enseignants, et étudiants de l'université de Ziguinchor

Au Responsable moral S.M.M. SY et à tous les Moustarchids

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
Dédicaces	ii
Table des matières	iii
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	vii
Annexe	vii
Chapitre 1 : Introduction générale	1
I - Introduction	2
II - Contexte et problématique	2
III - Organisation de la thèse	4
Chapitre 2 : Etat de l'art sur le recyclage des produits manufacturés	7
I - Introduction	8
II - Cycle de vie du produit et éco-conception	8
II.1 - Cycle de vie du produit : écologie Industrielle et analyse du cycle de vie	8
II.1.1 - L'écologie Industrielle	9
II.1.2 - L'Analyse du Cycle de vie	10
II.2 - Eco-conception	14
II.2.1 - Généralités sur l'éco-conception	14
II.2.2 - Conception pour le recyclage	16
II.3 - Stratégies de fin vie du produit	18
III - Recyclage et contraintes de recyclabilité des produits manufacturés	20
III.1 - Le recyclage des produits manufacturés	20
III.1.1 - Définition	21
III.1.2 - La filière recyclage	22
III.1.3 - L'activité et le processus du recyclage	24
III.1.4 - Du produit manufacturé au produit recyclé	26
III.2 - Contraintes de recyclabilité du produit	30
III.2.1 - Perceptions de la recyclabilité des produits	31
III.2.2 - Evaluation de la recyclabilité des produit	34
IV - Conclusion	35
Chapitre 3 : Gestion de l'information pour la valorisation des produits en fin de vie 36	
I - Introduction	37
II - Données-Informations-Connaissances	37
III - Information produit durant son cycle de vie	38

III.1 - Information interne du produit	39
III.1.1 - Information à la conception	39
III.1.2 - Information sur la Fiabilité	40
III.1.3 - Information sur le désassemblage	40
III.1.4 - Information à la Production	41
III.1.5 - Information sur la localisation	42
III.1.6 - Information sur le cycle de vie.....	42
III.2 - Information Externe du produit.....	43
III.2.1 - Information sur la législation	43
III.2.2 - Information sur le Marché	44
III.2.3 - Information sur le processus	44
III.2.4 - Information sur les politiques d'entreprise	44
IV - Stratégies de Valorisation compte tenu des informations sur le produit	45
IV.1 - Les options de valorisation.....	45
IV.2 - Position de l'information pour une meilleure option de valorisation du produit : Théorie de la décision	49
IV.2.1 - Définition	49
IV.2.2 - Lemme 1 : meilleur décision à prendre.....	50
IV.2.3 - Lemme 2 : utilité maximale espérée	50
V - Les Systèmes d'aide à la décision en fin de vie du produit.....	50
V.1 - Systèmes de partage de données en Conception/désassemblage	51
V.2 - Systèmes d'information de suivi du cycle de vie du produit	52
VI - Synthèses et limites	53
Chapitre 4 : Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés	55
I - Introduction	56
II - Modélisation du produit pour le recyclage	56
II.1 - Représentation structurelle du produit	56
II.2 - La Modélisation UML du produit	59
II.3 - Matrice Sémantique.....	62
III - Modélisation Produit-Processus-Organisation orienté recyclage.....	64
III.1 - Modèle dynamique du processus de recyclage	64
III.2 - Modèle Produit-Processus-Organisation (PPO) pour le recyclage	66
III.2.1 - Outil pour la conception collaborative orienté recyclage	66
III.2.2 - Modèle pour le travail collaboratif autour du produit.....	67
III.2.3 - Modèle Produit-Processus-Organisation (PPO) pour le recyclage.....	69
IV - Conclusion.....	73
Chapitre 5 : Plate forme collaborative pour le recycle des produits manufacturés	74

I - Introduction	75
II - Le langage de modélisation unifié UML	75
III - Modèle pour la structure collaborative	77
III.1 - Le processus global et Option sur le produit.....	78
III.2 - Fonctionnement des phases	80
III.2.1 - Option de réparation	80
III.2.2 - Option de recyclage : cas du démontage.....	83
IV - Diagramme et caractéristiques des classes du processus général.....	85
IV.1 - Le diagramme de classe support du système d'information	85
IV.2 - . Caractéristiques des classes du modèle.....	88
IV.2.1 - Classe Produit	88
IV.2.2 - Classe composant.....	89
IV.2.3 - Classe Projet.....	90
V - Architecture de plateforme proposée.....	91
VI - Conclusion	93
Chapitre 6 : Implémentation et exemple d'application dans le secteur automobile... 95	
I. Implémentation.....	96
I.1 - Choix de l'architecture	96
I.2 - Réalisation technique	98
I.3 - Quelques diagrammes de séquence pour l'utilisation du système	100
I.4 - Quelques prototypes	102
II - Exemple d'application dans le secteur de l'automobile	106
II.1 - Problématique de l'industrie automobile	106
II.2 - Cas particulier des batteries.....	108
II.2.1 - Problème	109
II.2.2 - Les différentes étapes du processus de recyclage de la batterie	109
II. Conclusion.....	113
Conclusion générale et perspectives	114
BIBLIOGRAPHIE	117
Annexe	126

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Vues croisées entre le concepteur et le recycleur	3
Figure 1-2 : Modèle de partage de connaissances pour la conception durable, l'éco- conception et le recyclage optimal.....	5
Figure 2-1 : Cycle de vie des matières	10
Figure 2-2 : Représentation générique de la vie du produit.....	11
Figure 2-3: Ingénierie du cycle de vie du produit.....	12
Figure 2-4 : stratégies de fin de vie du produit [Rose, 2000] (Schéma que j'ai traduit en Français).....	20
Figure 2-5 : Les trois types de recyclage.....	22
Figure 2-6 : Différents niveaux de la filière recyclage	24
Figure 2-7 : Processus du recyclage	25
Figure 2-8 : Vue macroscopique du produit décomposé	27
Figure 2-9 : Du produit manufacturé au produit recyclé.....	28
Figure 2-10 : Les perceptions de la recyclabilité de produit pour quelques acteurs concernés et pour plusieurs horizons temporels.	33
Figure 3-1 : Informations sur le produit durant son cycle de vie.....	39
Figure 3-2 : Courbe représentant le comportement des composants du produit mécatronique durant son cycle de vie	43
Figure 3-3 : Option de valorisation du produit arrivé en fin de vie.....	45
Figure 3-4 : Perte d'information sur le produit durant son cycle de vie.....	47
Figure 3-5 : cycle de vie du produit et problème de structuration des données	48
Figure 4-1 : Vue macroscopique du produit décomposé	57
Figure 4-2 : Cycle de vie des matières et du produit [Gaye and al., 2009].....	58
Figure 4-3 : Modélisation UML du Produit: Diagramme de Classe Produit.....	60
Figure 4-4 : Modélisation Structurale des liaisons entre composants.....	61
Figure 4-5 : Activités physiques du processus de recyclage [Gaye and al., 2009]	65
Figure 4-6 : Diagramme de classe du modèle produit du PPO classique [Sandeghi, 2008].	70
Figure 4-7 : Modèle PPO pour le recyclage.....	72
Figure 5-1 : Partage de connaissances autour du modèle 2 l'option 1.....	77
Figure 5-2 : Les étapes de décomposition du produit depuis sa fin de vie.....	78
Figure 5-3 : Option de valorisation du produit	79
Figure 5-4 : Diagramme de cas d'utilisation des acteurs du service Réparation	81
Figure 5-5 : Diagramme d'activité des acteurs du service Réparation	82
Figure 5-6 : Diagramme de cas d'utilisation des acteurs du service Démontage.....	84
Figure 5-7 : Diagramme d'activité des acteurs du service Démontage.....	85
Figure 5-8 : Diagramme de classes_ support du système d'information	87
Figure 5-9 : Plateforme d'intégration des Base de données pour le recyclage	92
Figure 6-1 : Architecture distribuée du Système du recyclage	97
Figure 6-2 : Architecture Informatique du système	99
Figure 6-3 : Instanciation du diagramme d'activité décrivant le processus de recyclage des batteries automobile	110
Figure 6-4 : Point de vue métier : le cas de la batterie automobile	111
Figure 6-5: Instanciation en du diagramme de classes produit.....	112

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Stratégies de fin vie du produit	19
Tableau 2-2 : Phases de valorisation du produit	29
Tableau 4-1 : Matrice Sémantique d'un produit	63
Tableau 4-2 : Echelle de temps de démontage/montage selon liaison.....	63
Tableau 6-1 : Taux de recyclage	107
Tableau 6-2 : Taux de séparabilité des matériaux.....	108

ANNEXE

Annexe 1: Diagramme des classes	127
Annexe 2:Dictionnaire Des Termes	128
Annexe 3:Diagrammes Etat transition de l'application	131
Annexe 4:Requêtes de la Création de la Base de Données	147
Annexe 5:Connexion BD	149
Annexe 6:Code implementation Java.....	151

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

I - Introduction

La politique des déchets est un défi à relever par les industries. L'alternative de la valorisation des produits en fin de vie est une chance à saisir par tous. Ces industriels tirent un avantage concurrentiel notable à réduire les temps de récupération, en quantité maximale, des éléments sur le produit, tout en respectant les normes écologiques. Ce travail de thèse s'est donné pour objectif d'analyser les conditions de valorisation de ces produits arrivés en fin de vie afin de proposer une solution de récupération optimale des éléments du produit en fin de vie (PEFV).

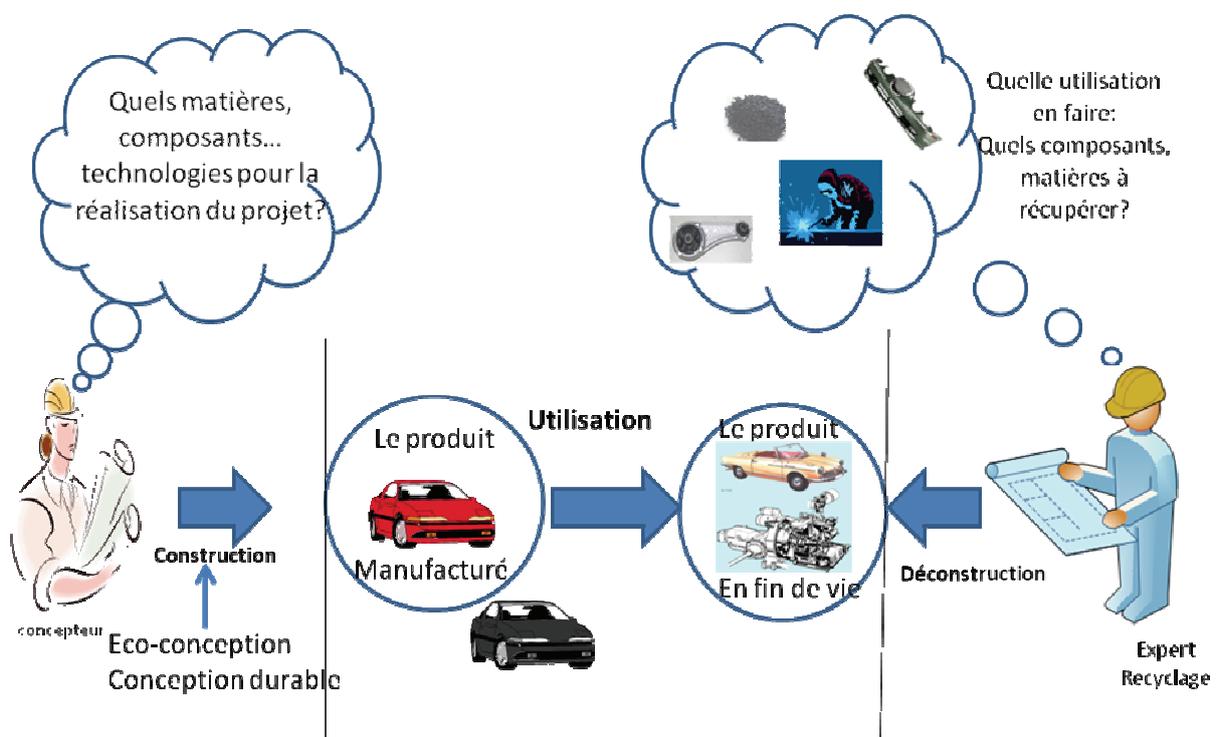
II - Contexte et problématique

La flambée du prix des matières premières, notamment en Europe et aux Etats-Unis, et l'engagement citoyen des consommateurs devenus plus sensibilisés au développement durable expliquent l'intérêt suscité par l'industrie du « recyclage ». Il consiste à produire de la matière première à partir de déchets pour les réintroduire dans le cycle industriel en général. Le recyclage est devenu une nécessité absolue pour la croissance industrielle. L'industrie du recyclage est non seulement économiquement viable mais rentable grâce à des technologies améliorées. Nous ne pourrions plus imprimer un journal, construire une voiture ni emballer un produit dans un carton sans matériaux recyclés. D'autant que le cuivre et le zinc risquent d'être complètement épuisés dans quelques décennies. Et pour tous les objets qui sont produits en grande quantité, aussi complexes soient-ils, il devient impératif pour les fabricants et les filières de matériaux d'assurer la valorisation ainsi que le recyclage dans des conditions acceptables et avec un taux de récupération suffisamment élevé qui peut être imposé par des directives ou des décrets.

Cependant, le recyclage s'avère être une activité complexe avec des processus très longs, et parfois mal connus, à mettre au point [Gaye and al., 2009]. Il fait appel à des technologies issues de domaines d'application différents, tels que les technologies de construction des pièces et matériaux, de même que d'autres experts du monde industriel, des entreprises de gestion de déchets, des spécialistes de l'environnement, des experts en démontage/désassemblage, en broyage, en tri, etc.

Par conséquent, plusieurs acteurs interviennent pour sa bonne marche. Alors que ce secteur naissant est caractérisé par une absence de structuration des données, de l'information et des connaissances d'une part, et par une carence d'outils de gestion et de partage de ces

éléments entre les différents intervenants de la filière d'autre part [Gaye and al., 2010]. Ces acteurs n'utilisent pas forcément le même langage, et n'ont pas la même perception sur le produit (Figure 1.1) [Gaye and al., 2010]. Ils interviennent à des niveaux différents sur le cycle de vie du produit avec un niveau d'information disproportionnel sur ce produit. En opposition de vue, on fait apparaître le concepteur qui détient toutes les informations relatives aux données du produit (avec ses outils SGDT, ERP, PLM...) en face de l'expert en retro-ingéniering détenant toutes les informations relatives à la déconstruction du produit : pour une réutilisation ou son recyclage.



Perceptions différentes des acteurs sur le produit: Cas du concepteur pour la construction et de l'expert recyclage pour la déconstruction

Figure 1-1 : Vues croisées entre le concepteur et le recycleur

En cela s'ajoute une perte, ou une incertitude, concernant les informations sur le produit durant son cycle de vie [PARLIKAD and al., 2003], qui pourront être utile entre autres pour son démontage, sa réutilisation ou celle de ses composants.

Malheureusement, les outils et méthodes jusqu'à présent utilisés n'offrent pas plus d'opportunité pour un recyclage optimal en tenant compte de la nécessité de collaboration

entre les acteurs du processus depuis le concepteur, afin de garantir une valorisation efficace, qui va l'identification du produit à recycler jusqu'à la récupération maximale d'éléments sur ce produit et l'élimination propre des déchets.

C'est dans ce contexte que ce travail de thèse s'est donné comme objectif d'apporter une meilleure compréhension du processus de recycle des produits en fin de vie. Des propositions de modèle visant à mettre en place des méthodes de gestion optimale du recyclage sont proposées comme un résultat de ce travail.

III - Organisation de la thèse

Dans un premier temps, pour mieux comprendre les concepts du recyclage nous nous sommes intéressés à faire l'état de l'art sur le recyclage en général. Dans cette partie, qui constitue le chapitre 2 de la thèse, il était question d'abord de revenir très largement sur l'éco-conception et de l'analyse de cycle de vie du produit, pour mieux cadrer le thème dans le domaine environnemental. Ensuite nous nous sommes amenés à décrire le processus du recyclage en générale et des procédés de recyclages, avant de boucler la partie sur les normes et des contraintes pour la valorisation du produit en fin de vie.

Dans le chapitre 3 de la thèse, il est question de revenir sur la gestion de l'information pour la prise de décision sur les produits en fin de vie.

Ce travail a consisté à décrire en première l'utilité de l'information pour la décision à prendre sur les produits en fin de vie, et en deuxième partie de revenir sur les systèmes d'informations relatives à cette problématique. Cela dans le but d'identifier leurs limites pour enfin proposer un modèle pour le recyclage dès la partie suivante.

En effet, le chapitre 4, constitue le début de notre contribution. Une fois les difficultés identifiées, dans les chapitres 2 et 3 de cette thèse, il se pose clairement une nécessité de collaboration pour le partage d'information entre les différents acteurs dans le processus de valorisation.

Il devient clair selon le schéma ci-dessous, que le partage d'information entre l'expert en conception qui détient de large information sur le produit, et l'expert en rétro-ingéniering, aboutirait en une valorisation optimale du produit en fin de vie (Figure 1.2).

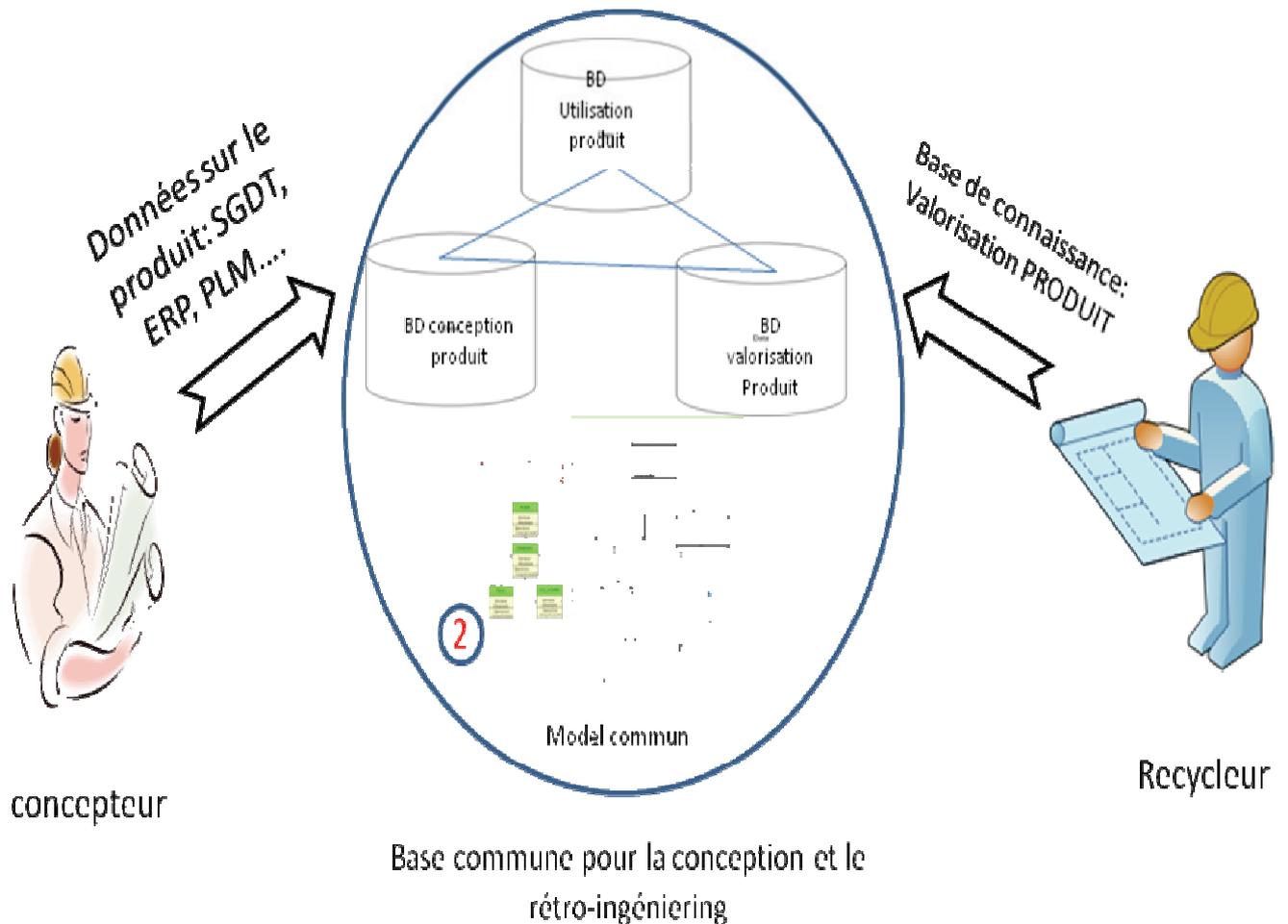


Figure 1-2 : Modèle de partage de connaissances pour la conception durable, l'éco-conception et le recyclage optimal.

Cette architecture sera centrée autour d'un modèle produit décrit dans le chapitre 4 de ce manuscrit. Ce même modèle produit sera intégré dans un autre modèle que nous allons proposer par la suite dans le même chapitre. Dans la nomenclature du produit comportera l'ensemble des informations liées au produit et à ses composants le long de leur cycle de vie. Selon les solutions de recyclage envisagées, des informations complémentaires devront être rajoutées telles que les calculs de durée de vie résiduelle des composants à réutiliser. Ainsi le chapitre 4 portera sur le modèle organisationnel pour le recyclage des produits manufacturés. Il sera le support du chapitre 5, qui reviendra sur le modèle et structure du système d'information proposé. En effet, l'architecture générale du système d'information dédié au processus de recyclage des produits manufacturés est ensuite mise en place à partir du modèle proposé au chapitre 4. Ceci dans le but d'assurer une meilleure coordination de l'ensemble des activités et des informations liées au processus de

recyclage. Une gestion plus efficiente du traitement des produits récupérés sera ainsi assurée par une meilleure utilisation des ressources disponibles. L'architecture du système d'information proposée est un modèle objet basé sur le standard UML et son implémentation est faite en Java/UML avec un cas d'application dans le secteur automobile présenté dans le chapitre 06.

CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART SUR LE RECYCLAGE DES PRODUITS MANUFACTURES

I - Introduction

La notion de recyclage signifie « revenir dans le cycle de vie ». Dans ce contexte, la fabrication et utilisation/valorisation décrivent la même chose : ils représentent une nouvelle utilisation des matériaux ou de produits mis en œuvre dans les procédés de production ou lors de leur utilisation, après l'obtention de matières premières appelées matières premières secondaires.

Dans ce chapitre nous allons revenir en grande partie sur l'état de l'art du recyclage du produit manufacturés. Il sera divisé en trois parties après l'introduction, d'abord pour mieux cadrer le thème dans le domaine environnemental, nous allons parler de l'éco-conception et de l'analyse de cycle de vie du produit, ensuite nous parlerons dans la partie suivante du recyclage en générale et des procédés de recyclages en particulier, et la dernière partie est dédiée à la valorisation du produit en fin de vie, des normes et des contraintes de recyclabilité de ce dernier.

II - Cycle de vie du produit et éco-conception

Le recyclage occupe une place de choix dans la politique des Etats à la fois comme moyen de lutte contre les dommages environnementaux liés à la gestion et à l'élimination des déchets et comme élément de gestion durable des ressources naturelles. Du point de vue de la protection de l'environnement de la planète, la recherche sur le recyclage des produits dans le but d'utiliser les ressources de manière plus efficace tout en continuant les activités manufacturières vigoureuse est devenue plus importante qu'au paravent. D'autant plus l'impact des produits industriels sur l'environnement a conduit aux principes de l'éco-conception. Cette notion reste liée au principe de l'écologie industrielle et du cycle de vie du produit.

II.1 - Cycle de vie du produit : écologie Industrielle et analyse du cycle de vie

Sous l'impulsion des associations de consommateurs puis du législateur, une prise de conscience sur l'état de la planète tend à se généraliser, encadrée par le paradigme du Développement Durable : dorénavant, les industriels doivent pouvoir allier leurs performances classiques de coût, délai et qualité à des impératifs de protection de l'environnement, cadrés par des réglementations de plus en plus strictes. Les normes de la famille ISO 14000 [ISO, 2002] et les écolabels [AFNOR, 1997], [AFNOR, 1998] sont deux

exemples représentatifs du mode d'intégration des considérations environnementales dans les processus industriels.

II.1.1 - L'écologie Industrielle

L'écologie industrielle est une vision systémique de l'environnement occupé par l'homme dont les activités sont gérées de manière à optimiser les ressources, l'énergie, des capitaux et l'utilisation pour le développement durable. L'écologie industrielle examine tous les processus industriels comme un système qui interagit et influence l'écosystème biologique. L'écologie industrielle s'applique aussi bien sur les procédés que sur les produits dans le sens d'aider à l'évaluation et la minimisation de leur impact environnemental.

Donc en résumé, l'écologie industrielle est axée sur la gestion des ressources.

Une meilleure gestion des ressources est nécessaire afin de réduire les impacts environnementaux. Les études biologiques ont montré que l'activité industrielle a augmenté les effets négatifs sur l'écosystème. De nombreux produits chimiques se sont révélés dangereux ou toxiques pour les animaux et les plantes. Le contrôle de ces substances est essentiel pour limiter d'autres dommages à l'environnement naturel.

Pour ce faire, elle favorise la transition du système industriel actuel vers un système viable, durable, inspiré par le fonctionnement quasi cyclique des écosystèmes naturels. En pratique, pour tendre vers cet objectif, l'écologie industrielle s'attache à :

- Valoriser les déchets d'une filière comme ressource pour cette même filière, ou pour une autre filière, de manière à ce qu'il ne reste que des déchets ultimes et en quantité minimale.
- Boucler - tant que possible - les « cycles de matières » (Figure2-1) et minimiser les émissions dissipatives liées aux usages qui dispersent les produits polluants dans l'environnement ;

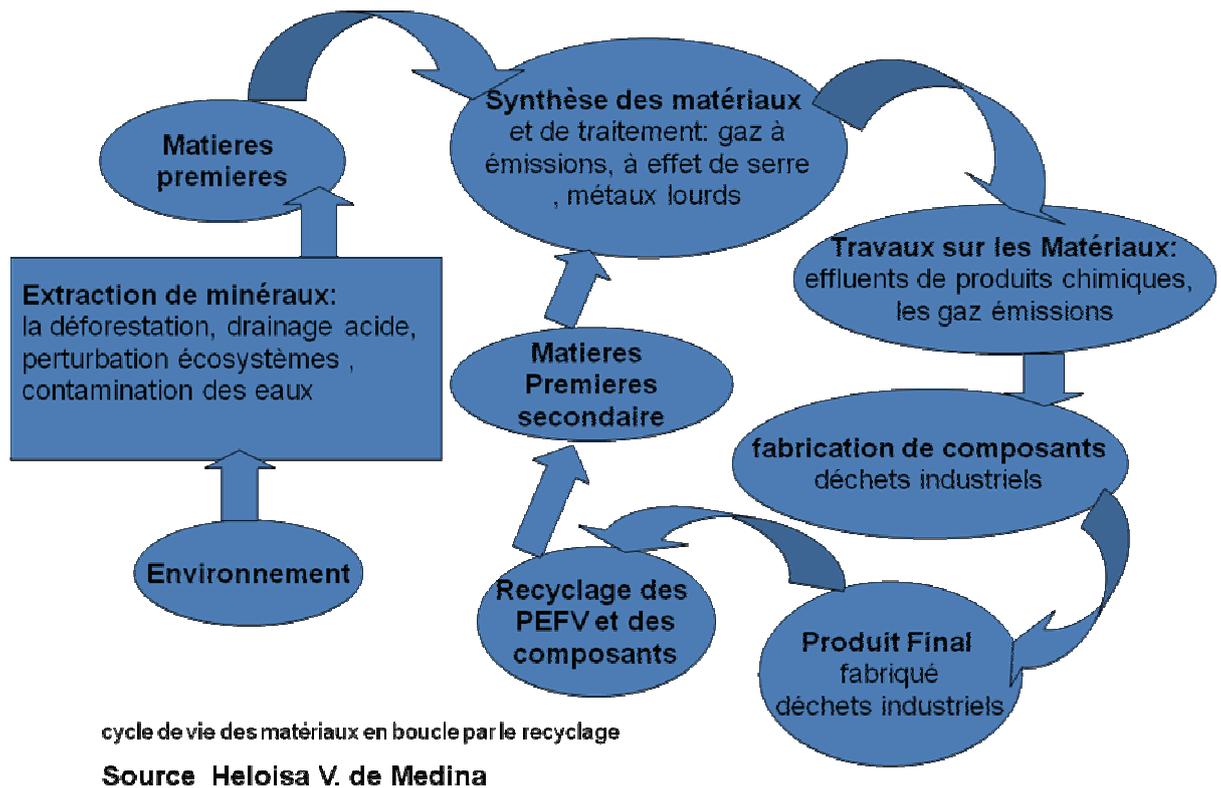


Figure 2-1 : Cycle de vie des matières

- Dématérialiser les produits et les activités économiques ;
- « Dé carboniser» l'énergie.

Par exemple Il ya des produits chimiques qui sont interdits par les traités internationaux. Les métaux les plus fréquemment utilisés dans l'électronique ou de circuit imprimé sont avérés toxiques lorsqu'ils sont émis dans l'air, l'eau ou le sol, pour la végétation ou pour les animaux. Alors que les entreprises jouent un rôle plus proactif en fournissant une liste pour un environnement propre et sûr, beaucoup ont établi de substances réglementées ou de substances qui ne devraient pas être utilisées dans des produits ou des procédés. Ces initiatives ont été bien accueillies par les écologistes, qui continuent à soulever des inquiétudes pour la protection de l'écosystème naturel.

II.1.2 - L'Analyse du Cycle de vie

Pour une amélioration des procédés du recyclage du produit, l'étude de la fin de vie de ce dernier devient primordiale, et celle-ci est englobée dans le cycle de vie du produit. L'analyse du cycle de vie du produit noté ACV consiste à étudier toutes les étapes du cycle de

vie de ce produit, partant de l'extraction des matières premières à sa fin de vie utile. Prenant en compte le fait qu'il soit après éliminé comme déchet, ou recyclé etc. L'analyse du cycle de vie du produit est régie par les normes de la série ISO 14040 [AFNOR, 1997], [AFNOR, 1998]. Elle permet, dans notre contexte de mieux maitriser la recyclabilité du produit, de minimiser les impacts négatifs et d'accentuer les impacts positifs. En scrutant à la loupe tous les entrants et sortants nécessaires à la fabrication d'un produit. Pour ce faire, nous allons d'abord faire une prospection sur l'ingénierie du cycle de vie du produit.

II.1.2.1 - II.1.2.1. Ingénierie du cycle de vie

L'ingénierie du cycle de vie est un processus visant à élaborer des spécifications pour répondre à un ensemble de performances, de coûts, et les exigences environnementales et les objectifs qui couvrent le produit, le système, et le processus durant le cycle de vie du produit.

Ce concept ingénierie de cycle de vie est élaboré dans le but de minimiser le coût et l'impact environnemental dans tout le processus de réalisation du produit, qui part de l'extraction des matières jusqu'à sa fin de vie (Figure 2-2).

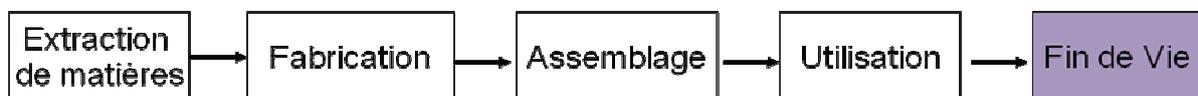


Figure 2-2 : Représentation générique de la vie du produit

La première étape dans le cycle de vie d'un processus est l'extraction de ressources provenant de leurs réservoirs naturels [Graedel, 1995], comme illustré dans les figures (Figure 2-1) et (Figure 2-2).

Cette figure ((Figure 2-2) est la représentation générique de la vie du produit, découlant de l'extraction des matières jusqu'au produit final c'est-à-dire en fin de vie. Les activités extractives en considération sont ceux qui sont utilisés pour produire les ressources consommables utilisés tout au long de la vie.

Les matériaux recyclés sont préférable à ces types de matériaux vierges, parce que :

- ✓ Utiliser les matériaux recyclés évitera la perturbation de l'environnement que l'extraction de matière première vierge peut impliquer,
- ✓ Il y'a plus d'économie d'énergie dans l'utilisation des matériaux recyclés que quand on doit extraire de matériaux vierges,
- ✓ utiliser les matériaux recyclés évitera leur enfouissement ou élimination.

L'ingénierie du cycle de vie, ou la perspective du cycle de vie vise à optimiser l'ensemble de ces étapes de la vie du produit. Cela sera utile au moment de son démontage, et sa démarche est résumée dans la figure ci-dessous (Figure 2-3) :

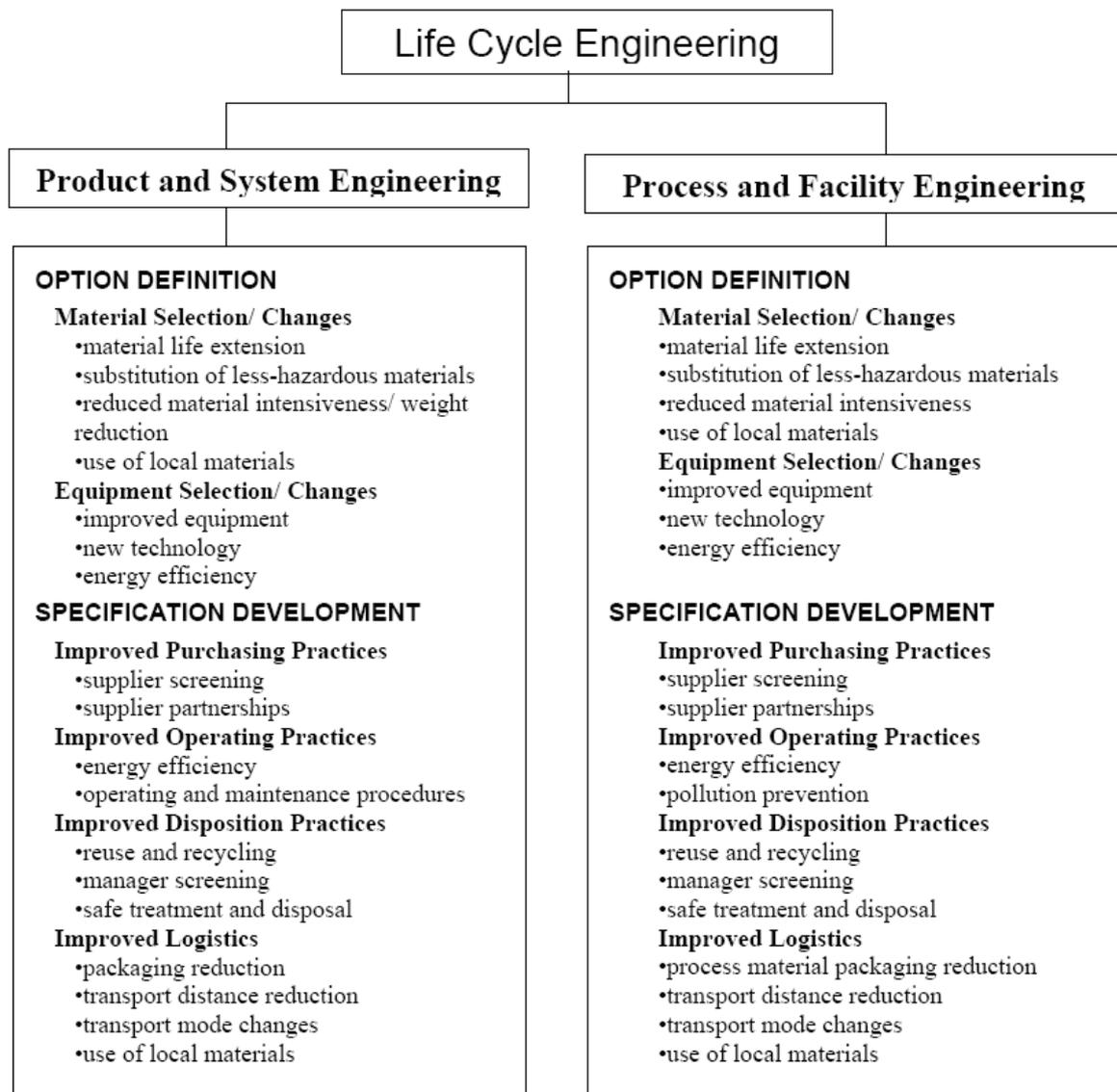


Figure 2-3: Ingénierie du cycle de vie du produit

II.1.2.2 - Analyse du cycle de vie

Un premier élément important ayant conduit à la notion d'éco-conception est la prise de conscience qu'un produit interagit avec l'environnement au cours de toutes les phases de son cycle de vie. Plus connue dans la littérature scientifique sous sa dénomination anglaise, à savoir Life Cycle Analysis (LCA), la technique d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) d'un produit est ainsi née aux USA dans les années 70 à la suite de la crise énergétique sévissant à l'époque. Initialement développée dans le but de répertorier les exigences énergétiques des processus industriels, les points concernant les émissions dans l'atmosphère ainsi que l'utilisation des matières premières ont été rajoutés par la suite.

D'après la norme NF X30 300 [AFNOR, 1997], l'ACV peut être définie comme « une approche méthodologique visant à mesurer l'ensemble des flux de matières et d'énergie, ainsi que l'ensemble des rejets provoqués dans le cycle de vie de produit ». En dépit des variantes pouvant exister dans ses différentes versions, on retiendra que cette technique vise à s'assurer que les effets environnementaux lors des différentes phases du cycle de vie du produit sont identifiés et réduits, et pas simplement transférés d'une phase à l'autre [Reyes et al., 2006]. En pratique, il s'agit de collecter puis d'évaluer (qualitativement et quantitativement) les données nécessaires à l'analyse d'un produit donné, dont son impact environnemental. Une telle analyse prend en compte chacune des phases du cycle de vie du produit. Svoboda propose une définition plus détaillée, et distingue notamment trois phases bien distinctes [Svoboda, 1995] :

- ✓ une phase d'inventaire communément appelée en anglais « Life Cycle Inventory » dédiée à la construction d'une base de données relatives à l'analyse souhaitée, recensant notamment les matières premières, l'énergie, les émissions, les déchets, etc., sur tout le cycle de vie du produit ;
- ✓ une phase d'évaluation de l'impact dans le cycle de vie communément appelée en anglais « Life Cycle Impact Assessment » qui concerne, par exemple, l'évaluation des effets environnementaux du produit, aussi bien sur la santé des individus que des points de vue sociétal, culturel et économique ;
- ✓ une phase d'analyse des améliorations communément appelée en anglais « Life Cycle Improvement Analysis » qui porte par exemple sur une étude des possibilités de

réduction des impacts environnementaux, en se basant sur des critères qualitatifs et quantitatifs.

Du fait de sa couverture complète du cycle de vie des produits, l'ACV met en jeu des connaissances et outils très variés puisque touchant aussi bien à la conception du produit qu'à sa fabrication, son utilisation ou son retrait. Pour améliorer la compatibilité d'un produit avec les critères environnementaux, l'ACV a débouché sur les principes de l'éco-conception, décrits dans la partie suivante.

II.2 - Eco-conception

II.2.1 - Généralités sur l'éco-conception

D'après [Gungor et Gupta, 1999], les connaissances acquises lors d'une démarche d'ACV peuvent être mises à profit pendant la phase de conception d'un produit afin de mieux évaluer l'impact environnemental. Ceci peut notamment s'avérer utile lorsque les impacts générés au-delà de la phase de production n'ont pas été pris en compte [Reyes et al., 2006]. Dans la littérature, les méthodes et techniques visant à analyser l'impact environnemental d'un produit afin d'en minimiser les effets en agissant sur les paramètres de conception sont connues sous la dénomination d'éco-conception, ou encore Design For Environment (DFE), appellation la plus usitée.

Une des définitions les plus utilisées est de Fiksel [Fiksel, 1996]. Il considère l'éco-conception comme la « prise en compte systématique des considérations environnementales, de santé et de sûreté dans l'évaluation des performances de conception d'un produit (ou d'un service) sur tout son cycle de vie ». Au sens de la norme ISO 14062 [AFNOR, 1997], l'éco-conception vise à proposer des démarches et principes généraux de conception permettant de minimiser, à performances égales, l'impact environnemental d'un produit durant tout son cycle de vie.

D'un point de vue applicatif, « l'éco-design Strategy wheel », connu aussi sous le nom « Stratégie de conception du cycle de vie » [Brezet et VanHemel, 1997] constitue un des meilleurs supports permettant notamment d'analyser les performances d'un produit relativement à des critères environnementaux associés à chaque phase de son cycle de vie. Cet outil visuel permet en particulier de comparer un produit à une version « idéale » (du point de vue des critères environnementaux), ce qui permet d'identifier les points faibles devant faire l'objet d'une plus grande attention de la part du concepteur de produit.

L'éco-conception propose une panoplie très complète d'actions, abordant des niveaux de plus en plus globaux :

- Niveau des éléments constitutifs du produit :
 - ✓ sélection de matières à faible impact environnemental,
 - ✓ réduction de la consommation de matières.
- Niveau de la « structure » du produit :
 - ✓ optimisation des techniques de production,
 - ✓ optimisation de la distribution,
 - ✓ réduction de l'impact environnemental durant l'utilisation du produit.
- Niveau du « système-produit » :
 - ✓ optimisation de la durée de vie initiale,
 - ✓ optimisation du retrait.

Les actions à mener à ces différents niveaux peuvent être résumées par les « treize principes de l'éco-conception » énumérés ci-dessous [Behrendt et al., 1997] :

- 1) Coupler respect environnemental et fonctionnalité optimale
- 2) Sauvegarder les ressources
- 3) Utiliser des ressources renouvelables, disponibles en quantité suffisante
- 4) Accroître la durée de vie du produit
- 5) Concevoir en vue de réutiliser le produit
- 6) Concevoir en vue de recycler les matériaux
- 7) Concevoir en vue de désassembler
- 8) Limiter l'emploi de substances dangereuses
- 9) Produire en respectant l'environnement
- 10) Minimiser l'impact environnemental du produit au cours de son utilisation
- 11) Utiliser des emballages respectueux de l'environnement
- 12) Éliminer les matériaux non recyclables en respectant l'environnement
- 13) Développer une logistique respectueuse de l'environnement.

Appliquer une démarche pratique d'éco-conception en entreprise est un projet de grande ampleur, dont les étapes peuvent être les suivantes [Puyou, 1999] :

- ✓ choix du produit,

- ✓ proposition d'objectifs de conception (fonctionnels et économiques),
- ✓ recherche de solutions techniques,
- ✓ industrialisation et production,
- ✓ analyse de la commercialisation et de la communication autour du produit,
- ✓ proposition de services au client lors de l'utilisation et de la fin de vie.

Il est clair que l'éco-conception aborde des problèmes de natures très différentes, au moyen de techniques et outils variés. Des exemples d'application des techniques d'éco-conception peuvent par exemple être trouvés dans [Barnabé et al., 2003].

II.2.2 - Conception pour le recyclage

Un des objectifs fixés dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche d'éco-conception est le recyclage. Notons qu'il débute par la collecte des produits à recycler, souvent appelée logistique inverse.

La conception pour le recyclage concerne une panoplie de méthodes permettant d'améliorer la recyclabilité d'un produit [Hundal, 2000] ,[Ishii, 1998]. Il est guidé par une échelle des valeurs portant sur l'impact environnemental du type de recyclage envisagé.

On distingue ainsi, par impact croissant :

- ✓ la réutilisation du produit dans son ensemble, pour le même usage ou pour un usage différent,
- ✓ la réutilisation de sous-ensembles du produit ou de ses composants,
- ✓ le recyclage des matériaux inclus dans le produit, par :
 - recyclage dans leur utilisation originelle (recyclage primaire),
 - recyclage dans une utilisation dégradée (recyclage secondaire),
 - recyclage de plastiques dans l'industrie pétrochimique (recyclage tertiaire).
- ✓ l'incinération sûre avec récupération d'énergie et mise au rebut des déchets :
 - incinération de matériaux non réutilisables pour la génération d'énergie (recyclage quaternaire) avec purification des gaz produits,
 - incinération de matériaux non réutilisables sans génération d'énergie avec purification des gaz produits,
 - stockage des matériaux sous forme de déchets solides en environnement contrôlé.

Nous nous intéresserons ici aux trois premiers types de recyclage, concernant la réutilisation de tout ou partie du produit. Ce recyclage induit deux types de problèmes distincts mais corrélés, liés à la faisabilité technique et économique du recyclage envisagé. Tel que décrit

dans [Mathieux, 2002], on peut distinguer quatre types de travaux abordant ces deux aspects de la problématique :

- ✓ La Conception pour le Désassemblage (CpD) en vue de l'optimisation de la « démontabilité » d'un produit [Johansson, 1997] : en s'appuyant sur certaines règles de conception (par exemple, celles énoncées dans [Dowie, 1994], les principaux objectifs visés ici sont de faciliter la séparation des matières, l'identification des éléments à séparer, leur accessibilité et leur manipulation lors du démontage, etc.
- ✓ La Conception pour le Désassemblage en vue de la Valorisation (CpDV) visant l'adaptation de la « démontabilité » aux filières disponibles : les principaux objectifs concernent la diminution du nombre de destinations possibles du produit en fin de vie [Ishii et Lee, 1996] [Lee et Ishii, 1998], en déterminant notamment une séquence optimale de désassemblage [Pnuelli et Zussman, 1997] relativement à la stratégie adoptée et en incluant des contraintes liées à la compatibilité entre les matériaux ou aux coûts de recyclabilité.
- ✓ La Conception pour le Non Désassemblage (CpND), un concept classique mais peu formalisé, qui porte sur les alternatives au démontage manuel, à savoir le broyage et le tri. Il vise en particulier des méthodes pour le choix approprié de matériaux compatibles, broyables et recyclables sans démontage [Hundal, 2000], et des matériaux séparables, par exemple les matériaux à très faible densité, facilement séparables.
- ✓ La Conception pour le Système de Valorisation (CpSV), une tendance novatrice qui combine les précédentes en considérant une approche systémique. Il s'agit ici d'optimiser la conception en maximisant la valorisation du produit en fin de vie selon des critères massique et économique.

Un problème majeur dans le cadre de l'évaluation de la faisabilité économique du recyclage est la disponibilité des données concernant les performances économiques des filières à considérer. Il est néanmoins maintenant possible de trouver des données intéressantes portant sur les quantités de matière à isoler par minute de manière à obtenir un recyclage à coût zéro. Ces données peuvent servir de contraintes pour évaluer la qualité de la « démontabilité » des produits.

Étant donné les besoins industriels croissants dans ce domaine, de nombreux logiciels ont vu le jour afin d'apporter une aide à la démarche d'éco-conception.

II.3 - Stratégies de fin vie du produit

La fin de vie du produit n'est qu'un aspect de la vie du produit et qui retient une attention particulière sur le marché.

Les entreprises doivent comprendre comment améliorer leurs produits de manière à ce que l'impact environnemental soit plus faible à la fin de vie, tout en restant économiquement réalisables. La connaissance et la compréhension du produit en fin de vie est essentiel pour progresser vers la réduction de l'impact sur l'environnement et la réduction des matières dangereuses restant dans l'environnement.

La définition de fin de vie utilisée par Catherine Rose [Rose, 200] dans sa thèse est le moment où le produit ne satisfait plus à l'acheteur initial ou l'utilisateur en premier. Il va être réutilisé ou recyclé. D'autres définissent la fin de vie comme étant le moment où le produit ne remplit plus les fonctions destinées due à une défaillance ou usure. D'autres définitions ne tiennent pas compte de manière appropriée de l'évolution des préférences des clients.

Nous allons retenir la première définition parce que par préférences certains utilisateurs changent rapidement de produit. D'autres définitions démarrent à partir du dernier utilisateur.

La stratégie en fin de vie décrit les stratégies d'approche ou méthode associée à traiter le produit en fin de vie. Le traitement en fin de vie comprend les activités liées à récupérer la valeur du produit, par le travail manuel et / ou des machines. La fin de vie du système comprend les activités associées à la planification stratégique et la mise en œuvre allant de la collecte des produits, le traitement de ces produits et les impacts associés à la société et l'environnement.

Le tableau ci-après décrit les stratégies de fin de vie. (Basé sur le travail de Rose [Rose, 2000] j'ai traduit le texte de l'anglais en français)

Tableau 2-1 : Stratégies de fin vie du produit

NOM	DEFINITION
Réutilisation	La réutilisation est le négoce de produits de seconde main pour une utilisation comme initialement prévu.
Service	Entretien les produits est une autre façon de prolonger la vie d'un produit durable ou des pièces détachées par la réparation ou la reconstruction du produit utilisant le service de pièces à l'endroit où le produit est utilisé.
Remanufacture	Remise à neuf est un processus dans lesquels des quantités relativement importantes de produits similaires sont introduites dans une installation centrale et démonté. Des pièces d'un produit spécifique ne sont pas conservés avec le produit mais elles sont collectées par type de partie, nettoyé, inspecté pour la réparation possible et de les réutiliser. Produits remanufacturés sont ensuite rassemblés sur une ligne d'assemblage à l'aide de ces pièces récupérées et de nouvelles pièces si nécessaire.
Recyclage avec démontage	Recyclage récupère les flux de matière d'application utile dans les produits. Démontage en fractions matériau augmente la valeur des matériaux recyclés en éliminant les contaminants matériels, matières dangereuses, ou des composants de grande valeur. Les composants sont séparés pour la plupart par des méthodes de démontage manuel.
Recyclage sans démontage	Le but de broyage est de réduire la taille de la matière afin de faciliter le tri. Le matériau broyé est séparé par des méthodes basées sur des supports magnétiques, la densité ou d'autres propriétés des matériaux.
Élimination	Cette fin de stratégie de la vie est mis en décharge ou incinérer les produits avec ou sans récupération d'énergie

La figure suivante montre des stratégies en fin de vie dans le cadre de la hiérarchie, y compris des stratégies en boucle fermée et ouverte et est basé sur le diagramme de la comète de Ricoh [Tani, 1999]. Boucles fermées sont préférables d'un point de vue environnemental, car ils utilisent des ressources et de valeurs déjà ajoutés aux ressources naturelles, plutôt que de boucle ouverte dont les sites d'enfouissement ou l'incinération de matières. Les boucles plus petites représentent une fin plus efficace de la stratégie de la vie avec moins de retraitement des matériaux pour une nouvelle demande dans les produits.

L'utilisateur est le point focal sur le diagramme. Les produits finis sont utilisés par le consommateur, il existe une variété de stratégies que le produit peut prendre : la réutilisation, le service, la remise à neuf, de recycler à la séparation, ou de recycler sans séparation et l'élimination, soit en décharge ou par incinération (Tableau 2-1).

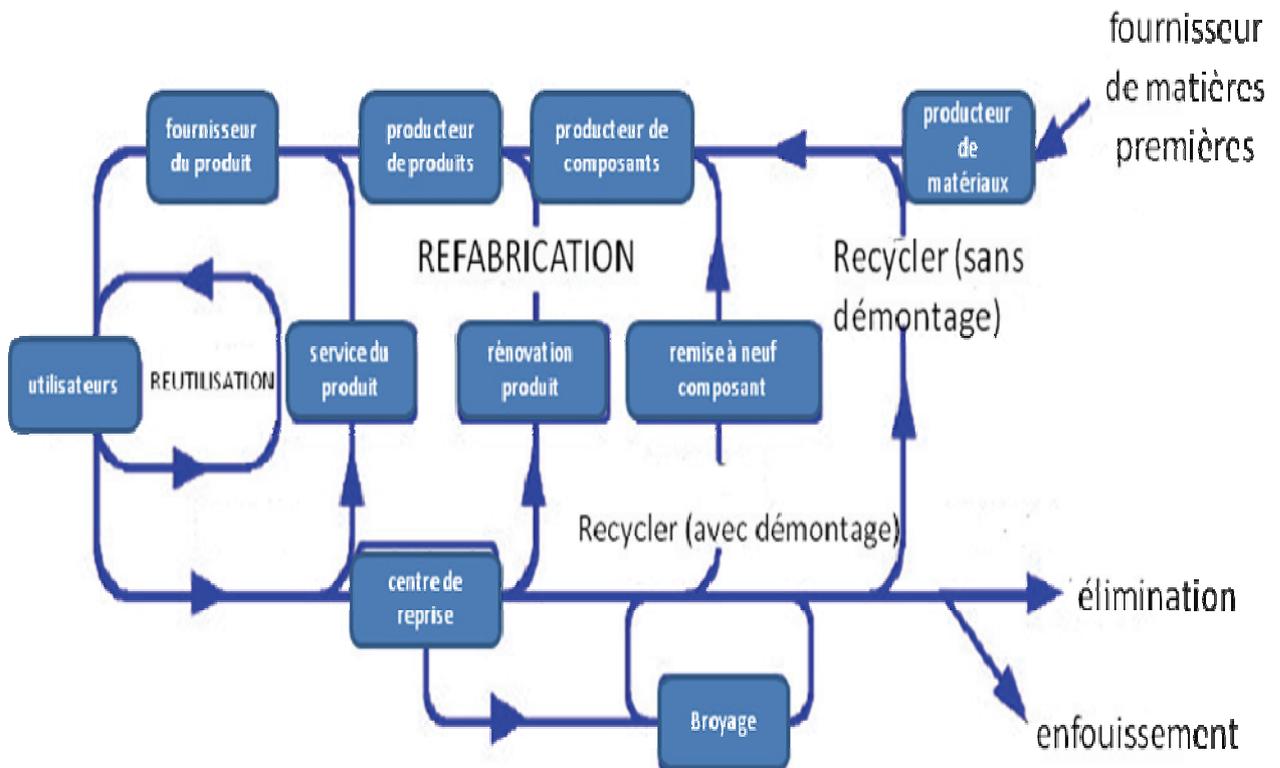


Figure 2-4 : stratégies de fin de vie du produit [Rose, 2000] (Schéma que j'ai traduit en Français)

Le long de la ligne du haut on retrouve les producteurs de matériaux, les fabricants et fournisseurs, assembleurs et fabricants d'équipements originaux. En bout de ligne comprend des installations de collecte et d'entreprises de recyclage. Le groupe intermédiaire fournit un service de transporter les produits de l'infrastructure de recyclage aux constructeurs et comprennent des activités telles que le service, la rénovation des produits et remise à neuf des composants [Tani, 1999].

III - Recyclage et contraintes de recyclabilité des produits manufacturés

III.1 - Le recyclage des produits manufacturés

Dans la partie précédente du chapitre, nous sommes largement revenus sur la gestion de fin de vie du produit. Cela se justifie par le fait que la connaissance et la compréhension du produit en fin de vie est essentiel pour progresser vers la réduction de l'impact environnemental et la réduction des matières dangereuses restant dans la nature. C'est ainsi que certaines en fin de vie des produits telles que décrites par Catherine Rose ont été énumérer : la réutilisation, le service, la remise à neuf, le recyclage avec démontage, le recyclage sans démontage avec élimination de déchet...

Dans cette partie on s'intéressera à toute cette chaîne, c'est-à-dire du produit en fin de vie jusqu'à son traitement final quelconque. Cette chaîne sera définie comme étant toute la filière recyclage

III.1.1 - Définition

La notion de recyclage signifie « revenir dans le cycle de vie ». Fabrication et Réutilisation/valorisation décrivent la même chose : ils représentent une nouvelle utilisation des matériaux ou de produits mis en œuvre dans les procédés de production ou lors de leur utilisation, donc l'obtention de matière premières appelées matières premières secondaires. Parallèlement à la production, à l'utilisation et au traitement d'un produit industriel, on peut différencier trois sortes de recyclages comme l'ont définie par Bliefert et Perraud R. [Bliefert et Perraud R., 2001]:

- le recyclage des déchets de production, consistant en la « réutilisation de déchets de production, après ou sans un procédé de traitement, dans un nouveau procédé de production ».
- le recyclage du produit, c'est-à-dire le recyclage pendant l'utilisation du produit consistant en la « réutilisation de produit lors de leur utilisation initiale après ou sans traitement, dans un nouveau stade d'exploitation, le produit dans le même état ».
- le recyclage du produit altérés, c'est-à-dire recyclage après utilisation consistant en la réutilisation de produits utilisés donc altérés après ou sans traitement, dans un nouveau procédé de production.

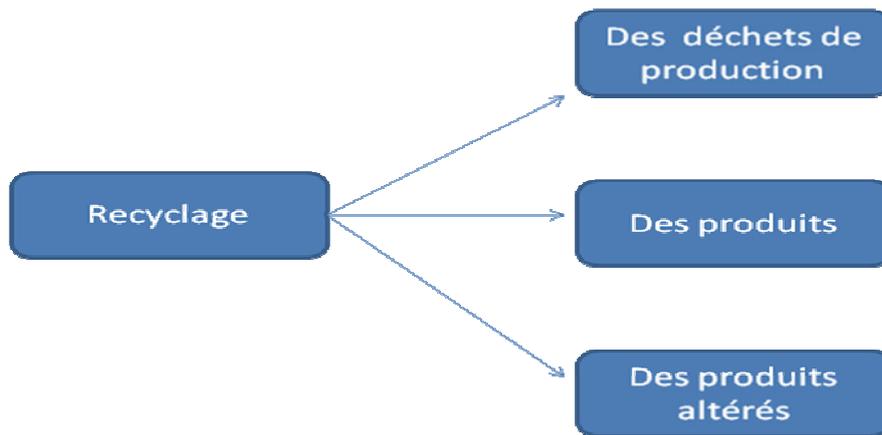


Figure 2-5 : Les trois types de recyclage

Dans notre étude, nous nous intéressons aux deux derniers types de recyclage, s'agissant à prolonger la fin de vie des matériaux, en les réutilisant comme matière première secondaire dans de nouveaux cycles de production lorsque le produit dans lequel ils sont incorporés arrive en fin de vie. Comme l'a été définie par Catherine Rose [Rose, 2003].

C'est un ensemble d'opération allant du traitement du produit, de son démontage jusqu'au recyclage proprement dit.

La réintroduction des matériaux ou composants, dans un nouveau cycle, nous amène à faire la distinction entre recyclage primaire, secondaire et tertiaire :

➤ **Recyclage primaire :**

C'est le recyclage des matériaux dans leur utilisation originelle, c'est-à-dire leur réintroduction dans le cycle d'exploitation.

➤ **Recyclage secondaire :**

C'est le recyclage des matériaux dans une utilisation dégradée. C'est-à-dire, lorsque, après son utilisation, le produit est divisé en ses éléments ou en d'autres constituants de base, qui sont ensuite réutilisés.

➤ **Recyclage tertiaire :**

Et on parle de recyclage tertiaire surtout pour le recyclage de plastiques dans l'industrie pétrochimique.

III.1.2 - La filière recyclage

La filière recyclage fait appel à de multiples connaissances partagées, de la R&D jusqu'aux connaissances pour la réintroduction des matériaux recyclés dans le cycle de production. Il

s'agit de l'ensemble des opérations allant du traitement des matériaux jusqu'à leur recyclage proprement dit. L'activité respecte un cahier des charges précis qui prend en compte l'ensemble des étapes de transformations du produit depuis sa fin de vie. Ce cahier des charges définissant la liste des pièces et le type de matériaux acceptables pour la filière [Aggeri et Hatchuel, 97]. C'est un processus long et complexe (voir figure 1) pour atteindre l'objectif principal de production de nouvelles matières premières « secondaire ».

Cette filière reste complexe du point de vue organisationnel car elle regroupe plusieurs acteurs qui interviennent à des niveaux différents. En effet, le recyclage regroupe des domaines liés au traitement de fin de vie d'un produit. Ainsi les acteurs du recyclage ne regroupent pas uniquement les recycleurs de matières mais aussi les collecteurs, les démolisseurs, les broyeurs et toutes autres professions de la chaîne de traitement des déchets, l'écologie, sans oublier les spécialistes des calculs de taux de résiduel pour les matériaux à réintroduire dans le circuit ou ceux qui se chargent de leur commercialisation.

Tous travaillent sur le même produit, de manière parfois asynchrone et géographiquement dispersée, chacun avec sa propre connaissance sur ce produit dans le même processus du recyclage : le démolisseur qui assure la dépollution (retrait des liquides, gaz, etc.), le spécialiste de calcul de taux de résiduel pour la réintroduction de ces matériaux dans le marché, le broyeur qui traite la carcasse sortant du démolisseur en vue d'en récupérer la matière, ensuite interviennent le recycleur, le chargé de la valorisation énergétique et enfin le chargé des décharges.

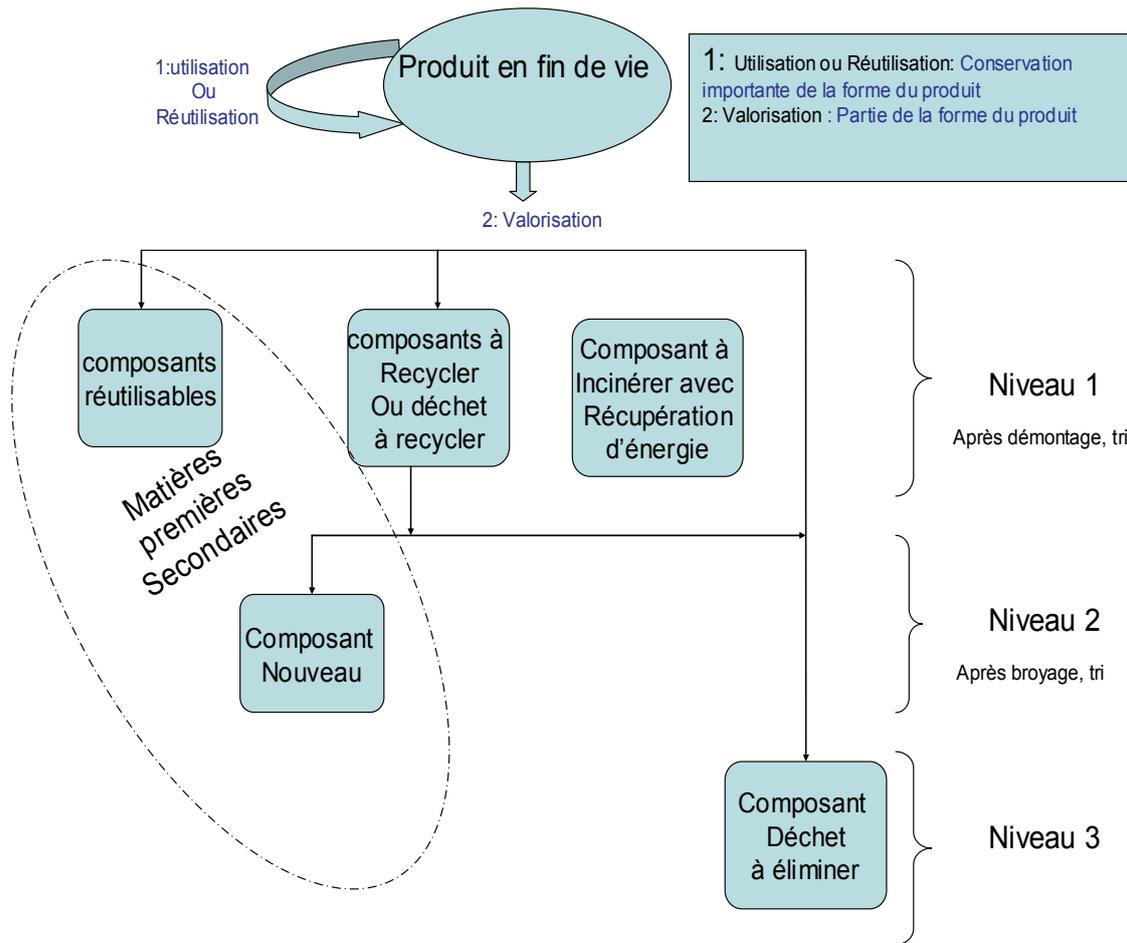


Figure 2-6 : Différents niveaux de la filière recyclage

III.1.3 - L'activité et le processus du recyclage

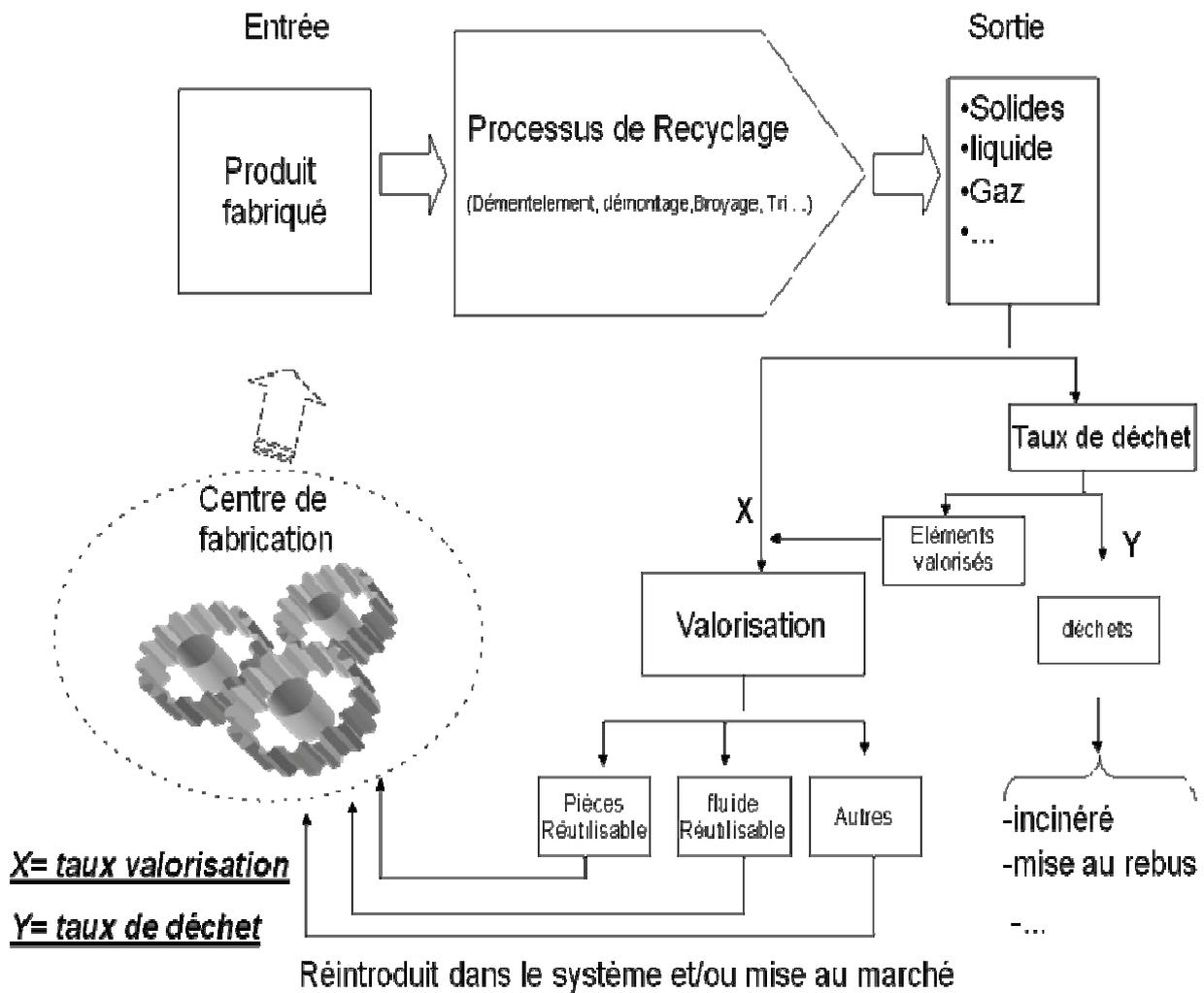


Figure 2-7 : Processus du recyclage

Ce schéma de l'activité du recyclage est plus ou moins le même, tout du moins à la base, partout où l'activité se fait. Le produit en fin de vie subit un prétraitement, c'est-à-dire la séparation par tri des matériaux et des fluides recyclables et met de côté tout ce qui n'est pas directement recyclable, le reste subit d'autre traitement toujours dans le processus du recyclage, soit ils sont broyés soit incinérés, mais l'objectif, comme c'est illustré dans le schéma c'est d'augmenter la valeur « X » qui correspond au taux de valorisation, tout en essayant de réduire à zéro la valeur de y qui correspond au taux de déchet.

La mise en place de cette activité au grand complet relève de la compétence de plusieurs acteurs. Ainsi elle fait appel à plusieurs savoirs partagés : des connaissances liées au produit, connaissances liées au processus de démontage, de désassemblage, de tri..., ainsi que des connaissances pour la gestion des déchets, la commercialisation des produits recyclés, etc.

En effet, il faut une bonne maîtrise du produit manufacturé à recycler, qui est de nature complexe, tant au niveau de sa composition qu'au niveau des techniques utilisées pour sa fabrication. Ceci permettrait de simplifier le désassemblage, de réduire le temps nécessaire à l'identification des matières qui le composent, de minimiser et d'isoler les parties non recyclables, afin d'augmenter les produits récupérables, d'où une augmentation du chiffre d'affaires, c'est-à-dire maximiser « X » et minimiser « Y ». Cela a trait à la prise en compte du recyclage dès la conception du produit : d'où la notion d'éco-conception. Il faut choisir des matériaux en fonction des prix, des exigences techniques et de la recyclabilité même. Mais il faut aussi faire attention à la pollution dans le cycle même de la production, au montage /désassemblage des pièces (automatiquement, manuellement, marquage des pièces...) et à ce que l'on peut en faire [Medina et Sedilleau, 2001], tout en tenant compte des normes environnementales. Le choix des matériaux pour la fabrication d'un produit, en vue du recyclage est plus complexe, étant donné que, même si les normes en vue du recyclage et des spécifications du cahier des charges pour l'industrialisation de ce produit sont bien claires, les matériaux évoluent en continu, et prévoir cette évolution est une tâche encore plus difficile que celle de faire le bilan entre des critères techniques, économiques et sociétaux. Il faut donc être flexible et innovateur pour mélanger les objectifs d'une activité industrielle et ceux de l'environnement qui évoluent en continue ; ainsi le recyclage n'est pas au lendemain de la fabrication du produit.

Les enjeux entre tous ces critères et les acteurs concernés rendent le scénario où le choix se déroule très instable. Il faut donc veiller en permanence aux tendances techniques et sociales [Medina et Sedilleau, 2001].

III.1.4 - Du produit manufacturé au produit recyclé

En faisant la synthèse entre plusieurs définitions trouvées dans la littérature, un produit est un objet, bien ou service, résultant d'une activité dans l'objectif de remplir un besoin final de l'homme, son utilisateur.

Le produit manufacturé est considéré comme le sommet de la structure arborescente d'une décomposition, contrairement à un « produit » recyclé comme l'illustre la figure ci-dessous.

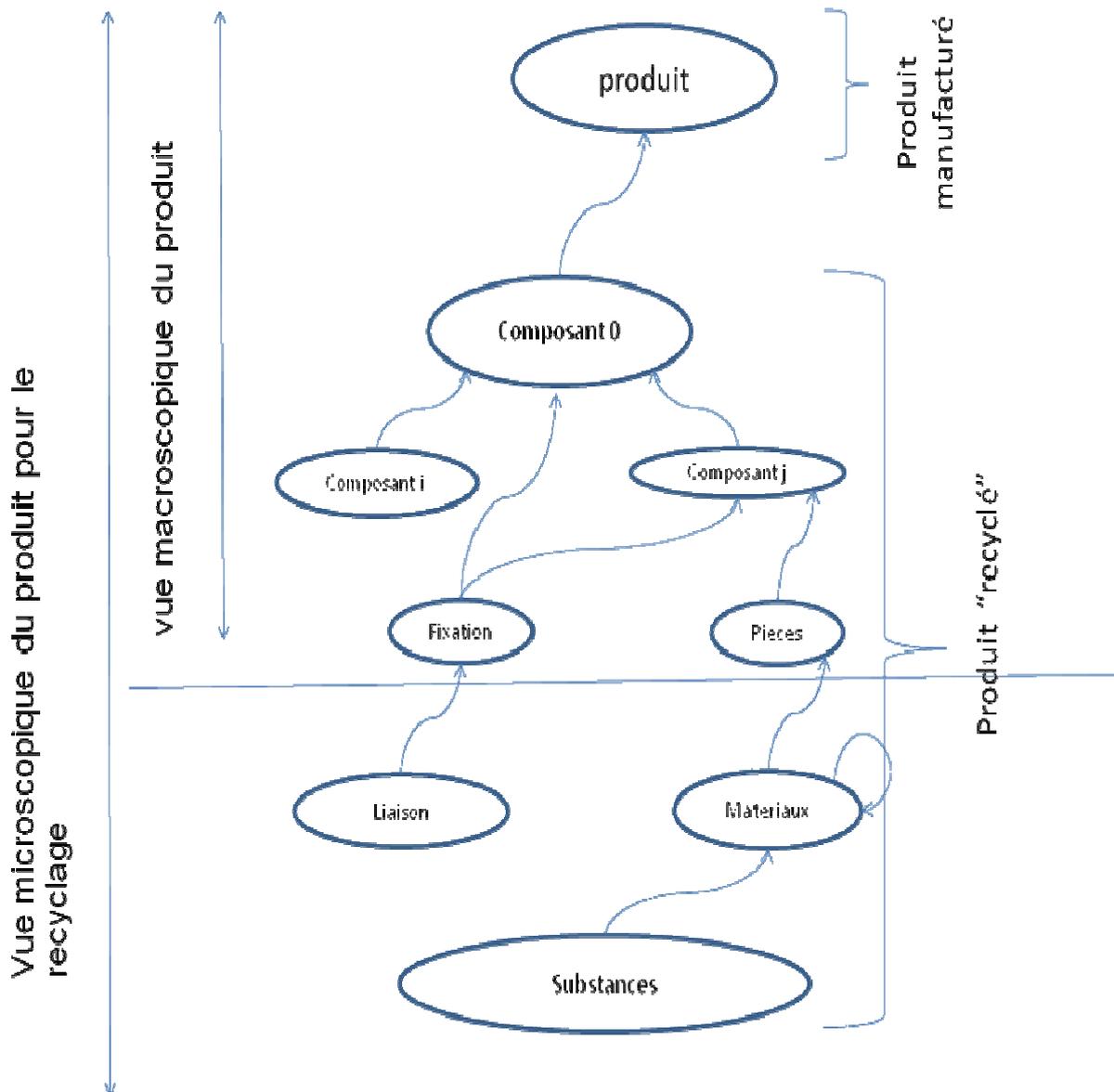


Figure 2-8 : Vue macroscopique du produit décomposé

En effet ce « produit » généré après tout le processus du recyclage est l'état en décomposition final du produit classique. Il est donc une étape dans la durée de vie de ce produit.

Le produit du recyclage est défini ici comme le résultat de tout le processus du recyclage. En effet, le produit, c'est ce qui est (ou sera) fourni à un utilisateur pour répondre à son besoin, selon les spécifications du cahier des charges. Ici, le besoin c'est de produire des matières premières secondaires.

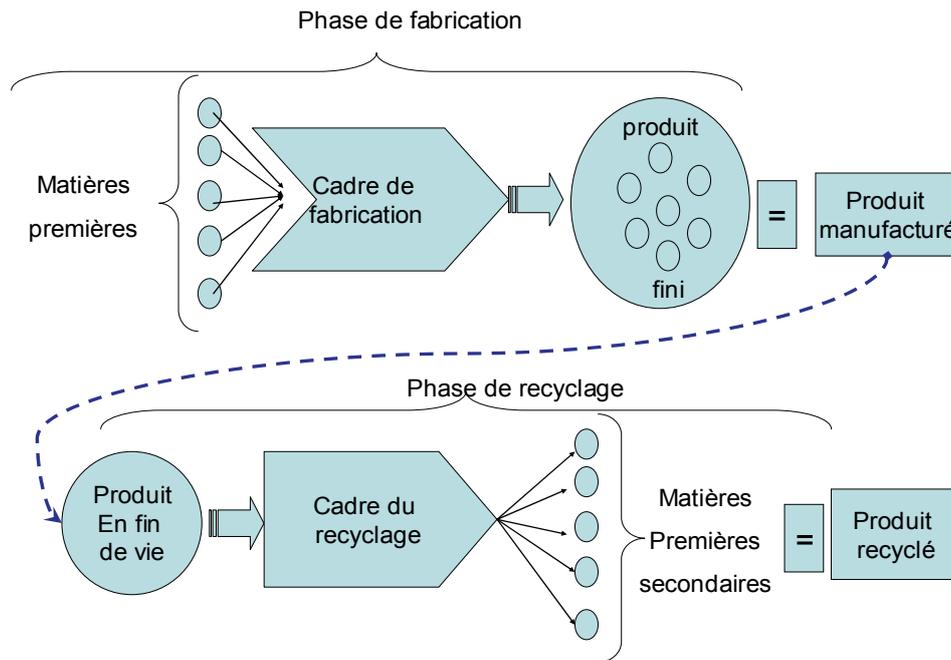


Figure 2-9 : Du produit manufacturé au produit recyclé

Ce produit généré à partir du processus du recyclage reste complexe et difficilement maîtrisable en termes de quantité utile et sa structure est hétérogène, composée par des éléments qui ne sont pas de mêmes propriétés physiques, illustré dans la vue macroscopique du produit.

Dans chaque étape de son cycle de traitement la structure, et/ou le comportement et/ou les fonctions du produit ou des composants varient. Ce sont les aspects qui sont les plus considérer dans notre étude afin de mieux cerner les différentes perceptions qui existent autour du produit par les acteurs.

En effet, dans son cycle de vie, le produit est perçu de manière différente par les acteurs. Par exemple le concepteur et le recycleur n'ont pas forcément la même vue sur le même produit.

Tableau 2-2 : Phases de valorisation du produit

	Etape de traitement	Description de l'étape
Phase A dans le recyclage	Spécification & Conception	1) Projeter au préalable des attendus pour le futur produit 2) Mettre en œuvre des modèles permettant de prédire les performances du produit
Phase B dans le recyclage	Fabrication	Préparation des matériaux ou outils, assemblage, déploiement
Phase C dans le recyclage	Distribution & utilisation	Distribution et utilisation du produit, tant qu'il satisfait à sa fonction principale.
Phase D dans le recyclage	collecte	Repérer et récupérer le produit en fin de vie
Phase E dans le recyclage	Démontage	1) extraire les éléments dits « polluants » qui, selon la législation, doivent être extraits et traités sélectivement 2) préparer les sous-ensembles aux étapes de valorisation en aval
	Broyage	1) libérer des pièces, sous-ensembles et matériaux 2) réduire la taille des éléments
	Tri	1) augmenter la concentration d'un mélange en un matériau /élément cible 2) éliminer d'un mélange un matériau / élément indésirable
Phase F dans le recyclage	Recyclage	produire des matières premières secondaires conformes aux exigences des clients
Phase G dans le recyclage	Valorisation énergétique	1) produire de l'énergie secondaire 2) réduire la taille et la masse des déchets résiduels
	Revente de matériau /énergie secondaire	garantir l'acceptation du matériau / de l'énergie secondaire par le marché au meilleur prix
	Elimination de déchets par mise en décharge	éliminer les déchets résiduels de façon sûre

La structure du produit varie selon les différentes étapes de son cycle de vie. Si l'on se confère à la figure 3, en A nous avons une page blanche, le produit n'existe pas encore. Nous sommes à la phase des spécifications des besoins et des études de faisabilité du produit. C'est à la fin de cette étape que l'on pourra définir les outils et composants nécessaires pour fabriquer ce produit en phase B. A la fin de cette phase B on aura un objet

utile, prêt à servir, selon les fonctions qui ont été définies depuis sa conception, le produit. Puis il arrive en fin de vie, ou il sera mis au rebus, puisqu'il perd toute sa fonction, du moins principale. Ainsi dans la phase E, ce produit est introduit dans un nouveau cycle pour d'autres fins, surtout pour la production de nouvelles matières premières « secondaires ».

A la conception du produit, ou d'un processus, on définit les fonctions de services et techniques. Pour déterminer les fonctions à remplir, il faut d'abord se préoccuper des besoins à satisfaire. Raison pour laquelle il est préférable d'exprimer les actions uniquement en termes de finalité, plutôt que de faire référence aux moyens utilisés pour les accomplir. Les moyens à mettre en œuvre, les constituants du produit ou processus et leurs fonctions respectives peuvent être très divers pour un même résultat. Toutes les fonctions définies peuvent parfois être divisées en plusieurs sous fonction.

Lors de la phase de fabrication nous avons une décomposition fonctionnelle caractérisant les différents éléments utilisés pour la mise en œuvre du produit, par exemple pour la construction d'un véhicule, les fonctions : carrosserie, motorisation, éclairage/électricité, etc.

Dans les phases de démontage et de broyage, il est plus questions des aspects structurels. En effet, la notion de fonction n'est pas prise en compte ici. Il est utile dans cette phase de mettre à la disposition des acteurs des outils accessible pour le démontage et la séparation des matériaux composants le produit. Pour cela il est utile de connaître les liens et les espaces de manipulation du produit.

Une autre décomposition fonctionnelle peut avoir lieu dans la partie « tri ». En effet après démontage, les éléments sont triés selon leurs fonctions premières définies au moment de la conception. Il s'agit des composants qui ont gardé leur structure d'origine, et peuvent être réutilisés dans un autre cycle en jouant la même fonction, le même rôle qu'auparavant (exemple d'une biellette récupérée). Les autres seront classés par type de matière : composant ferreux, composant non ferreux, liquide, déchet, etc. Ce sont essentiellement ces mêmes fonctions qui seront appliquées pour recyclage d'un composant en plus de son comportement par rapport à son intégration dans un autre cycle : le taux résiduel, sa seconde durée de vie, etc.

III.2 - Contraintes de recyclabilité du produit

L'un d'un terme capital dans le monde du recyclage est la « recyclabilité » des matériaux, du produit en particulier. Par définition c'est l'aptitude d'un produit à être valorisé en fin de vie. Nous reviendrons largement sur la valorisation des produits dans la partie 3 de ce chapitre.

III.2.1 - Perceptions de la recyclabilité des produits

Les perceptions de la recyclabilité des produits sont présentées dans ce paragraphe pour quelques uns des acteurs concernés et pour plusieurs horizons temporels :

✓ Le dernier utilisateur d'un produit considère qu'un produit est valorisable si un système de collecte est à sa disposition et si sa valorisation n'induit pas de coûts supplémentaires. Puisque ce dernier utilisateur a été aussi acquéreur du produit, il est vraisemblable que sa perception de la recyclabilité du produit pourrait à l'avenir être liée à des aspects « marketing » du produit, tels que par exemple le respect de critères définis par les écolabels, ou encore la garantie d'une reprise gratuite du produit en fin de vie.

✓ Un recycleur considère un produit valorisable s'il peut être valorisé selon un mode de traitement adapté et bien dimensionné et s'il jouit d'une collecte séparée. Un produit apparaît d'autant plus recyclable que le recycleur peut en extraire un maximum de matières de valeur, donc un maximum de bénéfices économiques, et que la masse de matières destinée à l'élimination à la sortie de son entreprise est minimisée. Par ailleurs, un produit lui apparaît recyclable si sa valorisation ne pose pas de problèmes d'hygiène et de sécurité pour les employés.

✓ Pour un producteur de produits, les produits fabriqués sont avant tout valorisables s'ils respectent les taux de valorisation massiques imposés par la DEPEEFV ; ils sont d'autant plus valorisables que leur valorisation est économiquement intéressante. Pour un producteur, la recyclabilité de produit pourrait également à l'avenir devenir un aspect concurrentiel consistant à satisfaire les attentes du client. Enfin, en vertu du principe de responsabilité, le producteur est concerné par l'impact environnemental des cycles de vie de ses produits : il veille ainsi à ce que la valorisation du produit en fin de vie limite l'impact global du cycle de vie du produit, tel que précisé dans l'annexe 2 du projet de directive européenne concernant l'éco-conception des équipements, appelé dans la suite du document DEEuE

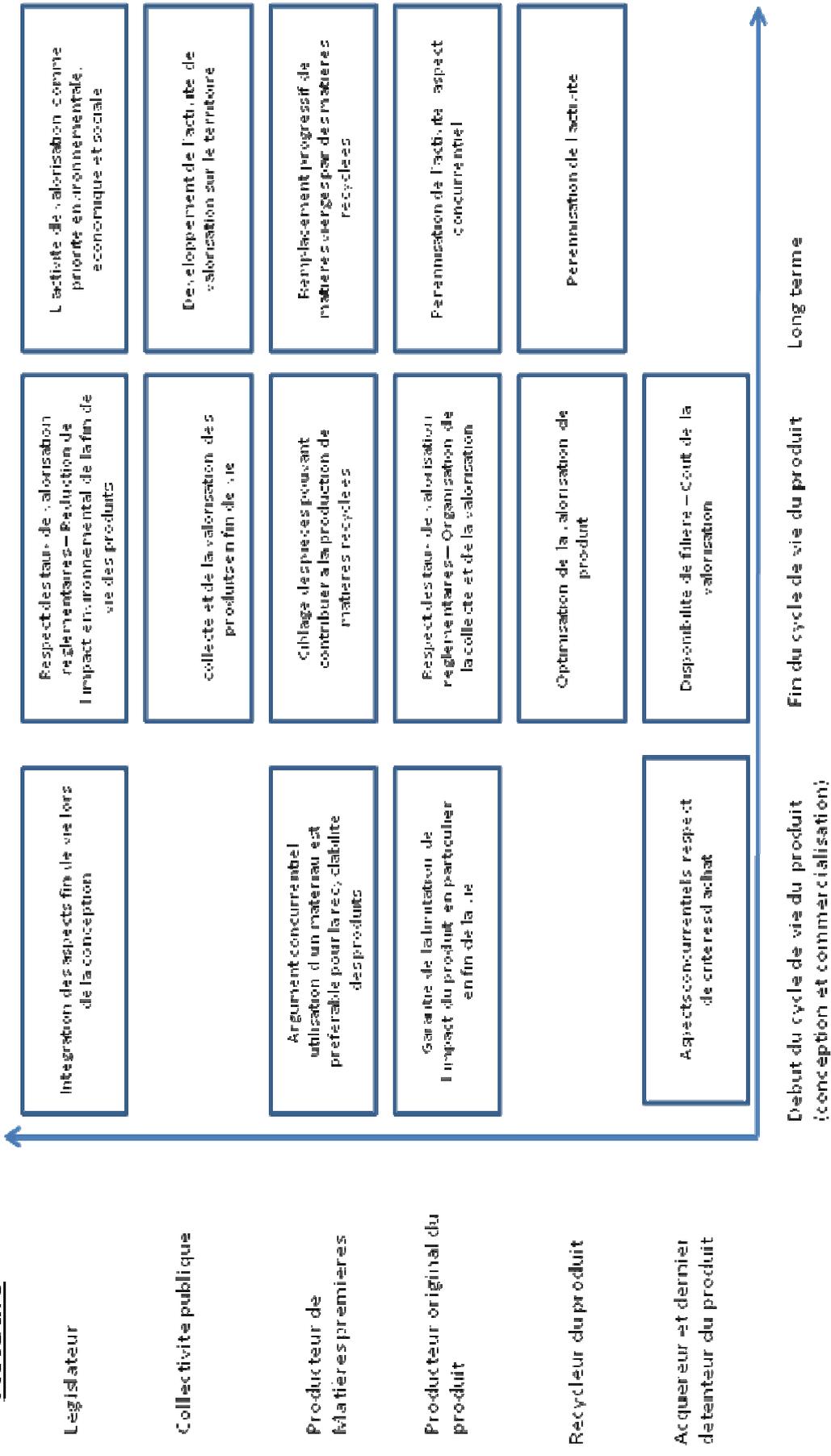
✓ Pour un producteur de matières premières, la recyclabilité représente l'aptitude d'un produit à fournir des matières premières secondaires de bonne qualité et à un coût inférieur à celui des matériaux vierges. La quantité de matières recyclées contenues dans le produit peut aussi être importante pour lui, dans la mesure où elle contribue à renforcer le marché des matières recyclées.

✓ Pour une collectivité publique, la recyclabilité de produits est liée à la mise en place d'un système de collecte de produits en fin de vie adapté au gisement, et à l'acheminement de ces produits chez des recycleurs. Ces systèmes doivent atteindre des taux massiques de valorisation suffisants au moindre coût pour la collectivité. Une collectivité publique peut également être favorable à l'installation d'une unité de valorisation de produit sur son territoire afin de favoriser les créations d'emplois.

✓ Pour la société, en particulier pour le législateur qui la représente, des produits sont considérés suffisamment valorisables s'ils respectent les taux proposés dans les textes réglementaires. Plus généralement, la valorisation des produits en fin de vie constitue pour le législateur européen une priorité environnementale faisant partie d'une stratégie d'utilisation durable des ressources et de réduction des émissions polluantes (UE 2001a; UE 2001b). La valorisation des produits en fin de vie représente aussi une priorité économique et sociale, puisqu'elle devrait conduire à l'émergence et à la structuration d'une activité industrielle dynamique et créatrice d'emplois (UE 2000c).

Sur la Figure suivante, nous tentons de synthétiser les perceptions multiples de la recyclabilité de produit pour les acteurs concernés et les différents horizons temporels envisagés.

Acteurs



Echelle temporelle

Figure 2-10 : Les perceptions de la recyclabilité de produit pour quelques acteurs concernés et pour plusieurs horizons temporels.

III.2.2 - Evaluation de la recyclabilité des produit

Evaluation de la recyclabilité d'un produit se fait dans la généralité sur la base de trois critères : [Matieux, 2002] et [Takao, 99]

- ✓ **Le critère massique du produit ou composant,**
- ✓ **Le critère économique,**
- ✓ **Le critère environnemental.**

La signification et le contenu de chacun des critères retenus pour l'évaluation de la recyclabilité de produit sont définis comme suit [Matieux, 2002] :

➤ **Le critère massique**

Le critère massique correspond à l'évaluation quantitative du taux de valorisation massique atteint lors du traitement du produit en fin de vie. Ce taux de valorisation est notamment envisagé dans les projets de directives européennes tels que la DEPEEFV ou la DEVHU; y sont distingués taux de réutilisation, taux de recyclage matière et taux de valorisation énergétique, mais le mode de calcul des taux n'est pas arrêté.

➤ **Le critère économique**

Le critère économique correspond à une évaluation quantitative du coût (ou éventuellement du bénéfice) de la valorisation du produit en fin de vie, tel qu'il est supporté (ou éventuellement endossé) par le dernier détenteur du produit. Ce coût (ou bénéfice) intègre les coûts de collecte, de transport, et de traitement des produits, et les bénéfices liés à la revente des composants, matériaux/énergies secondaires qui en sont extraits.

➤ **Le critère environnemental**

Le critère environnemental correspond à une évaluation quantitative de l'impact environnemental de la valorisation du produit en fin de vie. Sont ainsi intégrés : les impacts environnementaux de la logistique et des procédés de valorisation et d'élimination mis en œuvre ; les bénéfices environnementaux de l'économie des ressources induite par la valorisation du produit. L'impact environnemental peut alors être :

- Soit bénéfique : J. Mc Laren établit par exemple que la valorisation de téléphones portables peut globalement induire une économie de ressources [MC LAREN 1999],

- Soit défavorable : M. Hundal rappelle que la production de matières recyclées par le recyclage d'une pièce peut utiliser plus d'énergie et causer plus de pollution que la production de matières vierges [HUNDAL, 2000].

En évaluation environnementale, l'impact est traditionnellement évalué selon plusieurs critères, correspondant à différentes classes d'impacts environnementaux.

Le critère de performance environnementale, aujourd'hui souvent considéré comme secondaire au sein d'une équipe de conception, pourrait à l'avenir s'avérer prioritaire pour un producteur : dans l'optique de la mise en place de la DEEE, les bénéfices environnementaux de la valorisation pourraient en effet permettre d'équilibrer les impacts environnementaux d'autres phases du cycle de vie.

IV - Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait l'état de l'art du recyclage du produit manufacturés. Il a été question de revenir largement au début sur quelques aspects liés directement au recyclage tels que l'environnement, l'éco-conception, le cycle de vie du produit. Ceci dans le but de montrer la place qu'occupe le recyclage pour les traitements des produits en fin de vie. En effet, le recyclage occupe une place de choix dans la politique des Etats à la fois comme moyen de lutte contre les dommages environnementaux liés à la gestion et à l'élimination des déchets et comme élément de gestion durable des ressources naturelles. Cependant il a été constaté que cette activité complexe, non toujours maîtrisée. En effet, c'est une activité qui regroupe plusieurs acteurs autour d'un même produit sur lequel ils n'ont pas forcément le même objectif ou la même perception sur ce produit. Ainsi pour un recyclage optimal, nous optons à mettre en place un cadre organisationnel pour le partage d'informations entre les différents acteurs du recyclage. Pour ce faire nous introduisons d'abord dans le chapitre suivant, de la gestion de l'information pour le traitement des produits en fin de vie.

**CHAPITRE 3 : GESTION DE L'INFORMATION POUR LA
VALORISATION DES PRODUITS EN FIN DE VIE**

I - Introduction

Dans ce chapitre nous revenons sur l'utilité de la gestion de l'information pour le traitement du produit en fin de vie. En effet, le produit arrivé en fin subit un certain nombre d'opérations, sur les quelles on reviendra largement dans le chapitre. Ce pendant il a été constaté que l'un des obstacles fondamentaux pour le traitement de ce produit reste le manque d'information que détiennent sur ce dernier par ces différents utilisateurs. Ainsi dans ce chapitre nous allons d'abord, en première partie, faire l'état des lieux sur les informations accompagnant le produit durant son cycle. Ceci dans le contexte que la maîtrise de ces informations faciliterait la décision optimale à prendre sur ce produit en fin de vie. Et dans ce cadre nous donnerons une approche de prise de décision sur le produit suite aux informations obtenues sur ce dernier. Avant de conclure sur ce chapitre, nous reviendrons sur les systèmes d'informations existants pour l'aide à la décision après la fin de vie du produit.

II - Données-Informations-Connaissances

Il s'avère utile d'essayer de définir ces quelques concepts essentiels avant leur utilisation. Cette tâche se révèle très compliquée puisque les définitions sont très variées et logiquement, influencées par différents courants de pensée :

Une **donnée**, est un élément discret, un résultat comme des nombres, des symboles, des figures, des schémas, sans contexte ni interprétation.

L'**information** est produite par l'application d'un modèle d'interprétation sur un ensemble de données. Elle facilite la compréhension d'un sujet quelconque dans un contexte précis et elle est la base pour acquérir la connaissance.

Définir la **connaissance** se trouve être un exercice difficile, d'autant plus, il n'y a pas de consensus pour offrir une définition. C'est pourquoi il a été utile d'abord de définir les mots tels que données et information avant d'arriver sur ce mot connaissance.

Donc cet aspect connaissance est une notion abstraite dont la détermination peut impliquer certains points complexes tels que les données, les informations, le contexte etc. Mais nous, nous allons empruntés deux définitions retrouvé dans la thèse de CORTES ROBLEES [Cortes R. G., 2006] ou

- Davenport et Prusak , définissent la connaissance comme un flux où s'incorporent différentes expériences, valeurs, intuitions de la part d'un expert,

informations et points de vue dans un contexte donné afin de produire un cadre pour évaluer et incorporer de nouvelles expériences et de l'information. Finalement, la connaissance se génère dans la pensée et l'esprit des gens qui donnent de la signification à ce flux. Cette connaissance peut être transférée vers une organisation, à l'aide du dialogue, de discussions, de l'imitation, de documents, de routines organisationnelles, de processus mis en place dans l'organisation, de meilleures pratiques, de normes, de codes, etc.

- Tounkara explique qu'elle est « l'ensemble de savoirs et savoir-faire mobilisés par les acteurs dans le cadre de leurs activités ».

Cette dernière définition implique que la connaissance n'est véritablement connaissance que si elle est prise dans l'action et elle n'a de sens que pour ceux qui la produisent et pour ceux qui l'utilisent.

Vu l'utilisation que nous allons faire de l'aspect « information » dans la précédente de ce paragraphe, on tenait à revenir, et caler une définition de ce concept. En effet, dans la partie suivante, avant de parler de système d'information, nous allons revenir sur les notions et utilité des différentes informations liées au produit.

III - Information produit durant son cycle de vie

Les informations requise pour la prise de décision sur le produit en fin de vie peuvent être classés en deux catégories: (a) une information interne du produit, et (b) information externe du produit.

La composition de chacune de ces catégories d'informations est illustrée à la figure ci-dessous (Figure 3.1).

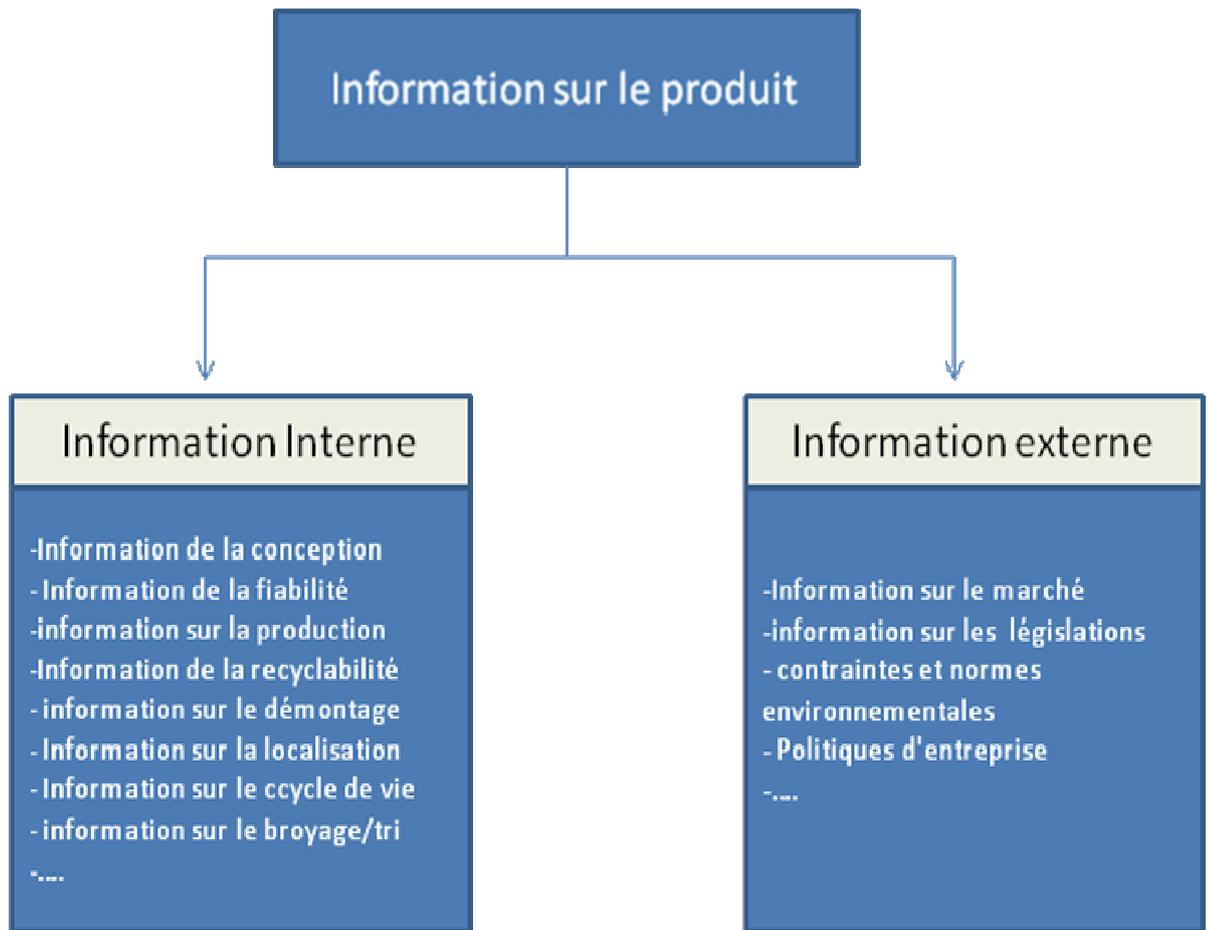


Figure 3-1 : Informations sur le produit durant son cycle de vie

III.1 - Information interne du produit

L'information interne comprend l'ensemble des informations requises pour maintenir l'identité d'un produit durant tout son cycle de vie. Les différentes composantes qui fournissent cette information vont maintenant être expliquées avec son impact sur la fin de décisions de vie.

III.1.1 - Information à la conception

A ce niveau on note principalement des informations concernant la structure physique du produit, à savoir des informations sur la localisation, la taille, la forme et le poids des composants et des modules dans le produit. Ces informations sont généralement obtenues à partir de dessins CAO développé lors de la conception du produit. Cette information est cruciale au cours du démontage, d'identification, localisation et récupération des composants réutilisables.

La masse et le volume du produit ont des conséquences pour la collecte, la manutention et le stockage. Ceci détermine souvent la viabilité économique des différentes méthodes de récupération.

Les informations concernant la composition des matériaux des composants est essentielle pour déterminer leur valeur de récupération. La diffusion de cette information permettra aux recycleurs afin de prendre des décisions éclairées sur la meilleure option pour récupérer le produit. Armé avec cette information, par exemple, une entreprise de recyclage serait en mesure de déterminer que la valeur de récupération d'une composante particulière l'emporte sur le coût d'élimination. Les informations concernant la composition des matériaux entraînera également dans l'identification des matériaux potentiellement dangereux utilisés et de déterminer leur méthode d'élimination appropriée.

III.1.2 - Information sur la Fiabilité

L'information sur la fiabilité a trait aux paramètres décrivant la durée de vie des composants. Longueur du cycle de vie ou la vie du produit est un facteur critique qui influe sur la prise de décision en fin de vie.

La disponibilité de l'information sur la fiabilité des composants aidera à déterminer leur réutilisation et la valeur résiduelle avec une précision meilleure. Ces informations pourraient être fournies en termes de paramètres de fiabilité couramment utilisés, comme entre le temps moyen entre les pannes ou le temps moyen pour réparer, etc.

III.1.3 - Information sur le désassemblage

Le démontage, étant le précurseur de toute opération de valorisation des produits, a été identifié dans la littérature comme l'activité la plus importante dans la gestion de fin de vie du produit. Presque toutes les options de récupération impliquent un certain degré de démontage. Pour différentes raisons telles que les joints irréversibles, de la dégradation en cours d'utilisation, les modifications de la structure induits par la maintenance ou de mise à niveau, etc., le processus de démontage n'est souvent pas le contraire exact de processus d'assemblage. Par conséquent, en plus des informations sur la conception et sur la fiabilité du produit, des informations sur le démontage, éventuellement sous forme d'instructions devraient être disponibles à la fin de vie du produit.

Beaucoup de produits sont conçus pour être démontés. Dans ces cas, les instructions de démontage sont souvent fournies.

Le degré de démontage reste aussi une information importante à prendre en compte pour la prise de décision en fin de vie. En effet, le degré de démontage dépend du coût de démontage, du coût de l'élimination et de la valeur des éléments démontés. Dini et al. [Dini et al., 2001] montrent que les autres facteurs demeurant constants, comme une augmentation des coûts d'élimination, l'accroissement du niveau de démontage doit être effectuée pour la récupération de produits rentables. Cela nécessite la génération d'une séquence optimale pour le démontage du produit, qui se termine lorsque la valeur maximum a été récupérée par le produit. Puisque cela dépend de divers facteurs tels que l'état des composants, leur durée de vie résiduelle et la valeur à la fin de vie, il est nécessaire de générer la séquence de démontage de manière dynamique pendant le processus de démontage lui-même.

La disponibilité des instructions de démontage, associé à d'autres renseignements connexes tels que la conception, la fiabilité, la production et du cycle de vie des informations (décrite ci-dessous) permettra l'automatisation du processus de démontage du produit, augmentant ainsi l'efficacité des coûts et conduira à une réduction possible des composants éliminés.

III.1.4 - Information à la Production

Pendant la production, le produit aurait subi divers processus tels que le forgeage, peinture, etc. qui pourraient changer les propriétés fondamentales des matériaux utilisés ou qui nécessitent des exigences particulières pour le démontage. Par exemple, une partie recouverte d'un produit chimique dangereux peut avoir besoin de subir un traitement spécial avant de pouvoir être traitée pour le démontage. C'est pourquoi il est important que le récupérateur puisse avoir un certain degré d'information sur l'ensemble des processus et des matériaux qui ont été utilisés dans la fabrication des produits.

Ainsi, les informations de conceptions associées au produit doivent être mises à jour avec les modifications pertinentes faites au cours de sa production. Cela aidera à réduire l'incertitude associée à la structure et la composition du produit à sa fin de vie et réduira par conséquent les changements imprévus au cours du démontage.

III.1.5 - Information sur la localisation

L'information sur la localisation donne l'emplacement précis et la quantité des produits disponibles à mesure qu'ils progressent dans la chaîne d'approvisionnement au long de son cycle de vie. Les détaillants et les utilisateurs sont les principaux fournisseurs de ce type d'information.

La quantité de produit à différents stades du cycle de vie couplée à des informations sur la durée de vie prévue du produit (information sur la fiabilité) permet de prédire le moment où il atteindra sa fin de vie et de contribuer ainsi à la planification des ressources de récupération.

III.1.6 - Information sur le cycle de vie

Cela comprend des informations relatives à l'utilisation du produit pendant toute sa vie. Les informations sur le cycle de vie sont généralement recueillies sur tous les stades du cycle de vie du produit de la distribution à la fin de sa vie. Cette thèse vise surtout à optimiser cette deuxième partie, c'est-à-dire, la partie correspondante à la fin de vie du produit.

Klausner et Grimm [Klausner et Grimm, 1998] établissent que l'information sur les propriétés du produit et l'histoire de l'utilisation du produit sont essentiels pour des niveaux plus élevés de récupération du produit. Cela est dû au fait que les conditions d'exploitation et d'entretien ont une incidence énorme sur la composition structurelle du produit et la qualité des composants à sa fin de vie. La qualité, dans le cadre de la récupération du produit est définie comme la fonctionnalité, la fiabilité et la durée de vie résiduelle du produit. En raison de strictes exigences de qualité pour la réutilisation et la rénovation, la réutilisation des composants et des pièces dépend de leur qualité au moment où le produit est retourné. C'est seulement avec cela, leur durée de vie résiduelle peut être calculée.

Une autre question est celle de remplacement de composants durant la phase d'utilisation. Une composante récemment remplacé aura une vie plus résiduelle que ceux qui faisaient partie à l'origine du produit. Par conséquent, l'entretien et l'histoire de remplacement conduira à une plus grande chance de pièces et modules de réutilisation et de réduire le coût des chances perdues en raison de la disposition des parties potentiellement réutilisables et des modules.

Cette question de remplacement reste plus ponctuelle, dans certains types de produit, comme les produits mécatronique. En effet, comme le montre la figure ci-dessous, ces différents n'arrivent pas en fin de vie ensemble.

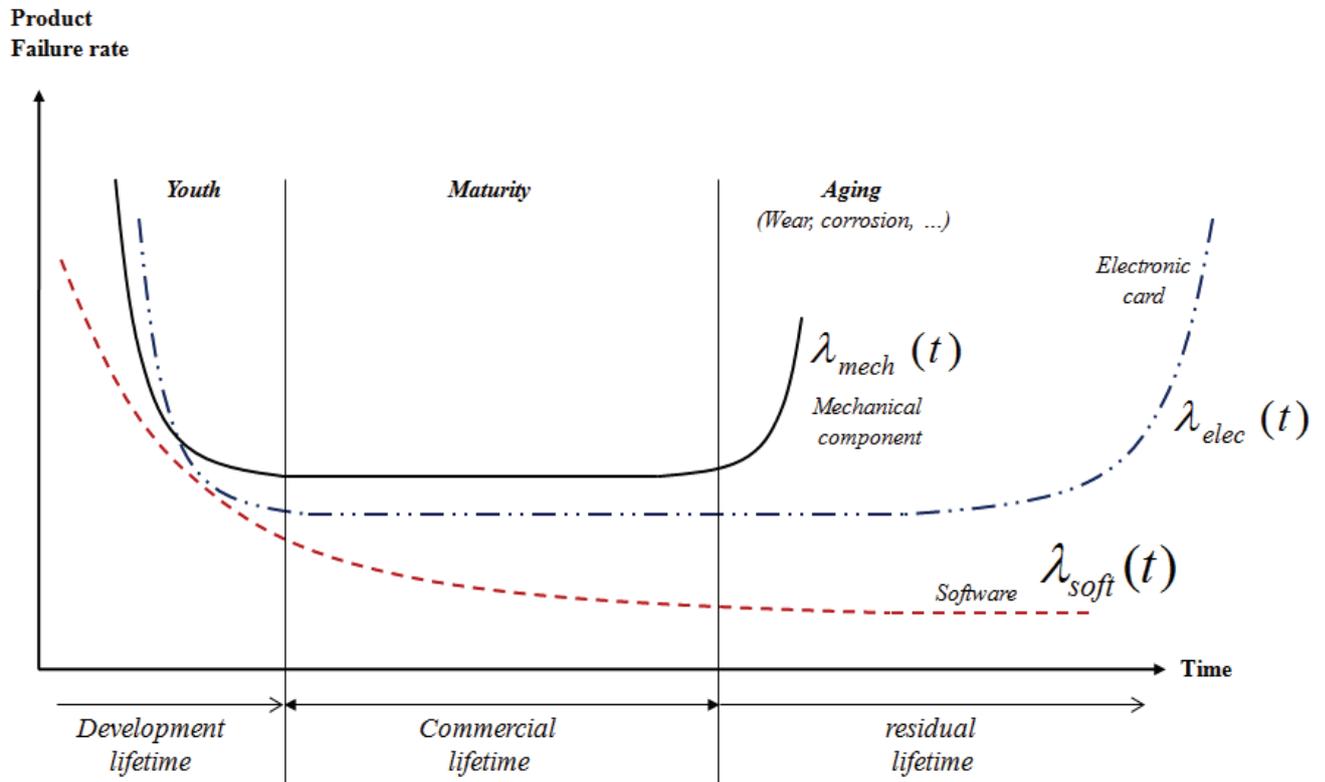


Figure 3-2 : Courbe représentant le comportement des composants du produit mécatronique durant son cycle de vie

Dans la section suivante, nous décrivons les différentes informations nommées « externe » nécessaires pour la prise de décision sur le produit en fin de vie.

III.2 - Information Externe du produit

Les informations externe comprennent les types d'information qui ne sont pas directement associée au produit, mais ceux qui imposent des contraintes sur les options de récupération disponibles. Les différentes composantes qui constituent cette catégorie d'information sont détaillées ci-dessous avec leur impact sur la décision en fin de vie du produit.

III.2.1 - Information sur la législation

Les différents pays et les gouvernements imposent des conditions juridiques différentes pour la gestion des déchets et le recyclage. Directives concernant l'environnement précisant

la proportion maximale du produit qui peut être mis en décharge. En outre, ces directives précisent certaines lignes directrices pour l'élimination des matières dangereuses qu'on trouve couramment dans de nombreux produits (par exemple, des piles, du matériel médical, etc.)

Comme ces règles et réglementations évoluent en permanence, des décisions efficaces en fin de vie dépendront de la capacité du système d'information pour suivre les exigences les plus récentes juridiquement. La disponibilité de cette information conduit à la récupération du produit des processus qui sont conformes aux lois du gouvernement et, partant, de minimiser l'impact négatif sur l'environnement.

III.2.2 - Information sur le Marché

L'information du marché a l'intention de fournir des connaissances concernant la demande et le prix des composants remis à neuf ou recyclés. Celle-ci détermine la viabilité économique des opérations de récupération du produit. Ces informations sont essentielles pour déterminer le niveau optimal de démontage et de la stratégie de fin de vie des produits.

Par exemple, en ce qui concerne la demande du marché des connaissances et des prix pour un composant particulier aidera l'entreprise de recyclage de décider si elle est économe de démonter à la fin de vie des produits et de récupérer ce composant particulier pour les réutiliser ou de le recycler pour la récupération de matériaux.

III.2.3 - Information sur le processus

Cette partie donne l'information relative au processus de récupération en soi, par exemple, la disponibilité des ressources, horaires, etc. Cette information permet de faire la correspondance des ressources disponibles avec le recycleur aux exigences de la transformation du produit.

III.2.4 - Information sur les politiques d'entreprise

Les obligations légales et la responsabilité environnementale peuvent inciter les fabricants et autres acteurs de la chaîne d'approvisionnement (y compris les utilisateurs et recycleurs) d'imposer des politiques de recyclage et de récupération de produits. Ces politiques peuvent changer entre le moment de la création de produits et de production et le moment où le

produit atteint sa fin de vie. En fournissant des informations actualisées concernant les politiques d'entreprise fera en sorte que les produits sont récupérés selon les normes et politiques de toutes les parties impliquées.

Toutes ces informations regroupées permettraient de prendre la meilleure option pour la valorisation du produit arrivé en de vie.

IV - Stratégies de Valorisation compte tenu des informations sur le produit

IV.1 - Les options de valorisation

La gestion de fin de vie des produits renvoie souvent à cinq approches, comme l'a illustre la figure ci-dessous (Figure 3-3). En effet, il existe cinq opérations de récupération du produit ou de ces composants en fin de vie :

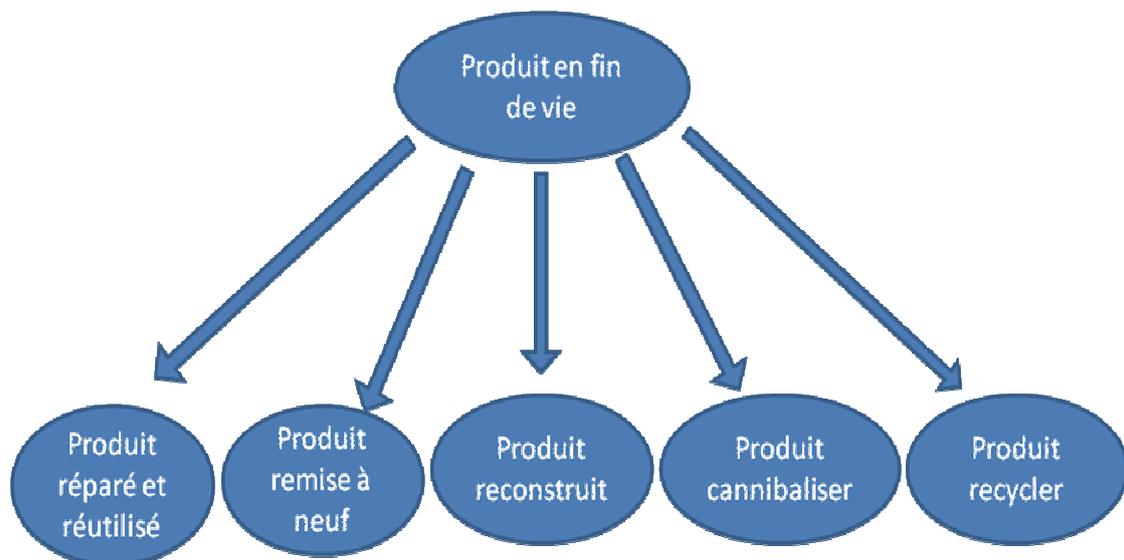


Figure 3-3 : Option de valorisation du produit arrivé en fin de vie

- **Réparation et la réutilisation**, dont le but est de retourner les produits utilisés sur le marché. La qualité des produits réparés ne pouvant être inférieure à celle des nouveaux produits.
- **Remise à neuf**, par exemple l'inspection et le remplacement de modules cassés. Remise à neuf pourrait également impliquer la technologie mise à niveau par le remplacement des modules ou des composants dépassés technologiquement avec

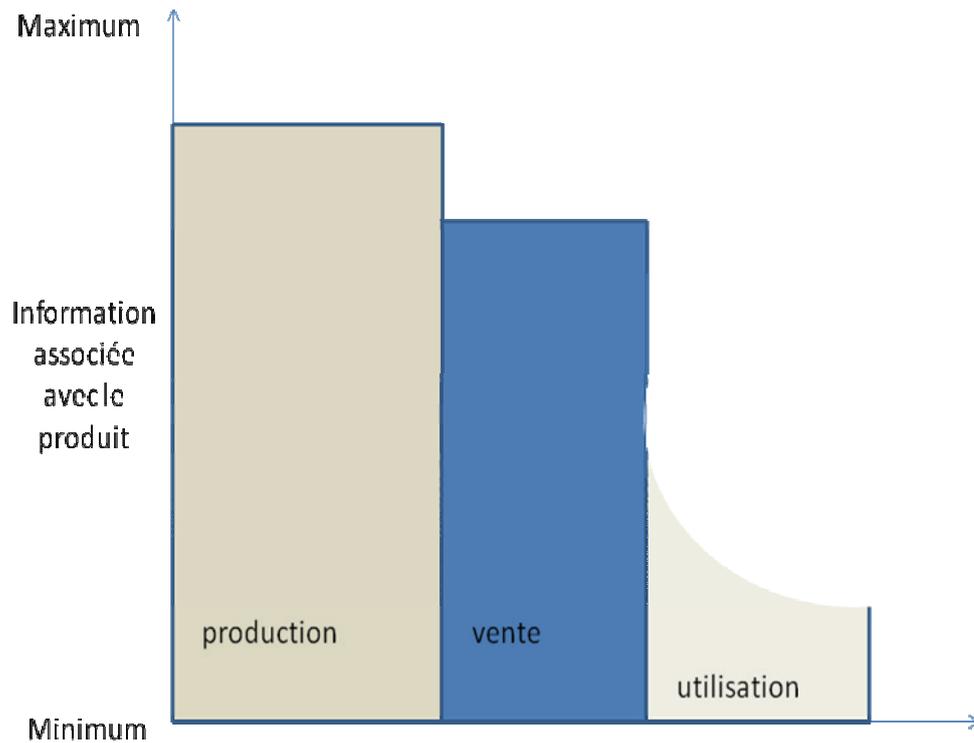
les nouveautés, par exemple le cas des produits mécatronique, comme illustré en haut du texte.

- **Reconstruction**, dont le but est d'amener les produits utilisés au niveau des normes de qualité que celles des nouveaux produits en remplaçant les pièces défectueuses.
- **Cannibalisation**, dont le but est de récupérer un nombre relativement restreint de pièces à partir de modules réutilisables et des produits utilisés, à utiliser dans l'une des trois opérations mentionnées ci-dessus.
- **Recyclage**, dont le but est de réutiliser les matériaux provenant de produits usagés et des pièces par divers procédés de séparation et de les réutiliser dans la production des produits originaux ou autres.

En outre, des pièces et des matériaux qui n'ont pas pu être récupéré par l'une de ces cinq opérations seront éliminés conformément aux règlements de sécurité et l'environnement. Une alternative pour l'élimination est la valorisation énergétique par incinération, qui a son propre impact sur l'environnement.

Il a été constaté que l'un des obstacles fondamentaux pour une meilleure valorisation du produit arrivé en fin de vie est un problème d'information. En effet, les informations associées au produit sont souvent irrémédiablement perdues après la vente de ce produit [Parkland and al., 2003]. Par exemple peu d'informations sont recueillies sur l'identité des produits. Les produits sont identifiés à l'aide de diverses méthodes telles que les codes barres du fabricant, des manuels et des cahiers des charges annexés au produit, ou dans de nombreux cas, une connaissance approfondie des personnes qui manipulent les produits. Les codes barres offrent un moyen efficace d'automatiser le processus de saisie de données. Néanmoins, il est souvent vu que plus d'un code à barres est jointe à chaque produit que le produit se déplace le long de son cycle de vie (code à barres fabricant, codes à barres de détaillant, code-barres d'identification des actifs utilisés par le client, etc.) et cela donne lieu à beaucoup de confusion.

La perte progressive de renseignements sur le produit comme il se déplace à travers son cycle de vie est illustré à la figure suivante.



Niveaux d'information sur le produit durant son cycle de vie

Figure 3-4 : Perte d'information sur le produit durant son cycle de vie

Ainsi, lorsque le produit atteint sa fin de vie, peu d'informations sont à la disposition des recycleurs, sur son identité, ses éléments constitutifs ou son état actuel. Rogers et Tibben-Lembke [Rogers et Tibben, 2001] ont constaté dans une enquête que le manque d'infrastructure des systèmes d'information a été l'un des obstacles les plus importants pour la logistique inverse. En outre, la grande variété de produits et de la complexité de la gestion de fin de vie de ces produits, il est une tâche difficile de rassembler un large éventail d'informations.

En cela s'ajoute les visions différentes que peuvent avoir les acteurs sur ce même produit, et le manque de données ou structuration même du secteur. (Figure 3-5)

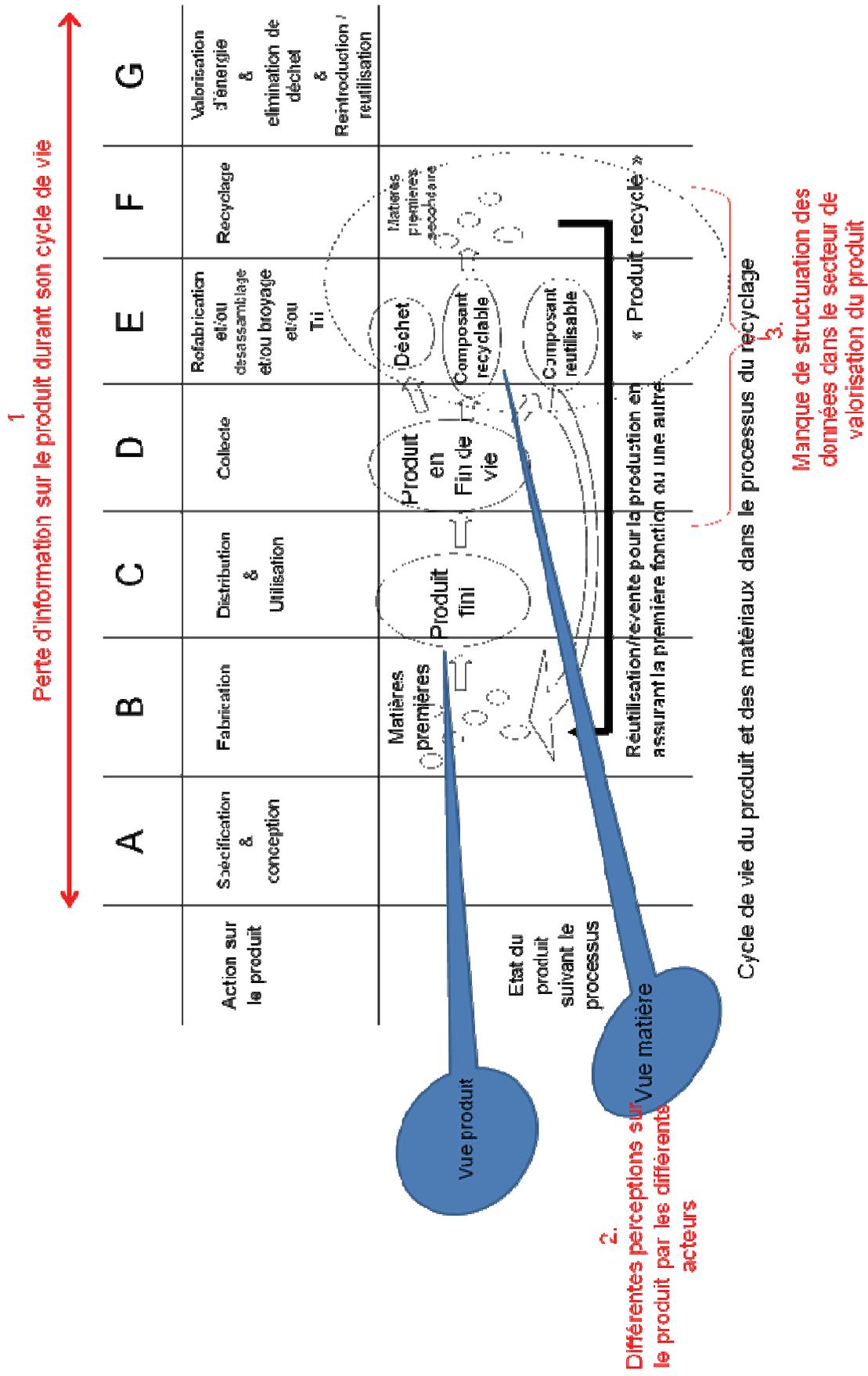


Figure 3-5 : cycle de vie du produit et problème de structuration des données

Et afin de bâtir un modèle de système d'information pour la valorisation du produit en fin de vie, plus particulièrement pour le recyclage, nous vous proposons ci-dessous une approche d'utilisation de l'information pour une meilleure option sur le produit.

IV.2 - Position de l'information pour une meilleure option de valorisation du produit : Théorie de la décision

Toujours dans l'esprit de maximiser la valeur « X » de valorisation des éléments du produit en fin de vie, on introduit ici la notion de la théorie de la décision. En effet l'optimisation et maximalisation sont les deux mots-clés définissant les théories de la prise de décision basées sur la rationalisation, c'est-à-dire les théories définissant les normes logiques et rationnelles que tous les preneurs de décisions sont censés suivre pour que le choix soit celui qui « rapporte » le plus. La théorie de l'utilité espérée (UE) est l'approche la plus communément retenue par la théorie de la décision pour décrire les choix. Introduisons d'abord quelques notions:

Soit ξ l'information obtenue par un expert pour prendre une décision sur un produit arrivé en fin de vie. L'information inclut l'ensemble des informations détenues, connue pour être vraie à la base ou déduit à partir de la logique, ainsi que des informations fréquente, qui reviennent souvent.

Soit $p(H|\xi)$, qui représente la probabilité (ou la conviction) que l'hypothèse H posée est vraie.

Le principe UME (Utilité Maximale Espérée) [1] énonce que nous devons prendre des mesures qui optimisent la valeur calculée en additionnant l'ensemble des valeurs (Utilité Espérée) attribuée à chaque résultat possible multipliée par la probabilité de ce résultat.

IV.2.1 - Définition

(Utilité Espérée). Soit H la variable aléatoire représentant l'état d'un produit, Ω_H l'ensemble des n états possibles du produit, c'est-à-dire $\Omega_H = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$, $p(H|\xi)$ la distribution de probabilité sur les différents états du produit selon le décideur, D un ensemble d'options possibles de récupération du produit, et l'ensemble

- $u_k: h_i \times d_j \rightarrow u(h_i, d_j)$ représente l'utilité de choisir l'option d_j lorsque l'état du produit est h_i . Ensuite, l'utilité espérée (UE) d'une option d_j , est donnée par :

- $$UE(d_j) = \sum_{i=1}^n p(h_i|\xi) u(h_i, d_j) \quad (1)$$

Les Etats du produit pourraient être les notes attribuées au produit en fonction de sa qualité, ou simplement un état binaire représentant un produit bon ou mauvais. L'utilité $u(\text{bon}, \text{réutilisation})$ pourraient être par exemple le prix de vente, si la décision est de réutiliser le produit, étant donné que le produit est bon. Dans les cas où les produits doivent être remis à neuf avant la revente, l'utilitaire doit intégrer les coûts impliqués dans la rénovation aussi.

IV.2.2 - Lemme 1 : meilleur décision à prendre

La meilleure décision \mathbf{D}^* , compte tenu de la distribution de probabilité et le modèle d'utilité est donnée par (2)

$$\mathbf{D}^* = \arg \max_{d_j} \sum_{i=1}^n p(h_i | \xi) u(h_i, d_j)$$

De toute évidence, l'Equation (2) donne l'option de récupération du produit avec la plus grande UE en fonction de la conviction du décideur sur l'état du produit retourné et est donc une représentation formelle du principe UEM.

IV.2.3 - Lemme 2 : utilité maximale espérée

L'utilité maximale espérée (ou prévu) \mathbf{UE}^* est donc donnée par (3)

$$\mathbf{EU}^* = \max_{d_j} \sum_{i=1}^n p(h_i | \xi) u(h_i, d_j)$$

L'équation (3) donne l'UEM de prendre une décision immédiate, une information préalable. Nous pouvons alors interpréter \mathbf{UE}^* comme un indicateur de la valeur perçue du produit en fonction de la conviction du décideur sur l'état du produit.

V - Les Systèmes d'aide à la décision en fin de vie du produit

Dans la littérature il existe deux types de système d'informations centré sur le cycle de vie du produit, conçus pour l'aide à la décision après la fin de vie de ce produit. Ils peuvent être classés en deux catégories: il s'agit des systèmes de partage de données en conception/démontage et des systèmes informations de suivi du cycle de vie.

Nous allons passer en revue ces deux types de systèmes.

V.1 - Systèmes de partage de données en Conception/désassemblage

Les systèmes de partage de données en Conception / démontage sont conçus pour permettre aux fabricants en relation avec les recycleurs de participer dans la gestion des informations sur la conception et le démontage du produit.

Divers modèles ont été proposés dans ce sens par certains auteurs [Toyama, 2001] [Ajith K. P., and al., 2003]. Toyoma [Toyoma, 2001] propose un prototype d'un système d'information sur le recyclage qui permet aux compagnies industrielles et les compagnies de recyclage de publier et accéder aux renseignements via Internet pour promouvoir le recyclage de produit. Quand à Hesselbach and al. [Hesselbach and al., 2001], ils décrivent, ce qu'ils ont appelés, le « passeport pour le recyclage », qui est une source d'information complète pour les activités de valorisation du produit. Le passeport de recyclage fournit des informations sur la conception du produit, y compris les matériaux et le poids de la masse des substances, des informations concernant l'accessibilité et sur les substances dangereuses et de leur séparation. Il se concentre sur l'identification des produits et décrit la procédure à démonter le produit, le tout appuyé par des illustrations. Dans le même sillage, Soga et al. [Soga al. al., 1999] utilisent l'identification par radiofréquence (RFID) pour stocker et récupérer des informations concernant les produits sur une base individuelle. Et Rosemann and al. [Rosemann and al., 1999] décrivent un système intégré de recyclage Data Management System (REDAMA) qui détient des données produit au cours du cycle de vie complet des produits de la conception technique, de la production et l'utilisation, jusqu'à leur fin de vie. Le module central du système logiciel permet la génération et la visualisation d'un modèle de produit abstrait, qui se compose des données pertinentes concernant le recyclage et le démontage des composants et des propriétés de connexion ainsi que des informations sur la structure du produit. Cette information est utilisée pour déterminer la meilleure séquence de démontage pour le produit en tenant compte des efforts des processus de démontage par la simulation de démontage.

En général, on voit que ces systèmes ont les caractéristiques communes suivantes:

- Ils fournissent des instructions de démontage pour les recycleurs, tels que définis lors de la conception du produit.
- Recycleurs et d'autres partenaires de la chaîne d'approvisionnement autorisées peuvent avoir accès à cette information par l'Internet

V.2 - Systèmes d'information de suivi du cycle de vie du produit

Les systèmes d'information de suivi du cycle de vie du produit sont conçus pour surveiller et enregistrer les paramètres de performance au cours de la phase d'utilisation et mettre cette information à la disposition des recycleurs lorsque le produit arrive en fin de vie.

C'est ainsi dans cette optique que Klausner et Grimm [Klausner et Grimm,1998] ont décrit le «Système d'information pour la valorisation du produit » (ISPR en anglais), où les données sur les produits fortement corrélée à la dégradation des composants pendant la phase d'utilisation du produit sont enregistrées dans un appareil électronique appelé « Electronic Data Log (EDL) » incorporé dans le produit. En plus de la dynamique des données enregistrées pendant la phase d'utilisation, le système détient également des données statiques, qui décrivent la conception du produit et également des informations connexes sur le démontage dans une base de données externe. De leur côté, Simon and al. [Simon and al.] décrivent ce qu'on appelle « l'acquisition des données dans le cycle de vie » (LCDA l'abréviation en Anglais), système dans lequel les paramètres de performance et les conditions d'erreur sur les produits sont contrôlés en permanence, datés et enregistrés pendant l'exploitation et pendant l'entretien et mettre les données enregistrées accessibles aux recycleurs au moment de la valorisation du produit. Scheidt et Zong [Scheidt et Zong] décrivent un système dans lequel une unité de stockage de données appelée « unité d'identification » est attaché à tous les modules du produit. Les données importantes dans le cycle de vie sont contrôlées et des renseignements le long de la conception du produit sont recueillis dans l'unité d'identification, et ces données sont mises à disposition au cours de recyclage par le biais d'une interface standardisée appelé « port vert ». En général, ces systèmes présentent les caractéristiques suivantes qui sont pertinentes pour les données des systèmes de suivi du cycle de vie du produit:

- Fournir d'information de la conception et le démontage, tels que définis à l'étape de conception du cycle de vie.
- Surveiller et enregistrer les paramètres de performance importants de composants tout au long du cycle de vie et stocker ces informations dans le produit.
- Recycleurs aient accès à l'information stockée dynamiquement avec le produit et également liée à la «l'information statique» stockés par les fabricants grâce à Internet.

VI - Synthèses et limites

Les systèmes de partage de données sur la conception/démontage décrits dans la première catégorie sont conçus dans le seul but d'assurer des informations à la conception et le démontage du produit aux recycleurs. Il est clair qu'à l'état actuels ils ne sont pas capables de fournir des informations exactes sur l'état et la structure du produit à sa fin de vie parce qu'ils ne parviennent pas à intégrer les changements apportés tout au long du cycle de vie du produit et obtenir des informations externes nécessaires pour prendre des décisions à la fin de vie.

Dans la deuxième catégorie les informations sont classées en deux types :

- les statiques, qui comprennent l'information à la conception et le démontage,
- les dynamiques, qui comprennent des paramètres de performance qui affectent les décisions de fin de vie.

L'inconvénient majeur d'une telle approche est qu'elle ne parvient pas à saisir la nature dynamique de l'information dite «statique». Par exemple, il n'est pas en mesure d'intégrer les changements causés par le processus de production sur la conception du produit. En outre, ils ne parviennent pas à intégrer des informations externes nécessaires (législation, les politiques d'entreprise, etc.) qui est requise pour prendre les bonnes décisions de valorisation du produit. Cela se traduit par l'incapacité de ces systèmes de fournir des renseignements exacts au sujet du statut du produit en fin de vie, en omettant ainsi de fournir un soutien suffisant pour la prise de décision en fin de vie.

Par conséquent, nous constatons qu'à l'heure actuelle, il n'existe pas un système d'information unique qui traite de façon exhaustive toutes les exigences d'un système d'information de gestion du cycle de vie idéal.

Et nous sommes en plus réconfortés dans notre position, puisque nous, on va au-delà de l'aide à la prise de décision en fin de vie. En effet, on intervient spécifiquement et surtout après la fin de fin du produit. C'est-à-dire dans le processus même du recyclage.

Ainsi nous allons tenir compte de ces limites des systèmes existants, pour dégager notre approche de système d'information, qui sera toujours centré sur le produit, et plus orienté vers le recyclage.

**CHAPITRE 4 : MODELE ORGANISATIONNEL POUR LA
COLLABORATION DANS LE PROCESSUS DU
RECYCLAGE DES PRODUITS MANUFACTURES**

I - Introduction

Le procédé approprié pour le recyclage commence nécessairement par le démontage des différents composants du produit manufacturé à valoriser. Dans ce chapitre, qui constitue les différentes contributions de cette thèse, nous avons proposé un modèle de produit pour son démontage optimal et un cadre collaboratif basé sur le Produit-Processus et Organisation pour le recyclage des produits manufacturés. En effet, Au premier temps nous avons pensé utile d'avoir une représentation détaillée et de manière sémantique du produit à « déconstruire ». C'est ainsi que, partant de la décomposition physique du produit nous avons proposé une modélisation en UML de ce produit, de ses composants, de leurs liaisons (mono-instance ou multi-instance), et leurs interactions etc. Cette décomposition permet d'identifier les éléments du produit et leurs liaisons, ce qui aidera à définir le procédé approprié pour son recyclage.

II - Modélisation du produit pour le recyclage

II.1 - Représentation structurelle du produit

La notion de produit fait l'objet de multiples interprétations dues aux nombreuses définitions associées à ce concept [Coulibaly, 2008]. Nous nous intéressons aux produits manufacturés à base de composants mécaniques. Ainsi on dira que ce produit est un ensemble de composants unis entre eux par des fixations et liaisons (Figure 4.1) ; un composant est constitué d'un ensemble de sous-composants et de pièces unies entre elles par des liaisons ; une pièce est une certaine quantité de matériaux ; des matériaux constitués de substances. La substance étant le plus petit élément qui entre dans la composition des pièces.

On tient à distinguer la fixation de la liaison, deux mots proches, mais différents. En effet, la liaison c'est le type de contact permanent entre deux éléments ; une liaison peut être de type vissage, clipsage ou encore collage. Alors que la fixation c'est le lien réel entre deux composants ou deux sous-composants d'un produit : une fixation est en particulier définie par le type de liaison et le nombre de fixations. Connaître les caractéristiques de ces dernières, faciliterait le démontage des différents composants du produit.

Les niveaux des composantes du modèle produit sont représentés ci-dessous, ainsi que leur mode de combinaison (Figure 4.1).

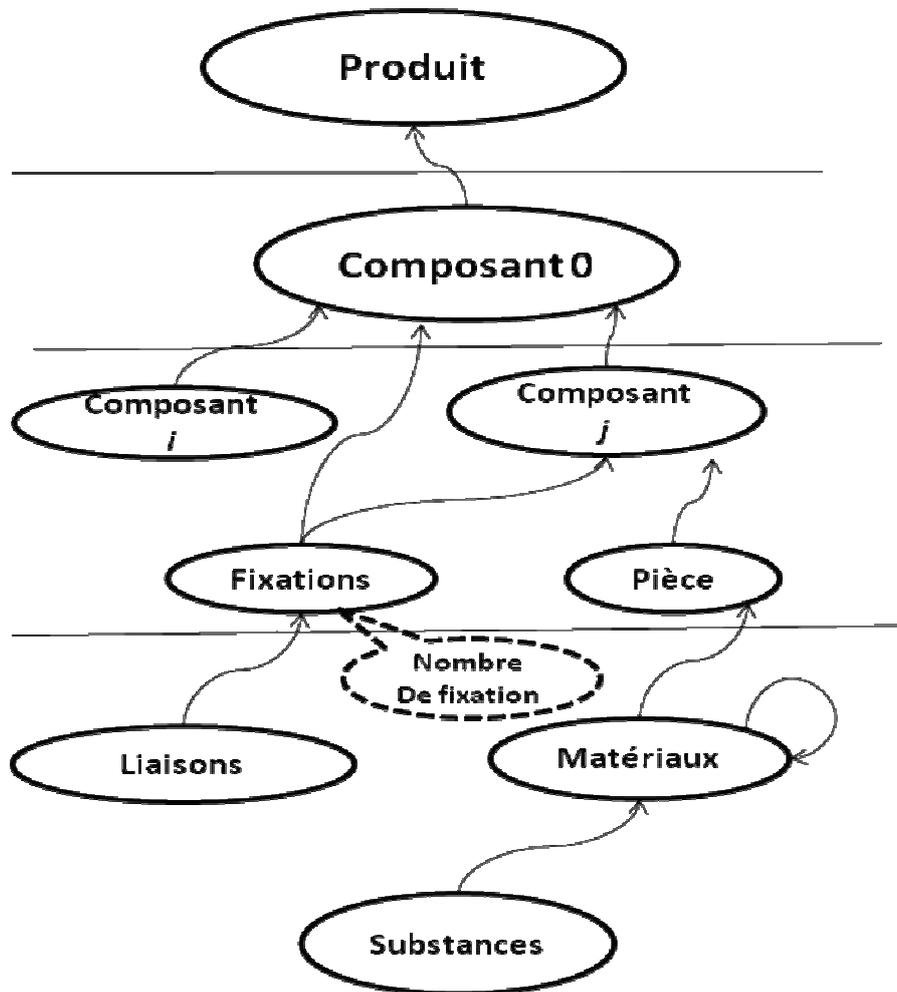


Figure 4-1 : Vue macroscopique du produit décomposé

Ce produit peut être appréhendé selon différents points de vue de la conception au recyclage. Dans notre approche pour couvrir toutes les informations internes et externes du produit utiles pour le recyclage propre, et sa traçabilité, nous proposons un modèle organisationnel centré sur ce produit.

La description retenue pour une meilleure représentation de toutes les informations sur le produit sera basée sur les aspects Fonction- Comportement et Structure, cela dans le but de cerner les différentes perceptions qui existent autour du produit par les acteurs.

En effet, dans son cycle de vie, le produit est perçu de manière différente par les acteurs. Par exemple le concepteur et le recycleur n'ont pas forcément la même vue sur le même produit. Au niveau de la conception, tous ensemble ont une vue global sur un produit à

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

mettre en place ; dans l'autre sens les acteurs ont des vues sur des éléments dispersés de ce même produit à valoriser.

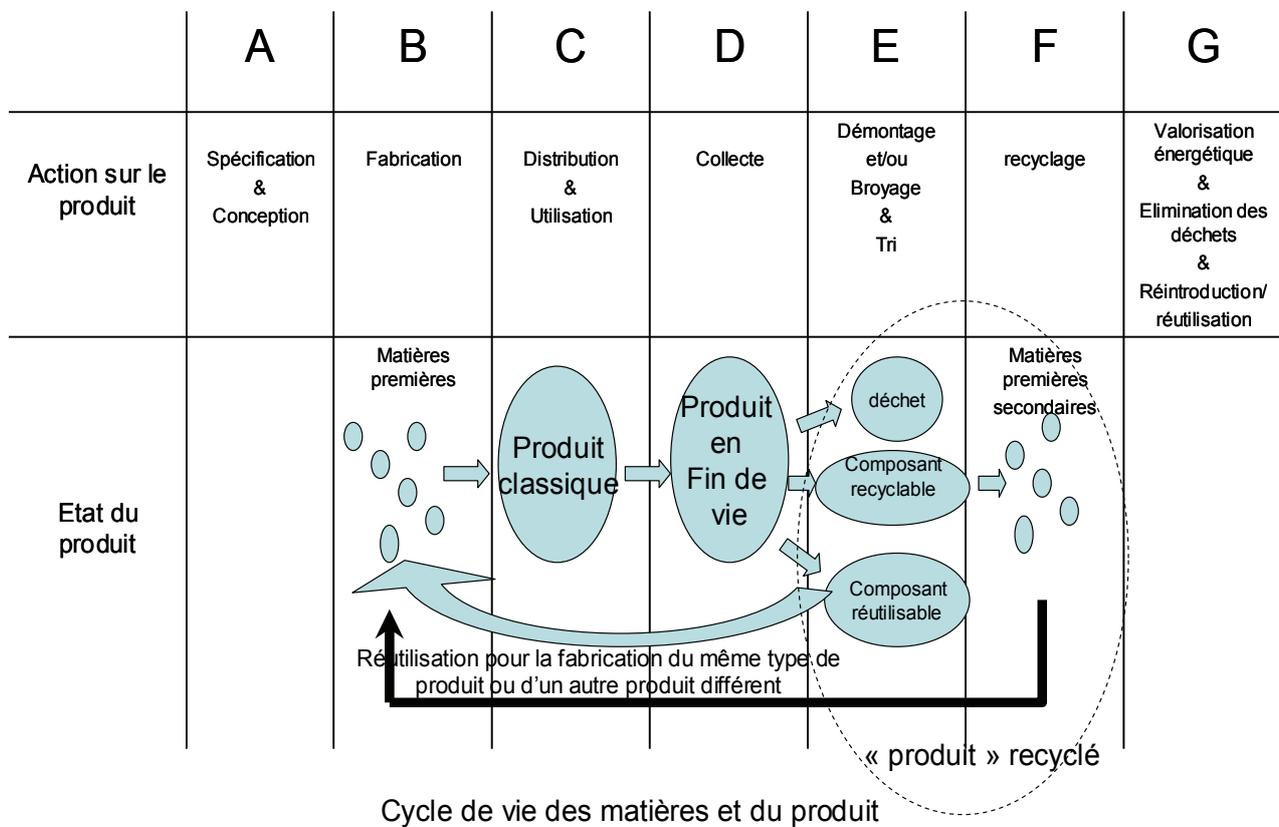


Figure 4-2 : Cycle de vie des matières et du produit [Gaye and al., 2009]

La structure du produit varie selon les différentes étapes de son cycle de vie (Figure 4-2). Si l'on se confère à cette figure 4-2, en A nous avons une page blanche, le produit n'existe pas encore. Nous sommes à la phase des spécifications des besoins et des études de faisabilité du produit. C'est à la fin de cette étape que l'on pourra définir les outils et composants nécessaires pour fabriquer ce produit en phase B. A la fin de cette phase B on aura un objet utile, prêt à servir, selon les fonctions qui ont été définies depuis sa conception, le produit. Puis il arrive en fin de vie, ou il sera mis au rebus, puisqu'il perd toute sa fonction, du moins principale. Ainsi dans la phase E, ce produit est introduit dans un nouveau cycle pour d'autres fins, surtout pour la production de nouvelles matières premières « secondaires ». A la conception du produit, ou d'un processus, on définit les fonctions de services et techniques. Pour déterminer les fonctions à remplir, il faut d'abord se préoccuper des besoins à satisfaire. Raison pour laquelle il est préférable d'exprimer les actions uniquement en termes de finalité, plutôt que de faire référence aux moyens utilisés pour

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

les accomplir. Les moyens à mettre en œuvre, les constituants du produit ou processus et leurs fonctions respectives peuvent être très divers pour un même résultat. Toutes les fonctions définies peuvent parfois être divisées en plusieurs sous fonction.

Lors de la phase de fabrication nous avons une décomposition fonctionnelle caractérisant les différents éléments utilisés pour la mise en œuvre du produit, par exemple pour la construction d'un véhicule, les fonctions : carrosserie, motorisation, éclairage/électricité, etc.

Dans les phases de démontage et de broyage, il est plus questions des aspects structurels. En effet, la notion de fonction n'est pas prise en compte ici. Il est utile dans cette phase de mettre a la disposition des acteurs des outils accessible pour le démontage et la séparation des matériaux composants le produit. Pour cela il est utile de connaître les liens et les espaces de manipulation du produit.

Une autre décomposition fonctionnelle peut avoir lieu dans la partie « tri ». En effet après démontage, les éléments sont triés selon leurs fonctions premières définies au moment de la conception. Il s'agit des composants qui ont gardé leur structure d'origine, et peuvent être réutilisés dans un autre cycle en jouant la même fonction, le même rôle qu'auparavant (exemple d'une biellette récupérée). Les autres seront classés par type de matière : composant ferreux, composant non ferreux, liquide, déchet, etc. Ce sont essentiellement ces mêmes fonctions qui seront appliquées pour recyclage d'un composant en plus de son comportement par rapport à son intégration dans un autre cycle : le taux résiduel, sa seconde durée de vie, etc.

C'est ainsi, en partant de la décomposition physique du produit nous avons proposé une modélisation en UML de ce produit, de ses composants, de leurs liaisons (mono-instance ou multi-instance), et leurs interactions etc.

II.2 - La Modélisation UML du produit

La plupart des modèles proposés dans la littérature, ne prennent souvent compte que la vue statique du produit, où ce dernier est représenté par un diagramme de classe de ces composants [Coulibaly, 2008]. Le modèle que nous proposons ci-dessous tient en compte des deux aspects : statique et dynamique. Il intègre les caractéristiques influent pour le recyclage du produit : géométriques, topologiques, technologiques, etc.

En formalisme UML, la Figure 3.1 vue précédemment est représentée ci dessous:

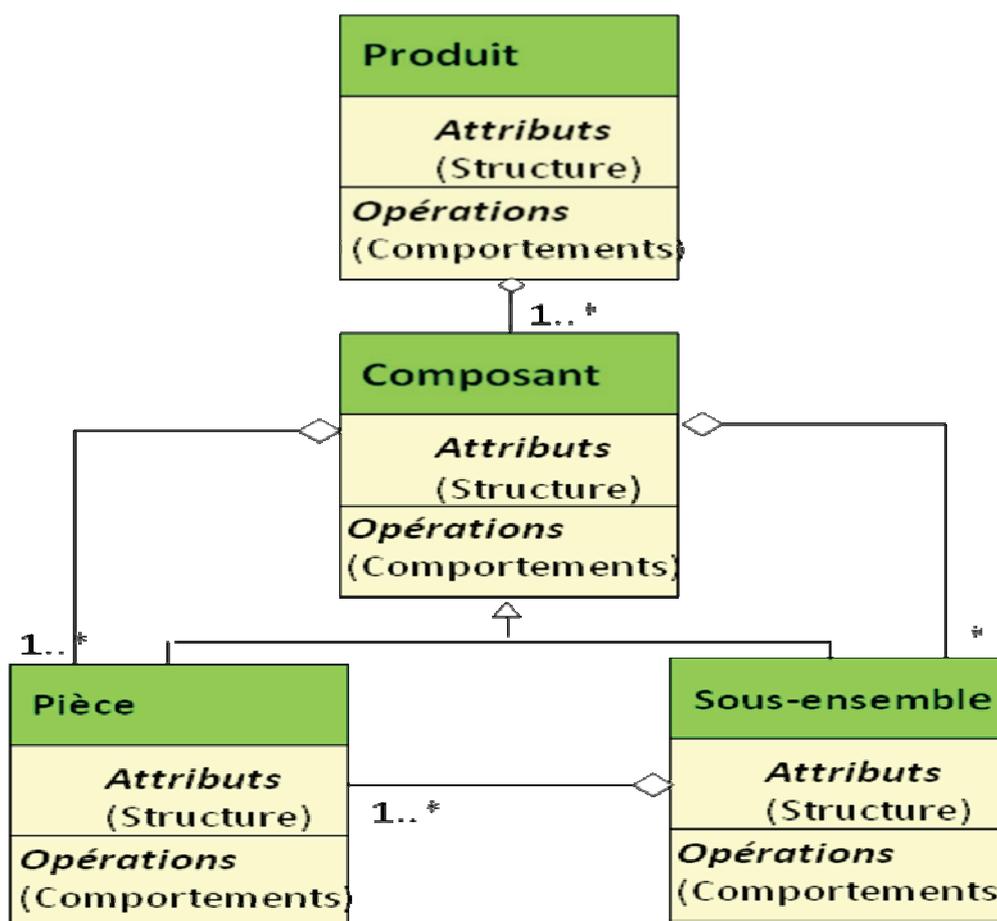


Figure 4-3 : Modélisation UML du Produit: Diagramme de Classe Produit

La figure ci dessus (Figure 4-3) montre le diagramme de classes du modèle du produit, par rapport à la figure produit décrite avant (Figure 4-1). Les aspects matériels sont considérés comme structure interne dans le modèle.

Les liaisons entre les différents composants sont modélisées ci-dessous : avec les types de liaison, nombre de liaisons, structure... Qui sont des caractéristiques importantes pour le démantèlement ou séparation des matériaux.

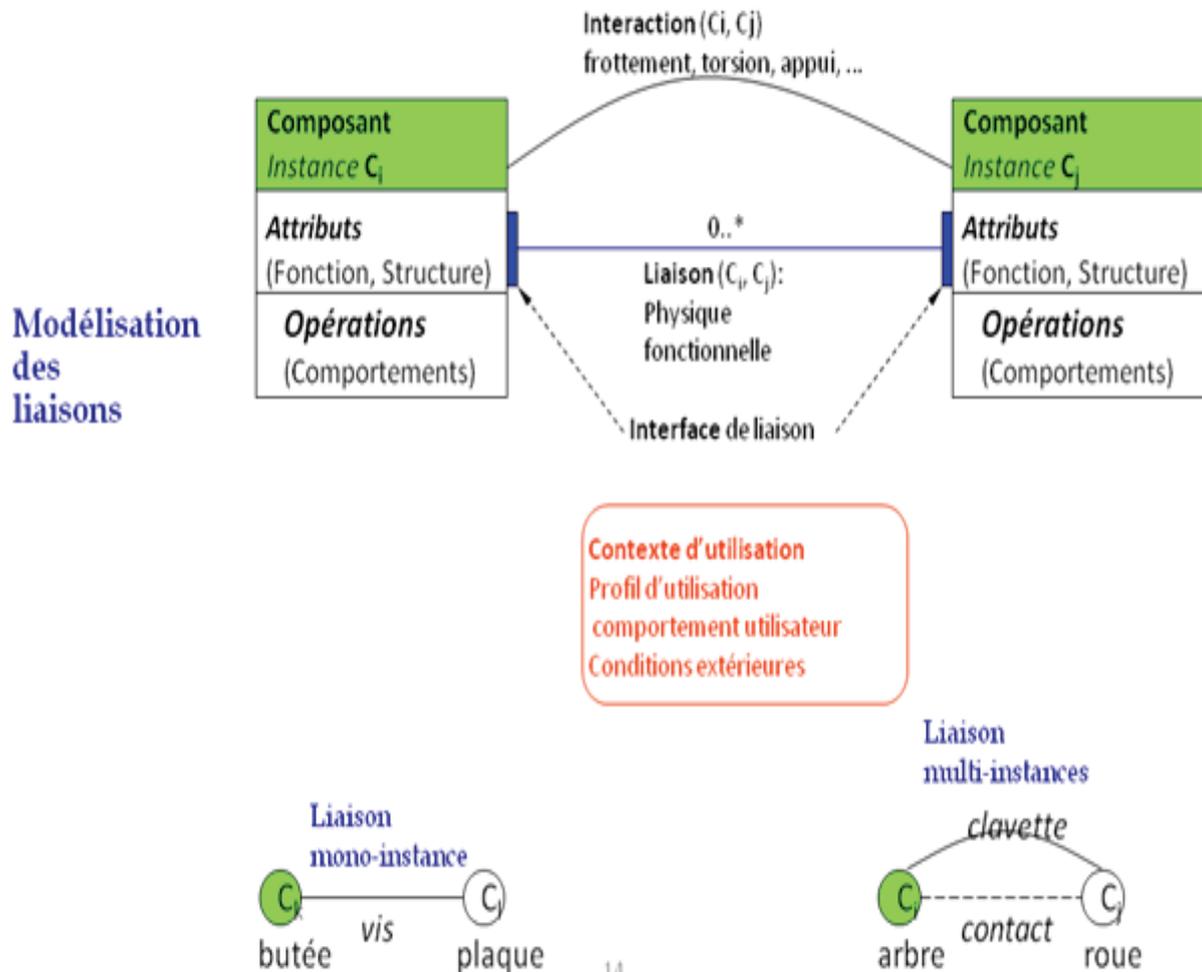


Figure 4-4 : Modélisation Structurale des liaisons entre composants

La décomposition structurelle ou fonctionnelle du produit permet d'identifier les composants C_i, C_j, \dots, C_n et de définir les informations suivantes :

- la nomenclature de classes ou de catégories de composants (vilebrequins, arbres, engrenages, roulements, ...);
- les fonctions des composants,
- la structure interne des composants : matériaux, procédés;
- les interfaces de liaison;
- le prototypage des composants (géométrie, dimensions);
- les liaisons structurelles (physiques) ou fonctionnelles entre composants ;
- les interactions entre composants (frottement, appui, torsion...);

Les différents comportements du produit sont décrits par :

- les états le long du cycle de vie (fabrication, utilisation, fin de vie, ...);

- les activités pendant l'exploitation (marche, arrêt, maintenance, ...);
- le contexte d'utilisation : profil d'utilisation, comportement de l'utilisateur, conditions d'utilisation (température, hygrométrie, poussières, pluie, ...);
- la mise en exploitation (manuel d'utilisation, manuel de maintenance, manuel de sécurité).

Un produit est donc vu comme un ensemble de composants reliés en vue de réaliser des fonctions de service dans des conditions d'exploitation données. Dans le cas des produits mécaniques, le produit est défini par des composants et des accessoires d'assemblage (vis, clips, rondelles, clavettes, ...). Ainsi l'intégration de toutes ces informations sur le modèle de produit permet un démontage efficace de ce dernier, un préalable pour son recyclage.

Maîtriser les types de liaisons entre composant, et le temps nécessaire pour leur démontage, nous pousse à adopter ci-après une représentation matricielle qui permet de préciser les informations sémantiques de liaisons, des propriétés et des caractéristiques comportementales [Coulibaly, 2008].

II.3 - Matrice Sémantique

La figure 4-5 représente une matrice sémantique décrivant un produit constitué de composants C_i , avec des caractéristiques et des liaisons d'assemblage (C_i, C_j). Cette matrice est renseignée à partir de données de conception disponibles dans le système de CAO auxquelles on rajoute des caractéristiques sémantiques. Les éléments diagonaux P_i de la matrice contiennent les données spécifiques du composant C_i , (géométrie, propriétés de matériaux, tolérances, ...) alors que les termes entre deux composants (C_i, C_j) décrivent les typologies de liaisons mécaniques (soudure, boulonnage, rivetage, ...), (cf. Tableau 4-1) [Coulibaly, 2008].

Tableau 4-1 : Matrice Sémantique d'un produit

Composants	M ₁	M ₂	-	-	M _j	-	-	-	M _p	Fiabilité	Criticité	Recyclabilité
M ₁	P ₁	2	0	1	0	1	5	2	0	F ₁	K ₁	R ₁
M ₂		P ₂	2	1	0	0	0	2	0	F ₂	K ₂	R ₂
-			-	0	0	0	0	2	0	-	-	-
-				-	1	0	0	2	0	-	-	-
-					-	1	0	2	0	-	-	-
M _i	Type de liaison (M _i , M ₁)=Mi-1				Type de liaison (M _i , M _j)=Mi-j	-	1	2	0	F _i	K _i	R _i
-							-	2	0	-	-	-
-								-	5	-	-	-
M _p									P _p	F _p	K _p	R _p
Nombre de liaisons	d ₁	d ₂	-	-	d _j	-	-	-	d _p	F ₀ (Seuil)	K ₀ (Seuil)	R ₀ (Seuil)

Tableau 4-2 : Echelle de temps de démontage/montage selon liaison

Typologies de liaison	Echelle de temps démontage/montage
Sans contact	0
Contact	1
Clipsage	2
Vissage	3
Boulonnage	4
Carter	7
Collage	8
Rivetage	6
Soudage	10

Dans le cadre de la valorisation du produit et de ces composants, on enrichit la matrice avec des données complémentaires telles que la recyclabilité (R_i), l'impact environnemental des composants recyclés, ou avec des données relatives à leur conditions de réutilisation.

Ainsi Il sera possible d'intégrer dans la base produit l'ensemble des informations relative aux données produit (type et composition..), les données liées à l'option de fin de vie, les

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

données de désassemblage, les données matériaux et liaisons, les données économiques (cout désassemblage, recyclage, revente, environnement...)

Les points clés de notre approche sont la collaboration, la communication et le partage d'une vision commune, qui permettent aux acteurs intervenant sur le produit durant tout son cycle de vie pour le recyclage, de mieux comprendre le processus et à accéder aux informations dont ils ont besoin.

III - Modélisation Produit-Processus-Organisation orienté recyclage

III.1 - Modèle dynamique du processus de recyclage

L'un des points fondamentaux de notre approche, c'est la prise en compte de l'aspect dynamique du recyclage : le processus du recyclage. Le point de vue dynamique n'est pas pris en compte par la plupart des modèles portant sur le recyclage. Le recyclage du produit fonctionne dans l'espace et du temps, de ressources et d'acteurs. Il est utile ici de considérer l'aspect dynamique de produits et de procédés. C'est pourquoi nous introduisons le diagramme d'activité décrivant le processus de recyclage depuis la fin de vie du produit à l'incinération des déchets par exemple.

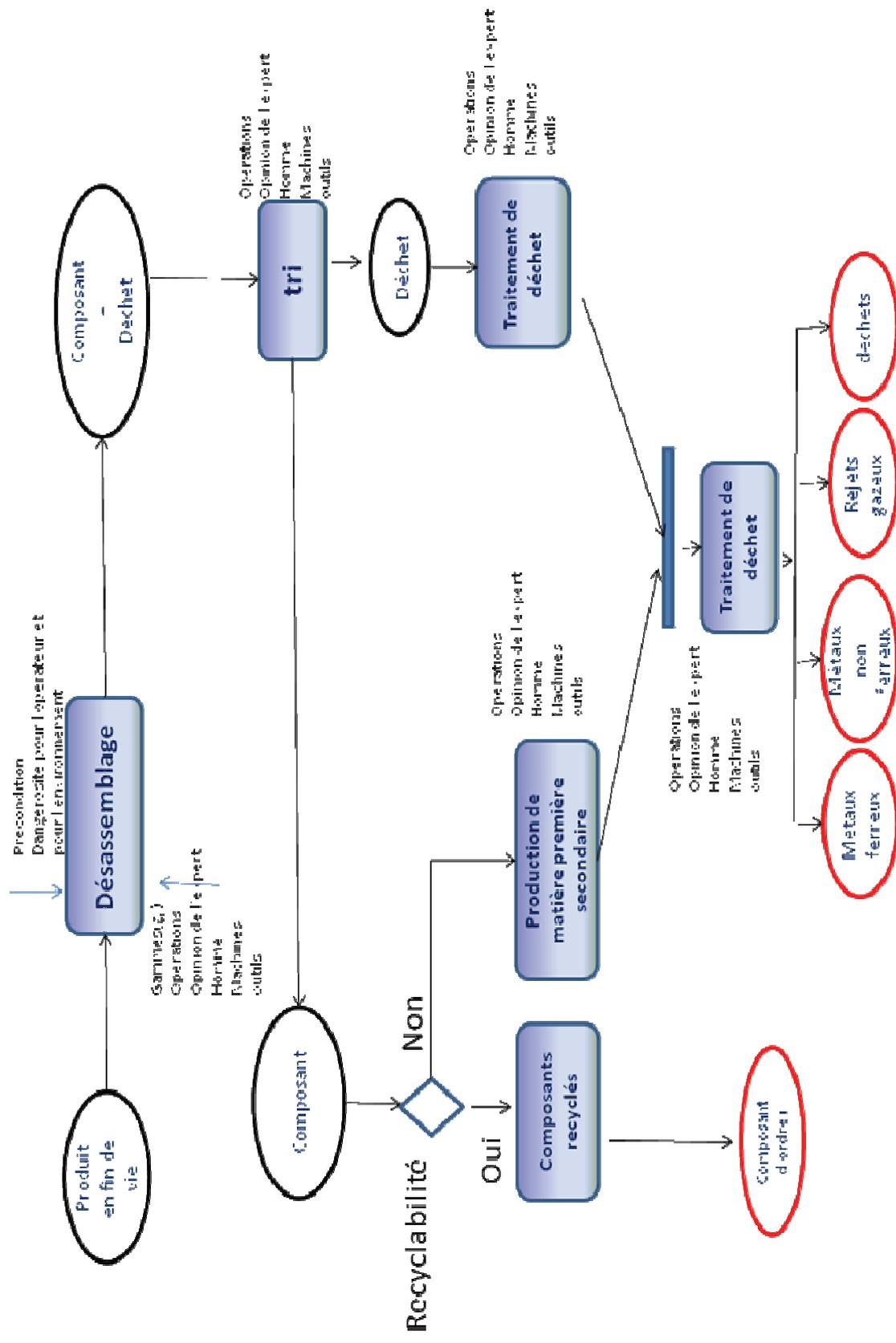


Figure 4-5 : Activités physiques du processus de recyclage [Gaye and al., 2009]

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

Ainsi, après avoir décrit le modèle de sous-produits, et donner une vision du processus du recyclage, nous proposons un modèle prenant en compte l'ensemble de l'industrie du recyclage pour la gestion dynamique des règles métier pour la collaboration des différents acteurs. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés du modèle intégrant le produit, processus et l'organisation pour définir un modèle commun de partage d'informations pour le recyclage.

III.2 - Modèle Produit-Processus-Organisation (PPO) pour le recyclage

III.2.1 - Outil pour la conception collaborative orienté recyclage

La collaboration est un processus dans lequel les acteurs, ayant des intérêts variés, travaillent ensemble pour chercher des solutions à un objectif commun.

La conception collaborative fait référence à un travail d'équipe organisé qui fonctionne suivant un planning impliquant des délais et un partage des tâches. Chaque intervenant sait ce qu'il doit faire et communique, échange ou partage des éléments uniquement pour créer un objet unique de travail.

Pour coopérer et collaborer, les acteurs de conception ont besoin de communiquer afin de prendre des décisions ensemble ou afin d'informer les autres de l'avancement de la conception ou de problèmes rencontrés. Ils ont aussi besoin de partager des ressources, qu'elles soient informatiques ou physiques. Finalement, ils ont besoin de planifier leur travail, séquentiellement temporel, distribuer des tâches à chaque membre et d'affecter des rôles. Ainsi les groupes de collaboration doivent avoir accès à l'information dont ils ont besoin pour réussir la collaboration. Un environnement où toutes les expertises nécessaires peuvent communiquer, partager de l'information.

Ce principe qui a été retenu dans le cadre de la conception collaborative sera utilisé, dans le secteur du recyclage. En effet, pour un recyclage optimal, l'impératif serait d'offrir aux différents acteurs de ce milieu un cadre collaboratif.

L'organisation au tour du recyclage du produit est une activité collaborative et distribuée. Chaque expert dans son domaine a son propre point de vue sur le produit, du collecte jusqu'à l'incinération. Chacun a sa manière de représenter le produit.

Ce travail soulèvera plusieurs questions entre autres :

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

- la synchronisation des différents modèles détenus par chaque corps métier sur ce même produit,
- la définition d'un cadre de représentation des différents points de vue du produit (langage commun) pour permettre l'hétérogénéité dans la formalisation,
- l'échange d'information
- la résolution de conflits entre acteurs métiers lorsque par exemple le démonteur juge que le broyage n'est pas nécessaire pour récupérer un composant ou pas...
-

Pour la conception collaborative, plusieurs modèles ont été mis en place, pour lesquels on va revenir succinctement dans le paragraphe suivant, du moins pour les plus importants dans la littérature.

III.2.2 - Modèle pour le travail collaboratif autour du produit

Nous présentons quelques modèles qui ont des éléments importants dans notre contexte du travail collaboratif pour le recyclage.

➤ **Les outils PDM/ SGDT**

Le PDM (Product Data Management) ou en français SGDTs (Systèmes de Gestion des Données Techniques) permettent le partage des informations provenant de divers experts métiers dans une base de données unique. Les SGDTs récents (Agile, PDMWorks, Windchill, TeamCenter, SmartTeam, etc.) proposent une gestion collaborative des informations.

Le modèle produit partagé dans un SGDT se limite à une décomposition structurelle sous forme d'arbre d'articles : un article est un assemblage, un sous-assemblage ou une pièce.

Cette décomposition hiérarchique est en général définie en début de projet de conception et elle est difficilement modifiée et adaptée en cours de projet. Cette décomposition hiérarchique est indépendante des modèles fonctionnels, comportementales, et géométriques.

Les SGDTs forment un cadre global pour la gestion intégrée des documents, des applications et des processus qui contribuent à la définition d'un produit. Ils permettent de gérer d'une manière « optimale » le cycle de développement d'un produit en assurant la traçabilité de tous les documents. Les SGDTs se limitent à une approche de haut niveau, les détails de la

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

conception ne sont pas accessibles directement, ce qui réduit leur efficacité. En effet dans un contexte de conception collaborative, l'analyse des activités parallèles des différents experts ne permet pas d'identifier le détail des changements progressifs de tous les éléments de conception.

➤ **Le modèle FBS-PPRE**

Le modèle FBS-PPR (Functional Behaviour Structure – Product Process Resources, External effect) est construit autour des notions de produit, de processus, de ressource et d'effet extérieur (PPRE) couplées dans un modèle générique basé sur les concepts de fonction, de comportement et de structure (FBS). Il vise à améliorer l'intégration et la traçabilité des éléments des processus d'entreprise pour analyser et extraire les éléments réutilisables dans le processus de conception. La notion de processus permet de modéliser la dynamique des informations et permet de définir de manière cohérente les comportements des différents objets manipulés.

Le modèle FBS-PPRE ne fait pas de distinction à la base entre Produit, Processus et Ressource qui sont généralisés en « Objet ». Les concepts de produit, Processus et Ressources apparaissent alors à travers des rôles que jouent les objets les uns par rapport aux autres.

D'autres modèles comme La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et le MOKA ((Méthodologie et outils orientés à la connaissance basée applications d'ingénierie) ont été passé en revue. Et il a observé que : la CAO représente principalement l'aspect structurel et ne propose aucune solution pour les fonctions et les comportements (FBS), tandis que le MOKA propose également un modèle de processus de conception moins structuré.

D'où notre choix sur le modèle PPO, qui prend en compte les trois descriptions, la fonction, la structure et le comportement. Ce modèle nous permettra de tenir en compte des objectifs, des normes et des contraintes, liés au recyclage ou aux acteurs même, telles que les critères de recyclabilité d'un produit ou la difficulté de tri..., c'est-à-dire l'intégration de règles métier.

III.2.3 - Modèle Produit-Processus-Organisation (PPO) pour le recyclage

Pour notre approche on s'est inspirée du modèle classique du PPO, à l'origine conçu pour la collaboration dans la conception du produit.

Le modèle PPO (Produit Processus Organisation) a été développé dans le cadre du projet IPPOP [Roucoules, 2007],[Sandeghi, 2008]. Il est le résultat de trois modèles: un méta-modèle du produit, un méta-modèle processus et un méta-modèle organisation.

III.2.3.1 - Modèle PPO Classique

Le modèle PPO classique est caractérisé par [Sandeghi, 2008]:

- (i) quatre classes non abstraites pour la définition du produit : la classe Composant, la classe Interface, la classe Fonction
- (ii) quatre classes non abstraites pour la définition de la planification de projet de conception : la classe Projet, la classe Acteur, la classe Matériel, la classe Logiciel et la classe Information ;
- (iii) trois classes sont utilisées pour définir l'organisation et les capacités de l'entreprise : la classe Centre de Décision, la classe Cadre de Décision et la classe Cadre de Conception. Les trois sous modèles (Produit, Processus et Organisation) sont principalement intégrés autour de la classe Projet

Le sous-modèle Produit du modèle PPO classique est représenté à l'aide d'entités de base : Composant, Interface, Fonction et Comportement avec des qualificatifs qui permettent d'envisager la description de familles de produit (Alternative) mais aussi de différencier les données partagées par l'ensemble des acteurs (Commun) de celles spécifiques à un métier (Vue).

La Figure 3.7 décrit le diagramme de classes du modèle produit de PPO.

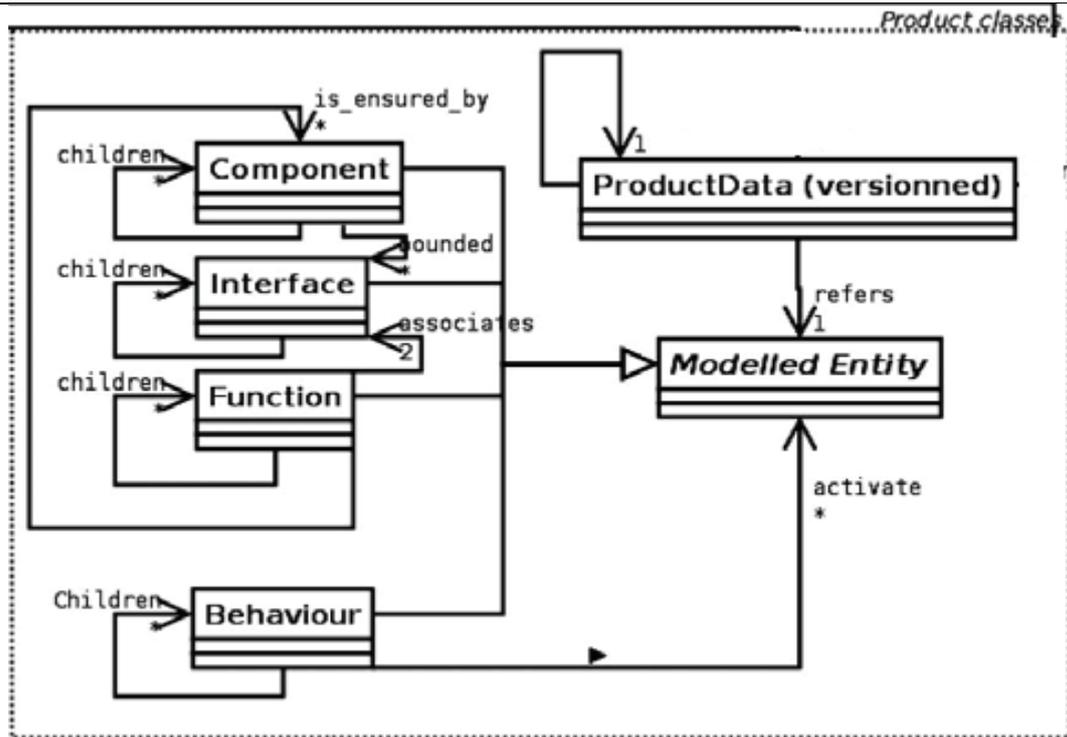


Figure 4-6 : Diagramme de classe du modèle produit du PPO classique [Sandeghi, 2008].

- un composant permet de donner une représentation structurelle du produit, il peut être divisé en sous-composant pour présenter un assemblage, un sous-assemblage ou une pièce.
- une interface est le lien entre un composant et un élément extérieur (interface d'un autre composant, fonction, etc.)
- une fonction représente les relations entre composants via leurs interfaces, elle définit un objectif à atteindre par le produit à concevoir
- un comportement définit l'état du modèle dans les différentes phases du cycle de vie du produit. Un comportement est défini par déclaration des composants, interfaces et fonctions.

III.2.3.2 - Modèle PPO pour le recyclage

L'usage de modèle produit de PPO est adapté au partage d'informations dans des conceptions innovantes ou nouvelles pour l'entreprise où la structure du produit n'est pas figée à l'origine du projet.

Modèle organisationnel pour la collaboration dans le processus du recyclage des produits manufacturés

. C'est un modèle léger (avec un peu de concept) et évolutif. Ainsi, notre modèle comme le modèle PPO, a trois principales caractéristiques:

- C'est un modèle simple qui traite avec les concepts de base pour la modélisation. Son diagramme de classes (figure 4-7) est constitué de: (i) Quatre classes abstraites pour définir le produit: la classe Product, classe de composant, la classe sous-ensemble et la classe pièce, c'est adire reprend entièrement le modèle produit proposé dans ce chapitre (ii) cinq classes non abstraites pour la définition du projet la planification du recyclage: Classe de procédure, la classe de l'homme, la classe du matériel, des logiciels et la classe information, (iii) sept classes sont utilisées pour définir l'organisation et les capacités de la société: Classe centre de décision, la classe cadre de recyclage, la classe Cadre de décision, la classe Projet, la classe Ressource, la classe Objectif et enfin la classe Contrainte.

Les trois modèles (produits, processus et organisation) sont essentiellement construits autour de la classe projet

- Un modèle évolutif, il est possible de se spécialiser pour être une langue de partage et d'échange d'informations tout au long du processus de développement de produits. Chaque expert peut accomplir toutes les attributs de chaque classe de modèles de produits, de processus et organisation pour une description détaillée de l'ensemble du modèle et adapté à ses besoins de partage.
- Ce modèle est composé de trois parties qui peuvent être appelés sous-modèle: partie de produit, une partie de l'organisation et entre les deux étapes. Chacune de ces parties est représentée à l'aide entité de base, par exemple, la fonction, la structure et le comportement pour le produit.

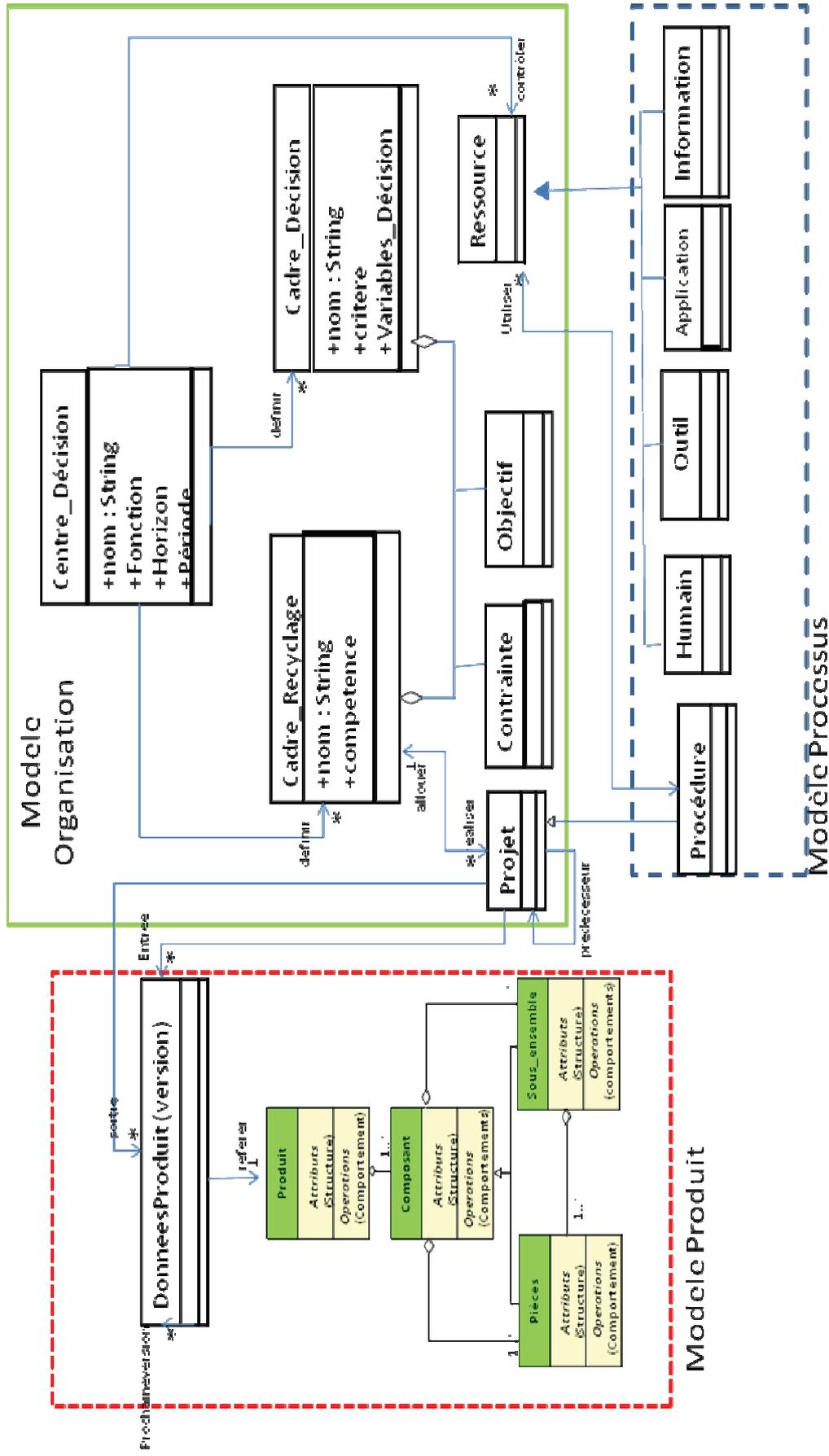


Figure 4-7 : Modèle PPO pour le recyclage

IV - Conclusion

Pour atteindre l'objectif d'un recyclage optimal qui s'agit de maximiser la quantité d'éléments à valoriser et de réduire au néant les déchets, on s'est proposé de mettre à la disposition des différents acteurs un modèle de travail collaboratif autour du produit. C'est ainsi qu'au préalable que nous avons proposé un produit, modèle pouvant intégrer l'ensemble des informations intervenants dans toutes les phases du cycle de vie du produit. Car cela est fondamental pour toute activité de collaboration autour du produit, vu les multiples acteurs qui interviennent tout au tour. C'est ainsi, partant de la décomposition physique du produit nous avons proposé une modélisation en UML de ce produit, de ses composants, de leurs liaisons (mono-instance ou multi-instance), et leurs interactions etc. Cette décomposition permet d'identifier les éléments du produit et leurs liaisons, ce qui aidera à définir le procédé approprié pour son recyclage.

En complément du modèle produit, nous avons proposé parallèlement la matrice sémantique décrivant un produit constitué de composants C_i , avec des caractéristiques et des liaisons d'assemblage (C_i, C_j). Cette matrice est renseignée à partir de données de conception disponibles dans le système de CAO auxquelles on rajoute des caractéristiques sémantiques. Cela dans le but d'avoir de déconstruction très rapide sur le produit lors de sa décomposition.

Et pour la suite, après avoir présenté quelques modèles qui ont des éléments importants dans notre contexte du travail collaboratif pour le recyclage, nous nous sommes inspirés du modèle PPO proposé pour la conception pour un modèle Produit-Processus-Organisation pour le recyclage. Ce modèle intégrera en plus du modèle Produit proposé préalablement, le processus et l'organisation pour le recyclage. Cela en vue de développer une plateforme de travail collaboratif permettant la gestion et le partage d'informations entre les différents intervenants sur le produit. Ceci permettra à chaque expert métier participant dans le projet de recyclage d'enregistrer (pour mieux partager) les informations dont il est détenteur. Une telle plateforme permettra en outre d'assurer la traçabilité du processus de recyclage. Plus généralement, cette plateforme permettra de trouver, dans les délais voulus et en toute confidentialité, des solutions et des informations liées aux différents métiers.

Le développement du dit modèle est ensuite fait dans le chapitre suivant comme du système d'information pour le recyclage.

**CHAPITRE 5 : PLATE FORME COLLABORATIVE POUR LE
RECYCLE DES PRODUITS MANUFACTURES**

I - Introduction

L'objectif de ce chapitre est de proposer et de décrire la plateforme collaborative dédiée au recyclage des produits manufacturés. Cette plateforme est conçue dans le but d'assurer une meilleure coordination des flux de matière et d'information par l'intégration de l'ensemble des activités et d'informations liées au produit et processus. Une gestion plus efficiente du traitement des produits récupérés sera ainsi assurée par une meilleure utilisation des ressources disponibles. L'architecture proposée est un modèle objet basé sur le standard UML. Et se développera selon l'articulation suivante. Au préalable, nous allons revenir sur quelques descriptions du langage UML, afin de mieux cerner son utilisabilité dans la proposition de solution, dans notre contexte d'étude. Par la suite, nous allons définir le cas d'utilisation des différents acteurs dans le système, une fois identifiés, ensuite le diagramme d'activité du processus de recyclage cas par cas, et avant d'établir le diagramme de classe qui reste le plus important puisqu'étant le support central des informations.

II - Le langage de modélisation unifié UML

Le langage UML (Unified Modeling Language) est un langage visuel de modélisation qui permet aux gens qui analysent et conçoivent des systèmes orientés objet de visualiser, de construire et de documenter l'architecture d'un système d'information. UML est né en 1994 d'une fusion de trois principaux langages de modélisation orientés objet, soient (Bennett et al. 2001) :

- La méthode OMT de Rumbaugh (Object Modeling Technique) ;
- La méthode BOOCH'93 de Booch ;
- La méthode OOSE de Jacobson (Object Oriented Software Engineering).

Ce langage unifié a été accepté en tant que standard international en novembre 1997, dans sa version 1.1, par l'OMG (Object Management Group).

Le standard UML propose différents types de diagrammes qui permettent la représentation des objets et de leurs liens de manière à assurer le bon déroulement des activités à supporter. On distingue ces diagrammes par les :

- Vues statiques, c'est-à-dire le système tel qu'il est physiquement :

- Diagrammes d'objets ;
 - Diagrammes de classes ;
 - Diagrammes de cas d'utilisation ;
 - Diagrammes de composants ;
 - Diagrammes de déploiement ;
- Vues dynamiques, en détaillant le fonctionnement du système :
- Diagrammes de séquence ;
 - Diagrammes de collaboration ;
 - Diagrammes d'états-transitions ;
 - Diagrammes d'activités.

Par ces représentations graphiques, le standard UML permet de générer automatiquement le code de programmation qui sera directement exploitable par le système informatique. Certains de ces diagrammes ne servent que dans une phase d'analyse fine des relations entre les différents éléments (classes, acteurs, fichiers sources, librairies, etc.) du système en vue d'élaborer la structure du support d'information, alors que d'autres servent plutôt à la mise en œuvre de ce support (les ressources matérielles, la disposition physique des matériels qui composent le système, les contraintes de compilation, etc.). Par ces diverses vues, il est possible de supporter la démarche de la réingénierie des processus opérationnels, depuis la phase d'analyse du système existant, jusqu'à l'implantation du support informatique ainsi élaboré. Les différents acteurs impliqués dans l'élaboration du support informatique pourront, de la sorte, avoir accès à des informations communes et unir leurs efforts vers l'atteinte des objectifs ciblés.

La plateforme d'échanges d'information pour le recyclage qui va être mise en place via des modèles UML, tiendra en compte dans son sein l'ensemble du processus du recyclage. Il devient clair selon le schéma ci-dessous, que le partage d'information entre l'expert en conception qui détient de large information sur le produit, et l'expert en rétro-ingéniering, aboutirait en une valorisation optimale du produit en fin de vie (Figure 4.1).

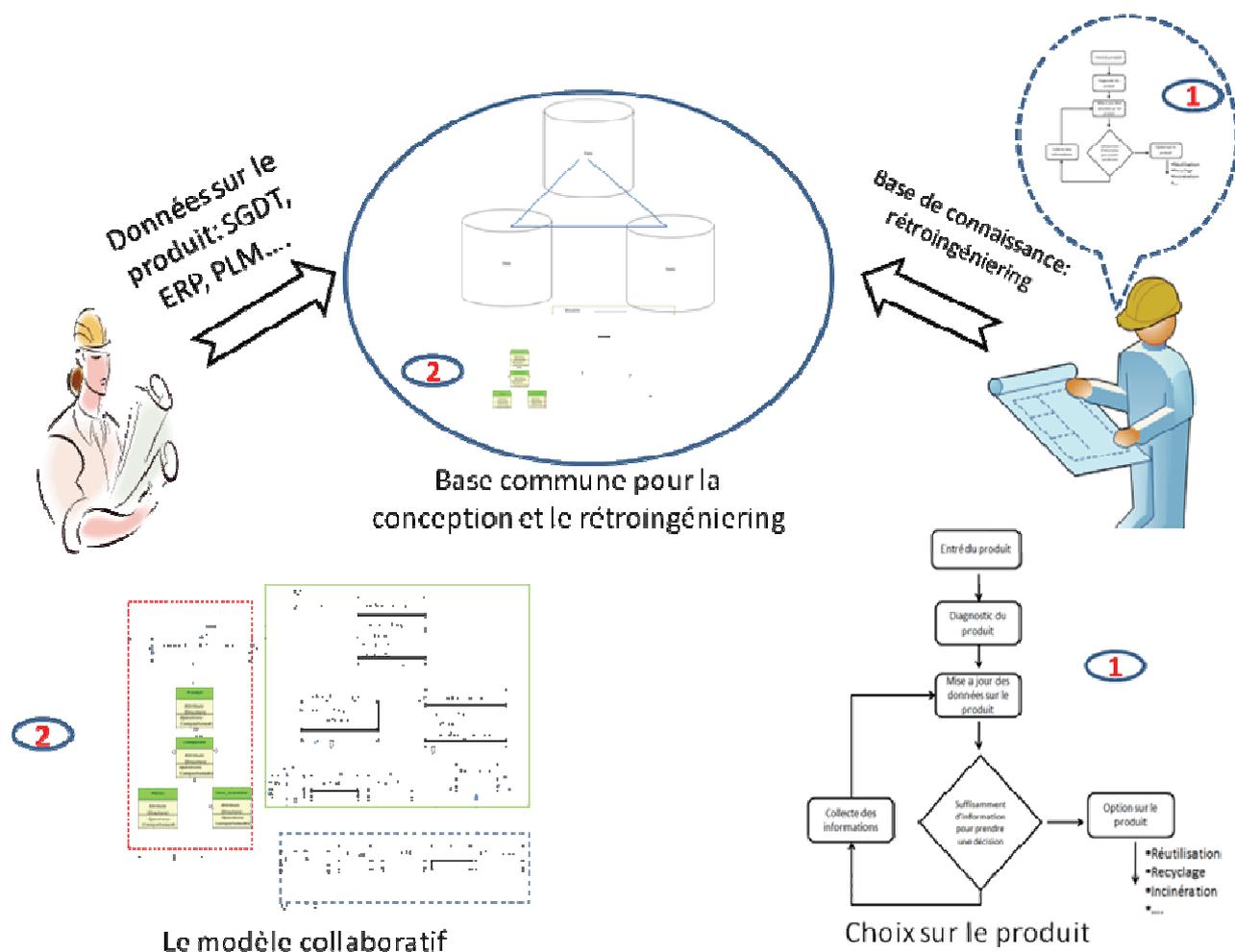


Figure 5-1 : Partage de connaissances autour du modèle 2 l'option 1

Cette figure (Figure 5-1), qui décrit le modèle de partage globale d'information, sera centrée comme l'indique 2 sur le modèle Produit-Processus-Organisation proposé dans le chapitre 3 du manuscrit. Ainsi, la décision optimal pour une valorisation du produit pourra être prise et dans un cadre collaborative entre acteurs.

III - Modèle pour la structure collaborative

Le système est réservé prioritairement aux Acteurs intervenant suivant les étapes de C à G selon la figure ci dessous (figure 5-2). Il rassemble en son sein l'ensemble des fonctions nécessaire pour la récupération d'éléments dans un produit arrivé en fin de vie.

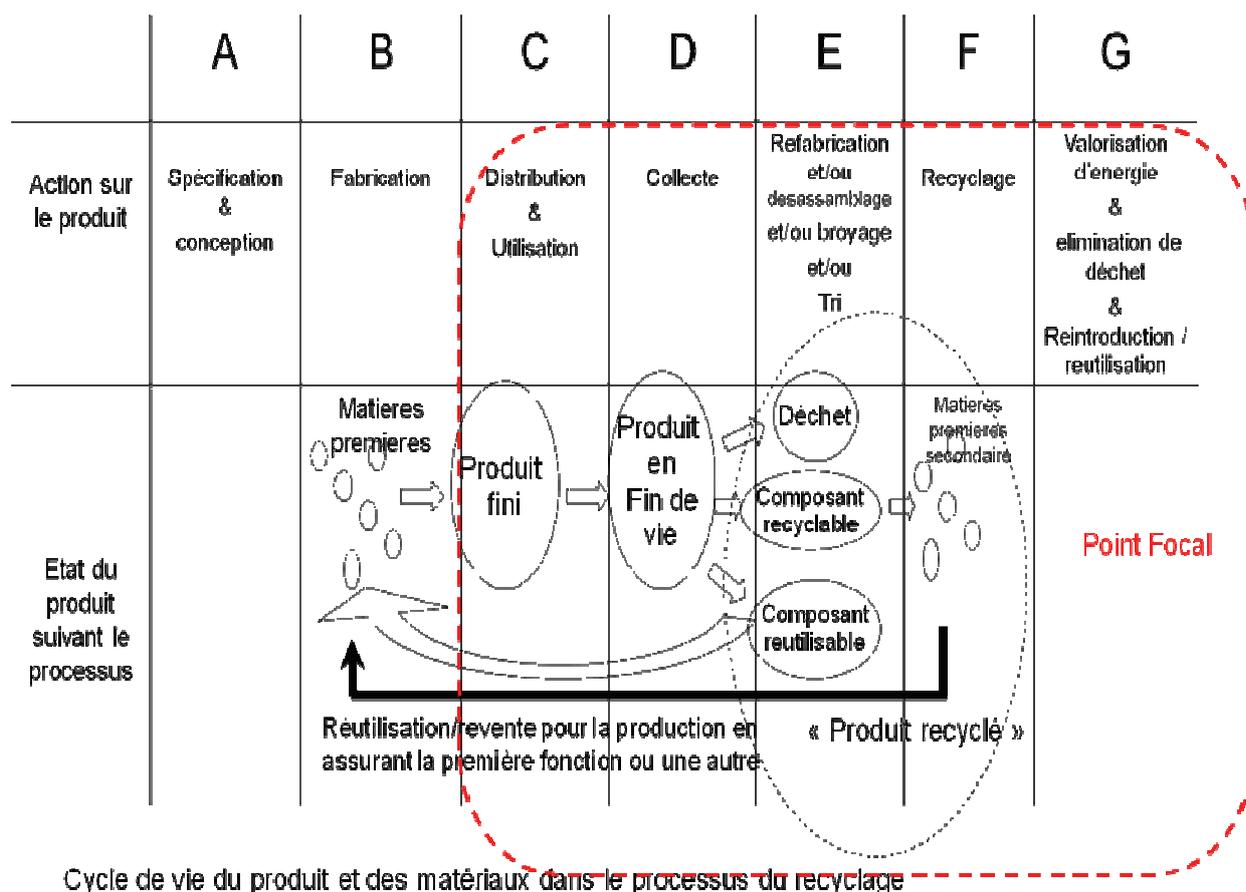


Figure 5-2 : Les étapes de décomposition du produit depuis sa fin de vie

III.1 - Le processus global et Option sur le produit

Le produit arrivé en fin de vie de vie est introduit et selon les résultats du diagnostic et avec toutes informations obtenues et donner sur le produit, soit il est réparé pour une réutilisation, soit il est démonté pour une réutilisation éventuelle des composant ou pour un recyclage. L'étape du tri suit à celle du désassemblage ou démontage. La séparation et le tri font appel à des technologies et outils d'experts utiles d'être maitrisés, et les différentes informations selon ces traitements seront stockées. Un calcul du taux résiduel du futur élément à réutiliser comme produit ou composant de seconde main ou pièces détachées, est effectué par un expert selon les critères et exigence du marché.

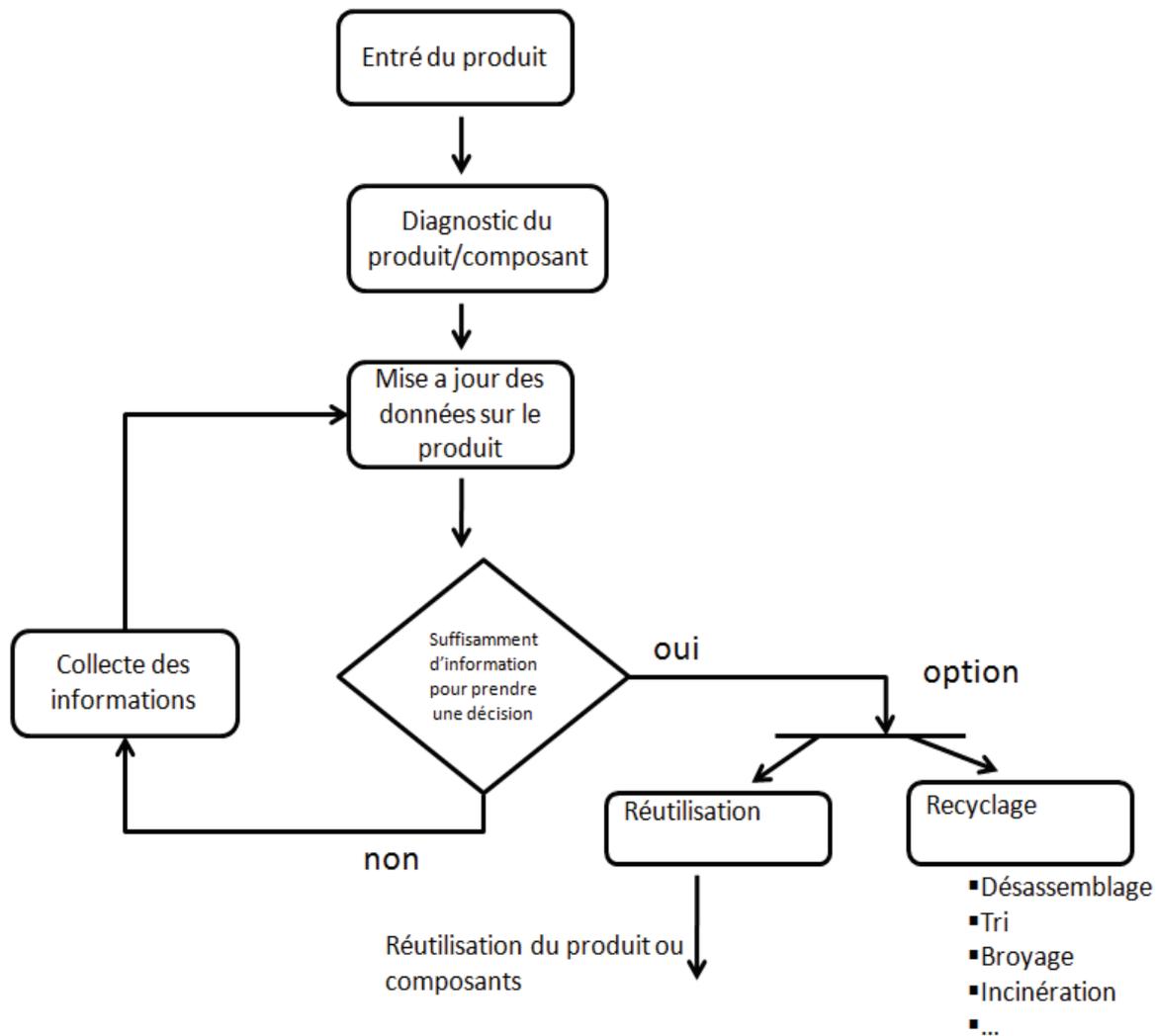


Figure 5-3 : Option de valorisation du produit

Les produits entrants passent dans un centre de diagnostic définie ou qui peut le centre de décision, dont le rôle principal est de déterminer si le produit peut être réparé ou non. Après ce diagnostic, les produits entrent, soit dans le secteur de réparation, soit dans le secteur de démontage.

Le diagnostic est effectué par un expert qui, en fonction de l'état du produit, de son expérience des produits et des habitudes des utilisateurs, va déterminer l'orientation du produit. Cette analyse est effectuée selon les aspects externes des produits.

Le diagnostic est une étape importante dans la mesure où elle influence l'activité de démontage. Un mauvais diagnostic peut entraîner une perte de temps considérable, monopoliser inutilement certaines ressources (hommes ou outils), diminuer la production, etc.... Les critères permettant un bon diagnostic restent difficiles à établir et à évaluer dans

la mesure où l'intérieur des produits n'est pas facilement accessible. L'expertise d'un spécialiste est nécessaire.

La bonne décision serait relative à la meilleure option de récupération des éléments du produit ou du produit tout entier. Et cette décision reste conditionnée par la totalité des informations que détiennent les décideurs pour choisir une option.

III.2 - Fonctionnement des phases

Après le diagnostic du produit, l'on décide de sa réutilisation (réutilisation directe ou après réparation) ou de l'envoyer dans le cycle du recyclage (désassemblage, tri, broyage...).

Ci-dessous nous décrivons le cas d'utilisation et les activités physiques qui se déroulent dans deux ateliers spécifiques, puisque n'étant pas évident de décrire tous les processus en détail dans ce mémoire. Nous en choisissons deux options la réparation et le démontage.

III.2.1 - Option de réparation

Dans l'atelier de réparation (ou l'équipe de réparation), l'expert accueille les produits sur lesquels le remplacement des composants défectueux est envisagé. Ces composants sont réparés ou remplacés par des pièces détachées provenant directement du stock qui est alimenté par d'autres composants récupérés antérieurement.

i) Le diagramme cas d'utilisation :

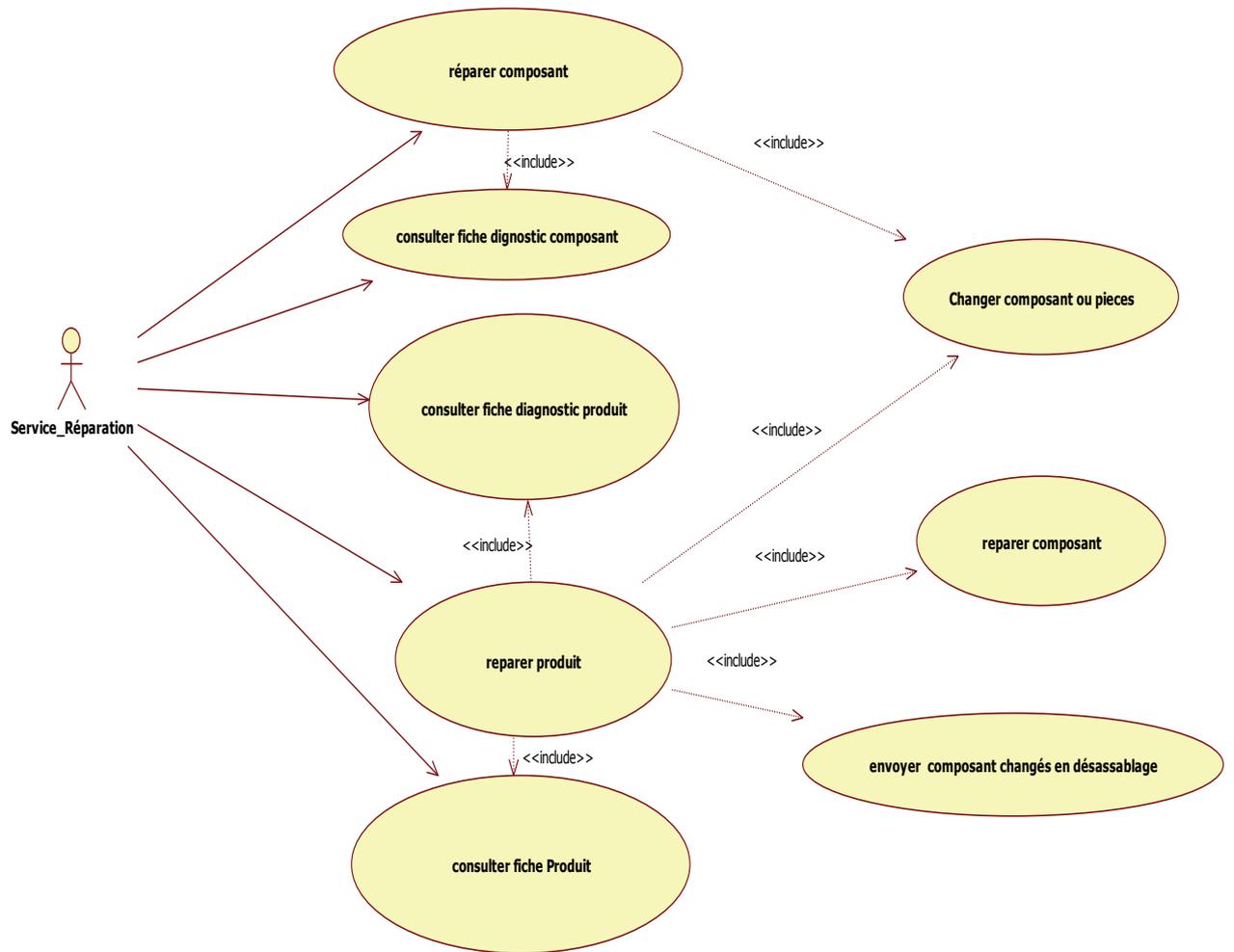


Figure 5-4 : Diagramme de cas d'utilisation des acteurs du service Réparation

ii) Diagramme d'activité

Activité de réparation des produits ou composants

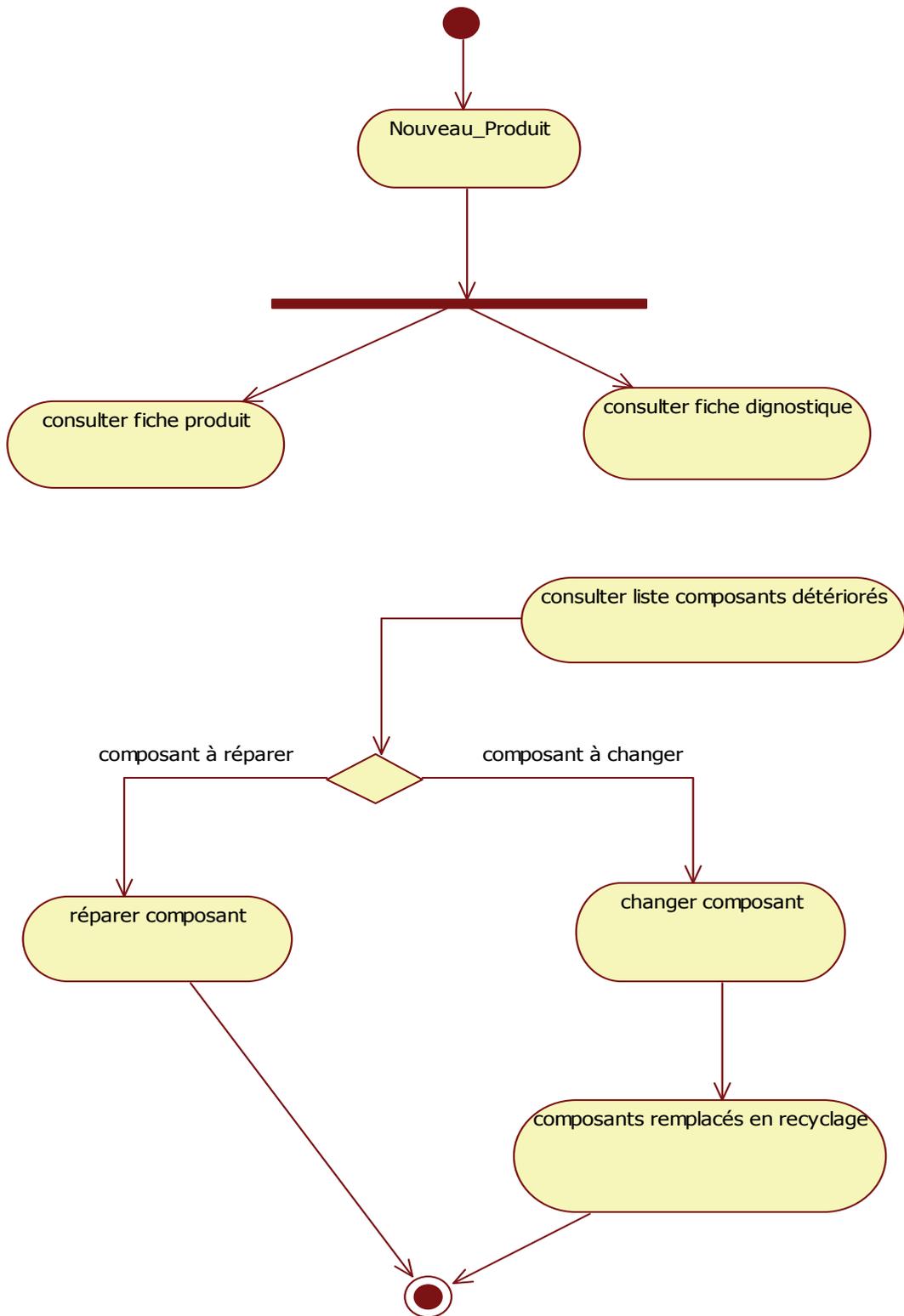


Figure 5-5 : Diagramme d'activité des acteurs du service Réparation

III.2.2 - Option de recyclage : cas du démontage

L'atelier de démontage, comportant des cellules qui démontent les produits en fin de vie pour extraire les composants ayant une valeur « pièce détachée » ou pour faciliter la récupération de « matière première secondaire ». La liste des composants à démonter provient du Diagnostic et il s'agit pour les opérateurs de parvenir rapidement à démonter les pièces sélectionnées sans les détériorer. Ils doivent assimiler rapidement toutes les informations concernant les différents produits à traiter (les familles, les types, les composants, les concepts, les outils indispensables, les pannes fréquentes, ...) et utiliser ces connaissances afin de récupérer les composants avec un minimum de destruction. Le fonctionnement des constituants est vérifié avant ou après leur démontage en fonction des essais à effectuer.

i) Le diagramme cas d'utilisation :

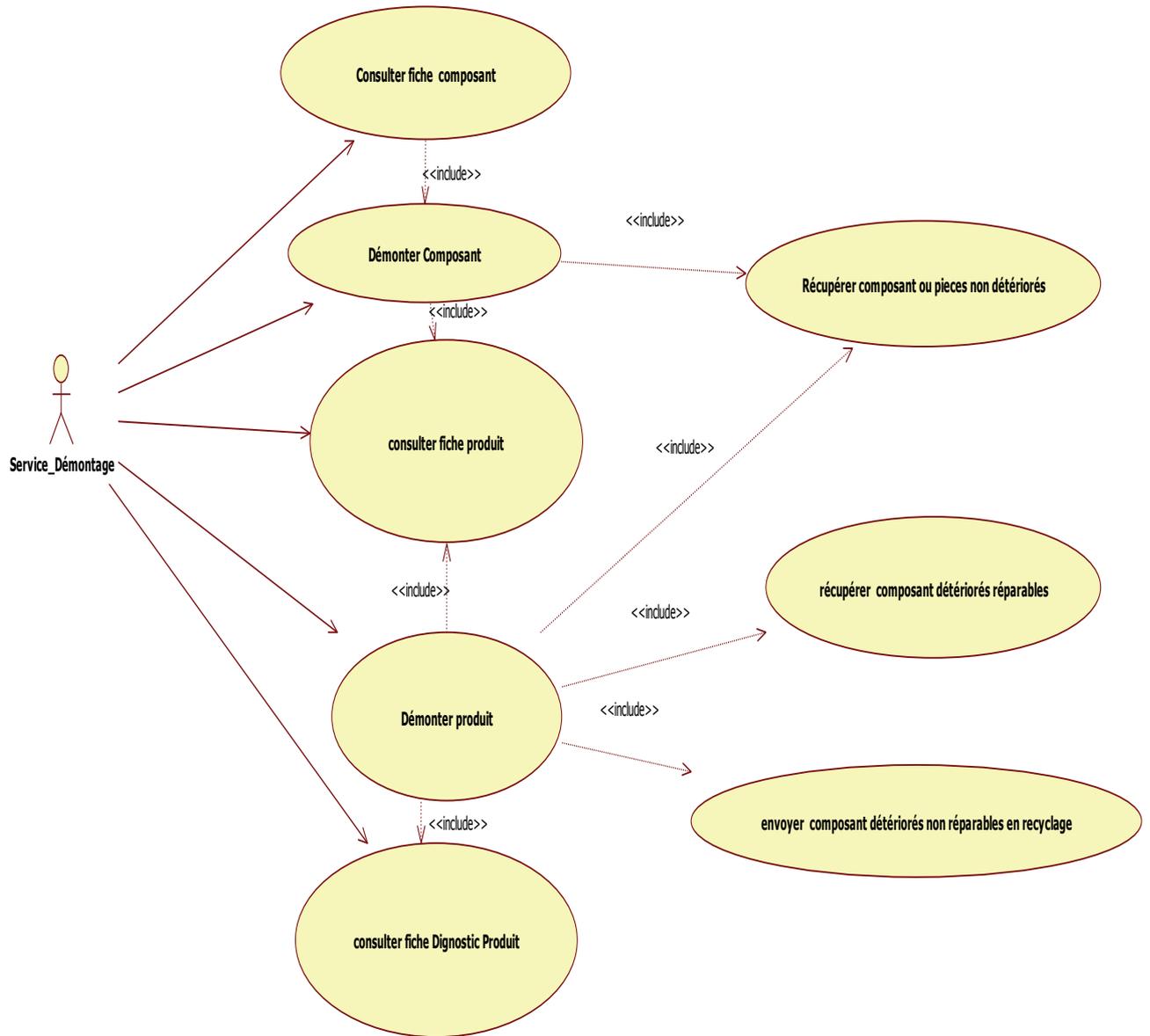


Figure 5-6 : Diagramme de cas d'utilisation des acteurs du service Démontage

ii) Diagramme d'activité

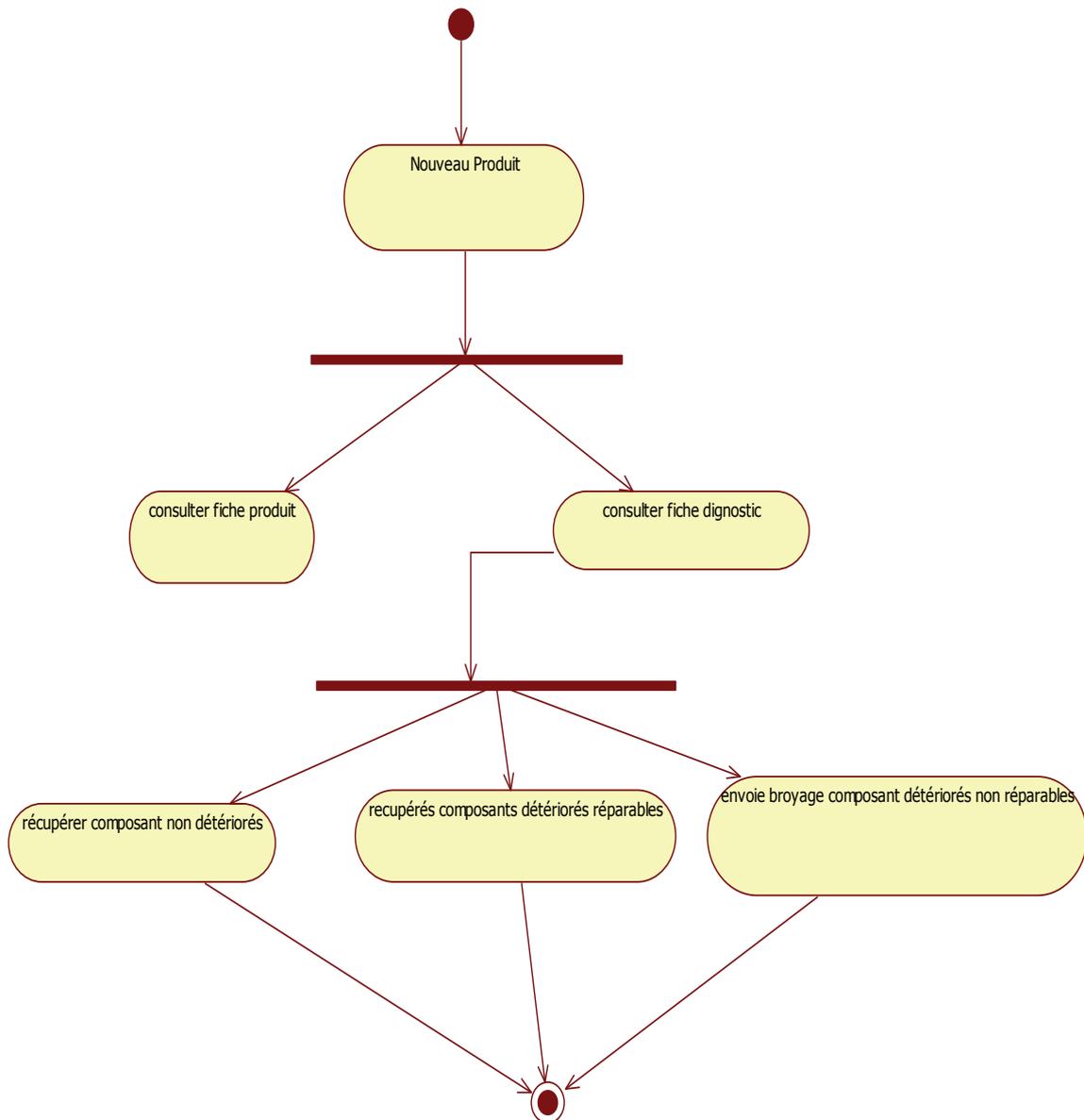


Figure 5-7 : Diagramme d'activité des acteurs du service Démontage

IV - Diagramme et caractéristiques des classes du processus général

IV.1 - Le diagramme de classe support du système d'information

Le diagramme de classes est la partie fondamentale à toute modélisation orientée objet. Cette vue statique du modèle représente l'ensemble des classes nécessaires au bon fonctionnement du système modélisé. C'est l'architecture du support d'information. Ce

diagramme présente les liens possibles, les associations, pouvant se créer entre chaque objet.

Une association entre deux classes exprimera une connexion sémantique bidirectionnelle. Les caractéristiques essentielles des associations sont les cardinalités. Ces cardinalités précisent le nombre d'instances d'objet pouvant participer à une relation.

L'architecture du support d'information proposé répond aux divers besoins et attentes exprimés pour un recyclage optimal et conduit par le centre de décision et des intervenants, Ils seront étroitement impliqués dans l'élaboration des cadres et procédures de rétro-ingénierie des processus de déconstruction.

Le principal intérêt de ce support concerne la possibilité de regrouper l'ensemble des métiers tournant au tour du produit à travers les données qu'ils vont enregistrer et obtenir sur ce produit.

IV.2 - . Caractéristiques des classes du modèle

Il sera fastidieux d'étudier une à une l'ensemble des 16 classes, néanmoins nous allons faire la description fine des plus importantes classes, le reste d'information sur les autres pourront être visualisées dans le tableau « dictionnaire des termes » :

IV.2.1 - Classe Produit

La classe Produit, est une classe générique abstraite recensant toutes les informations utiles pour la réutilisation ou décomposition du produit

Attributs :

- Ref_produit: La référence du produit
- Etat_produit : Etat du produit après la collecte
- Dateretrait_produit: Date de retrait du produit
- Datefingarantie_produit : Date de fin da garantie du produit
- Nom_produit: Nom du produit
- Type_produit: Le type de produit
- Datefab_produit: Date de fabrication du produit : permet de calculer l'âge du produit
- volume_produit: Le volume du produit
- Fonction_produit: La fonction première du produit avant recyclage
- NbrePanne_produit: Le nombre de fois que le produit est tombé en panne
- TypePanne_produit: Les types de panne du produit
- TauxRecyclabilité_Produit: Le taux de recyclabilité du produit
- CoutDesassemblage_Produit: Le cout de désassemblage du produit
- CoutReutilisation_Produit: Le cout de reutilisation du produit

- CoutReparation_Produit: Le Cout de réparation du produit

Opérations :

- calculerAgeProduit() : il permet de calculer l'âge du produit
- calculerTauxRecyclabiliteProduit() : calculer le taux de recyclabilité du produit
- calculerCoutDesassemblageProduit() : calculer le cout de désassemblage du produit
- calculerCoutReparationProduit() : calculer le cout de réparation du produit
- calculerCoutRecyclageProduit() : Calculer le cout de recyclage des éléments du produit
- estimerPanneProduit() : Estimer les différentes pannes du produit
- EnregistrerProduit() : enregistrer le produit arrivé dans le système
- RechercheProduit() : Recherche des informations sur le produits
- RechercherParCritereProduit() : rechercher par critères des informations sur le produit
- AjouterProduit() : Ajouter un produit dans le projet
- ModifierProduit() : modifier des information sur le produit
- SupprimerProduit() : supprimer des informations produit

IV.2.2 - Classe composant

La classe Composant, est une classe abstraite recensant toutes les informations aux composants du produit. Informations utiles pour une meilleure valorisation du composant.

Attributs :

- ref_composant: La référence du composant
- nom_composant: Nom du composant
- nature_composant: Nature du composant : de quelle matière ou matériaux il est constitué
- age_composant: L'âge du composant : tenant compte de sa première utilisation ou d'autres
- fonction_composant: La fonction actuelle : il peut déjà être utilisé pour une autre fonctionnalité

- FinGarantie_composant: La Date de fin de garantie du composant
- CoutReparation_Composant: Le cout de réparation du composant
- TypeLiaison_Composant: Type de liaison du composant avec les autres
- CoutDesassemblage_Composant: Cout de désassemblage du composant
- DureeDeVieResiduelle_Composant: La durée de vie résiduelle du composant
- Nombredeliaison_Composant: Nombre de liaisons du composant avec les autres
- Cout_Reutilisation_Composant: Le cout de réutilisation du composant, revente et autres

Opérations :

- calculerAgeComposant() : il permet de calculer l'âge du composant
- calculerTauxRecyclabiliteComposant() : calculer le taux de recyclabilité du composant
- calculerCoutDesassemblageComposant() : calculer le cout de désassemblage du composant
- calculerCoutReparationComposant () : calculer le cout de réparation du Composant
- calculerCoutRecyclageComposant () : Calculer le cout de recyclage du Composant
- estimerPanneComposant () : Estimation des différentes pannes du Composant
- CalculDureeResiduelleComposant() : caculer la durée residuelle du Composant
- EnregistrerComposant () : enregistrer un Composant
- RechercheComposant () : Recherche des informations sur un Composant
- AjouterComposant () : Ajouter un Composant
- ModifierComposant () : modifier des informations sur un Composant
- SupprimerComposant () : supprimer un Composant

IV.2.3 - Classe Projet

La classe Projet recense toutes les informations utiles pour la bonne marche du projet de recyclage du produit.

Attributs :

- Id_Projet : identification du projet
- Nom_Projet : qui donne le nom du projet
- dateCreation_Projet : la date de creation du projet

- dateDeb_Projet : qui donne la date de début du projet
- dateFin_Projet : qui donne la date de fin du Projet
- cout_Projet : le cout du projet
- acteur_projet : qui donne les différents du projet
- localisation_Projet : qui donne la localisation du projet
- Niveau_Projet : qui donne le niveau actuel du projet

Opérations :

- SpecifierLocalisationProjet() : specification de la localisation du projet
- SpecifierNiveauProjet() : Specifier le niveau du projet
- SpecifierCoutProjet() : Specification du cout du projet
- SpecifierRessourcesProjet() : specification des ressources du projet
- RechercherProjet()
- AjouterProjet()
- ModifierProjet()
- SupprimerProjet()

V - Architecture de plateforme proposée

Nous proposons ici une architecture de système d'informations pour supporter la capitalisation des connaissances, le partage des données pour la conduite de projets de recyclage.

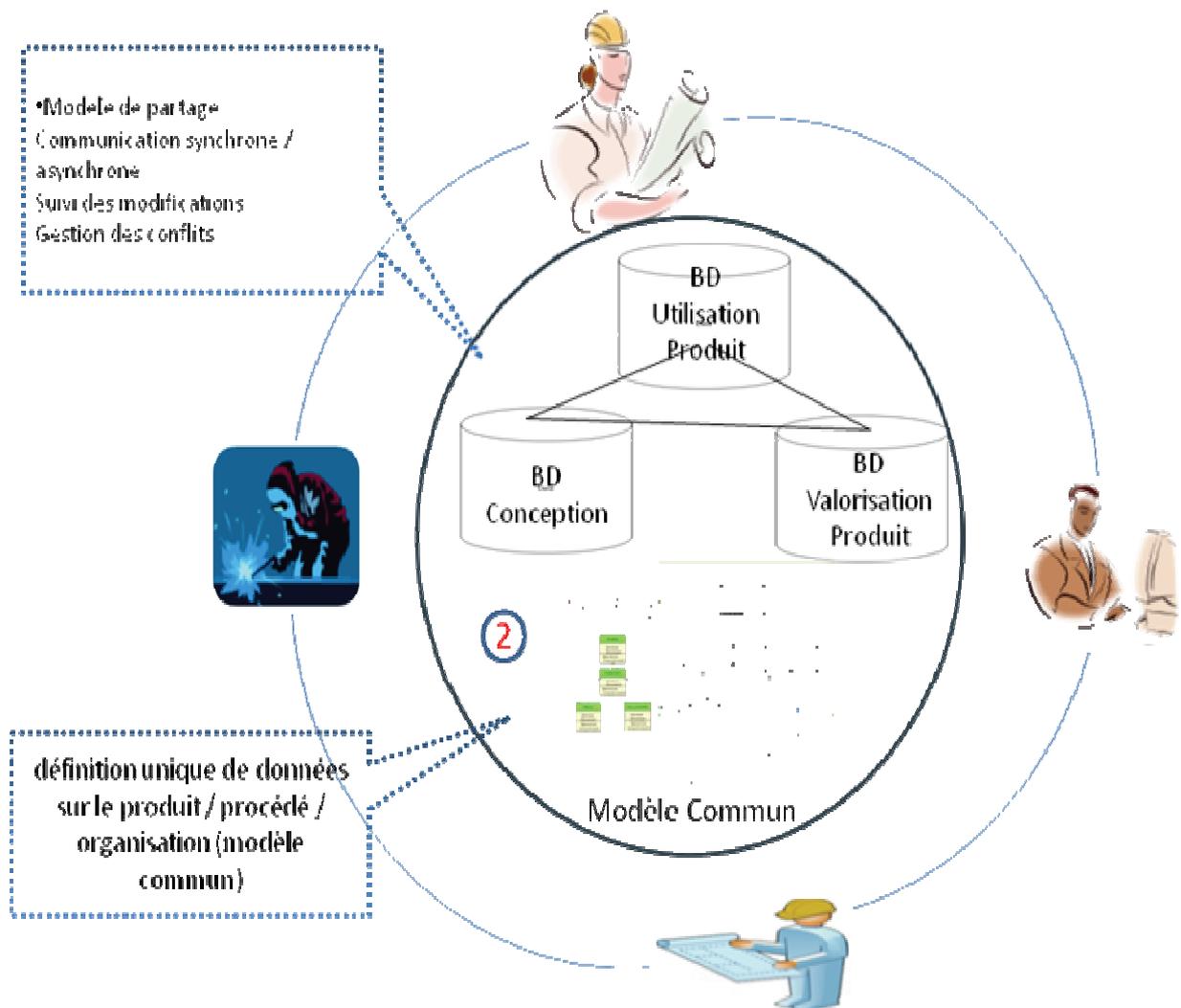


Figure 5-9 : Plateforme d'intégration des Base de données pour le recyclage

En effet la mise en place d'une plateforme de partage, d'échange et de stockage des informations, faciliterait le travail collaboratif, entre les différents experts intervenants dans le projet. Et l'efficacité d'une telle plate forme se mesure en termes de complétude, d'indépendance, d'ouverture et d'évolutivité, c'est-à-dire, cette plateforme devrait soutenir les besoins suivants [Sadeghi, 2008]:

- **la plate-forme technologique devrait être un système ouvert** afin d'une part d'assurer son évolution pour assister l'intégralité du processus de conception et d'autre part d'en faciliter l'acceptation de la part du groupe des experts issus de divers secteurs disciplinaires participant au projet. La plateforme ouverte est un

élément essentiel pour le support d'une démarche de conception collaborative. L'ouverture permettrait de faciliter l'intégration de supports informatiques existants.

- **intégrer les outils spécifiques des disciplines différentes** : Il devrait être possible d'intégrer les différents types d'outils de différentes disciplines. Ceci nécessite le développement d'un modèle central de partage et d'une couche d'intégration dynamique qui définit des interfaces et des configurations de communication.
- **le partage des données et l'intégration des points de vue métier** : une plateforme intégrative doit gérer la duplication de l'information entre les outils, la synchronisation et le maintien de sa cohérence. Dans les outils spécifiques de la conception, certaines informations communes se retrouvent sous différentes représentations. Cette information indique une relation entre les différentes vues de la conception. Bon nombre de mécanismes d'intégration devraient permettre la spécification de ces informations et la représentation des interactions entre différents types d'informations utilisables lors de la définition des points de vue métier
- **gestion d'un modèle commun** : il est nécessaire de disposer de fonctionnalités telles que le stockage des modèles, la manipulation de versions et variantes de modèles, la gestion de demande de modification, la gestion des conflits, etc.
- **l'architecture de la plateforme** : devrait assurer interopérabilité entre différents outils. L'architecteur peut être orientée vers une approche dirigée par les modèles. Ce mouvement vers des plateformes fondées sur des Modèles est particulièrement intéressant pour la conception des systèmes d'informations distribués.

Et le schéma ci dessus (Figure 4.8) constitue l'exemple idéale de support technologique de travaille collaboratif, qui s'est basé sur le modèle Produit- Processus et Organisation proposé.

VI - Conclusion

Une plate forme dédiée au processus de recyclage des produits manufacturés est proposée dans ce chapitre, avec ces modes de fonctionnement. Ceci dans le but d'assurer une meilleure coordination de l'ensemble des activités et des informations liées au processus de recyclage. Une gestion plus efficiente du traitement des produits récupérés sera ainsi assurée par une meilleure utilisation des ressources disponibles. L'architecture du système

d'information proposée est un modèle objet basé sur le standard UML et son implémentation est faite en Java/UML avec un cas d'application dans le secteur automobile présenté dans le chapitre suivant.

**CHAPITRE 6 : IMPLEMENTATION ET EXEMPLE
D'APPLICATION DANS LE SECTEUR
AUTOMOBILE**

Dans ce chapitre on se propose d'implémenter le modèle développé dans la partie précédente et un cas d'application de la problématique du recyclage est présenté dans la suite.

I. Implémentation

I.1 - Choix de l'architecture

L'objectif premier d'un système d'information quel qu'il soit est de permettre à plusieurs utilisateurs d'accéder aux mêmes informations. Pour cela il faut donc regrouper les informations utilisées par la structure. En terme technique, cela se traduit par la centralisation des données au sein d'une même base de données. L'évolution des systèmes d'information s'est donc basée sur une meilleure subdivision entre les tâches à réaliser pour permettre l'exploitation de ces données par les utilisateurs finaux. Ceci permet de structurer plus efficacement les informations ce qui entraîne à la fois une meilleure organisation de la structure et une meilleure efficacité technique. Cette subdivision a été facilitée par l'avènement des technologies orientées objets qui s'appliquent aussi bien au modèle client-serveur qu'au modèle Internet. Ces technologies permettent une séparation entre les différents composants du système. Il devient alors possible de réaliser de nouvelles architectures permettant la mise à disposition des informations sous différentes formes tout en diminuant les temps de développement. Ces technologies permettent également de faire collaborer une grande diversité de systèmes. On parle alors d'architecture distribuée. Il est ainsi possible de présenter des données en provenance d'un mainframe mélangées à des données en provenance d'un SGBDR, le tout étant affiché dans un browser sur la même page HTML.

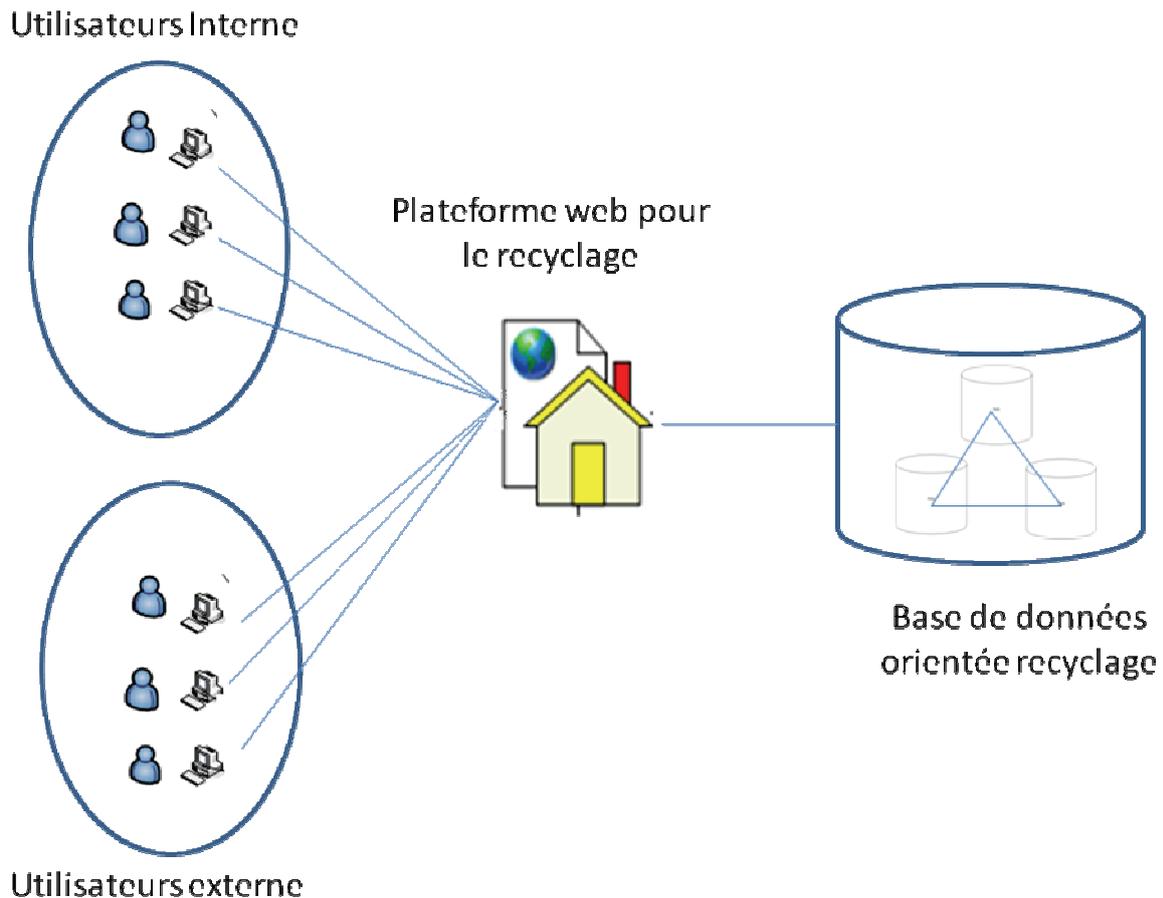


Figure 6-1 : Architecture distribuée du Système du recyclage

Le principe de cette architecture est relativement simple : il consiste à séparer les données de la logique applicative et de la présentation. Ainsi on aura un :

- système de base de données relationnel (SGBDR) pour le stockage des données
- serveur applicatif pour la logique applicative
- navigateur web pour la présentation

L'avantage principal d'une telle architecture est la facilité de déploiement. L'application en elle même n'est déployée que sur la partie serveur (serveur applicatif et serveur de base de données). Le client ne nécessite qu'une installation et une configuration minime. En effet il suffit d'installer un navigateur web compatible avec l'application pour que le client puisse accéder à l'application. Cette facilité de déploiement aura pour conséquence non seulement de réduire le coût de déploiement mais aussi de permettre une évolution régulière du système. Cette évolution ne nécessitera que la mise à jour de l'application sur le serveur applicatif. Ceci est très important car cette évolutivité est un des problèmes majeurs de

l'informatique. Un autre avantage est la sécurité. Dans un type de système client-serveur tous les clients accèdent à la base de données ce qui le rend vulnérable. Avec notre type d'architecture l'accès à la base n'est effectué que par le serveur applicatif. Ce serveur est le seul à connaître la façon de se connecter à cette base. Il ne partage aucune des informations permettant l'accès aux données, en particulier le login et le password de la base. Il est alors possible de gérer la sécurité au niveau de ce serveur applicatif, par exemple en maintenant la liste des utilisateurs avec leurs mots de passe ainsi que leurs droits d'accès (chaque type d'utilisateur avec ces droits) aux fonctions du système. On peut même améliorer encore la sécurité par la mise en place d'une architecture réseau interdisant totalement l'accès au serveur de base de données pour les utilisateurs finaux. La mise en place de firewall correctement configuré permettra ceci. Un autre aspect intéressant est la possibilité d'utiliser le système en Extranet.

I.2 - Réalisation technique

Nous allons présenter ici les choix techniques effectués pour la réalisation de cette architecture. En fait, il existe actuellement plusieurs solutions permettant ce type d'architecture. Ces technologies possèdent chacune leurs avantages et leurs inconvénients. On peut ainsi construire un système basé uniquement sur des technologies Microsoft comme ODBC, ASP, SQL Server... Ces technologies sont relativement efficaces mais ont pour principal inconvénient de n'être pas du tout portables.

La solution choisie ici est basée sur le langage JAVA. Elle utilise un SGBD MySQL, un serveur applicatif JBoss compatible avec J2EE, et un navigateur web comme client. Le JAVA étant un langage cent pour cent portable, le développement du système ne dépendra absolument pas de la machine sur laquelle il fonctionnera.

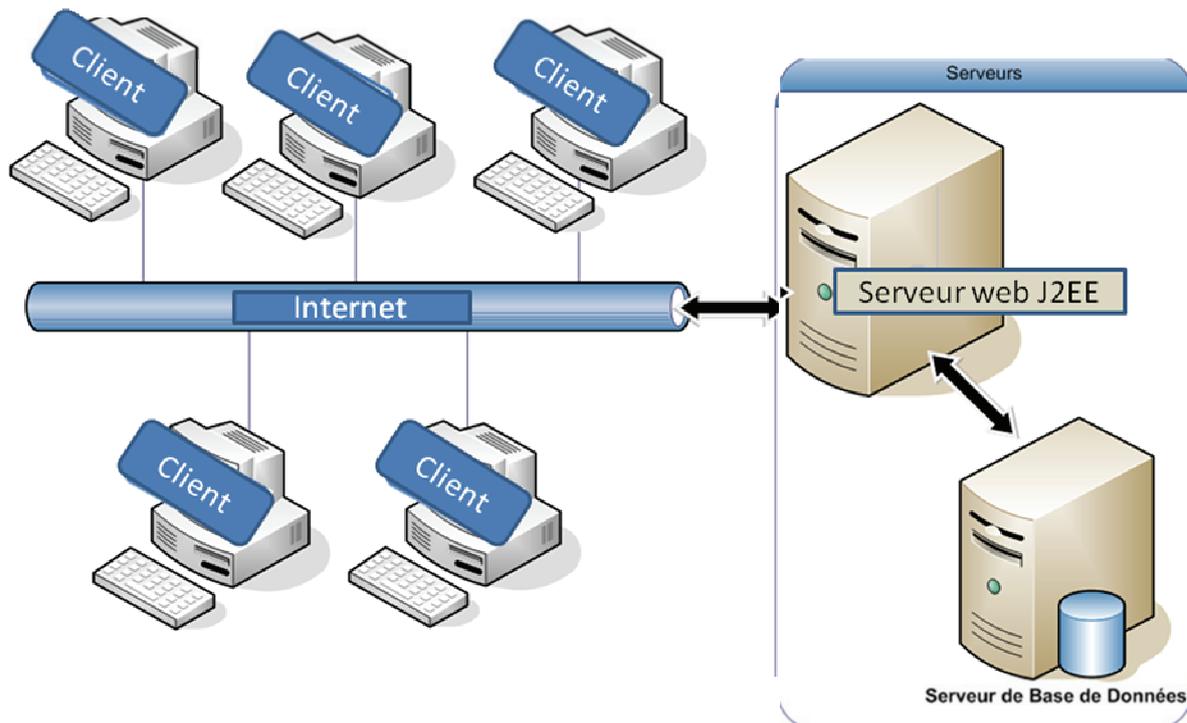


Figure 6-2 : Architecture Informatique du système

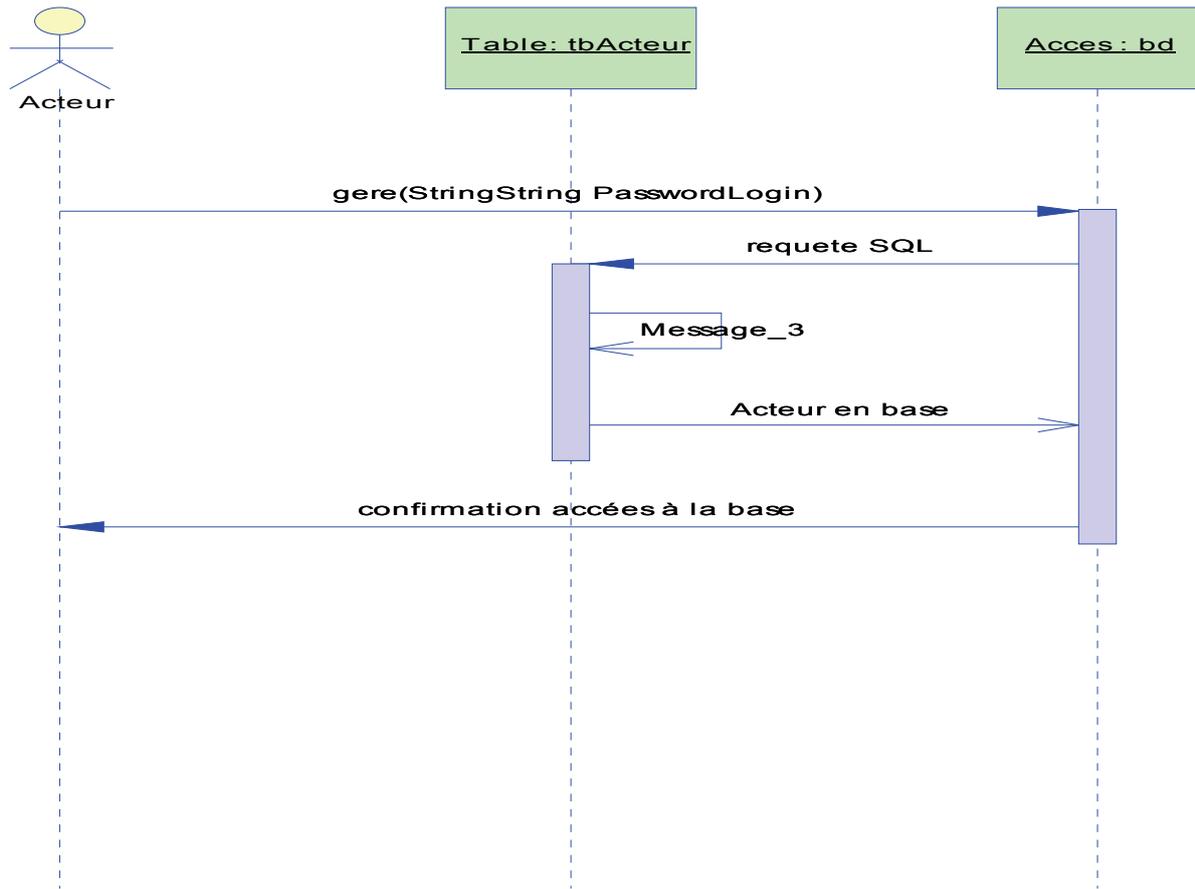
Le langage JAVA est un langage objet qui présente de nombreux avantages. Le premier d'entre eux est de supporter les notions de la programmation orienté-objet (encapsulation, héritage, classe, objet). Il permet une programmation relativement simple sans se préoccuper de notions complexes présentes en C++ (indirection de pointeurs, fonctions virtuelles,...). Mais ces intérêts sont relativement mineurs comparés à l'apport que représente les interfaces de programmation standardisés proposées par Sun. Ces interfaces, couplées à la compilation en un ByteCode exécutable sur une machine virtuelle, donnent aux applications un niveau de portabilité maximale. Dans notre cas nous sommes intéressés par le développement d'une application Intranet utilisant des accès à une base de données. Il existe en JAVA un grand nombre d'API destinées à réaliser ce type de programmation et regroupées sous le terme J2EE (Java 2 Enterprise Edition). Ces API forment ce qu'on nomme un Framework. Il s'agit de proposer des interfaces guidant le développeur vers une architecture prédéterminée. On profite donc à la fois d'un ensemble d'outils indispensables au développement mais aussi d'un guide pour l'élaboration d'une méthode de développement. Ce guide reste suffisamment flexible pour nous permettre d'adapter la structure de notre application à nos besoins. L'objectif majeur de J2EE est la réalisation d'applications en architecture distribuée. Les technologies JAVA intégrées dans cette plateforme sont:

- Enterprise JavaBeans (EJB)
- Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
- Java Servlets 2.1
- Java Server Pages 1.1 (JSP)
- Java Message Service (JMS)
- Java Transaction API (JTA)
- JavaMail 1.1
- Java Database Connectivity 2.0 (JDBC)
- Java Naming and Directory Interface 1.2 (JNDI)
- eXtensible Markup Language (XML)

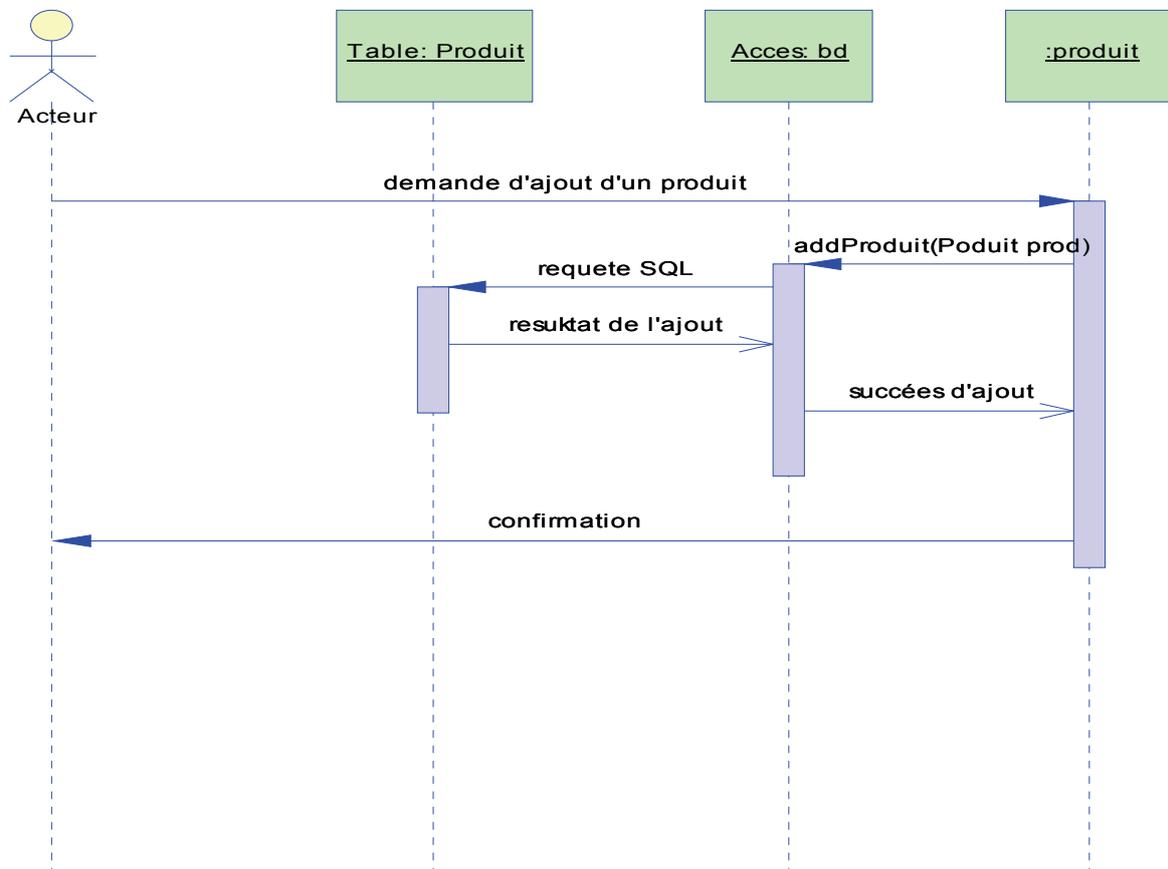
Afin de supporter les différentes technologies JAVA utilisées, il était nécessaire d'utiliser un serveur spécifique. Nous utilisons le serveur Jboss, disponible et libre. Ce serveur gère intégralement l'interface Java 2 Enterprise Edition (J2EE). Il dispose d'une interface d'administration par HTTP (applet JAVA + pages DHTML). Il permet un déploiement à chaud des différents éléments de l'application (pages JSP, fichiers .class). Il suffit donc de déposer au bon endroit les fichiers en question pour que le serveur prenne en compte les modifications et les répercute sur les demande des clients. Cette possibilité facilite énormément le développement.

I.3 - Quelques diagrammes de séquence pour l'utilisation du système

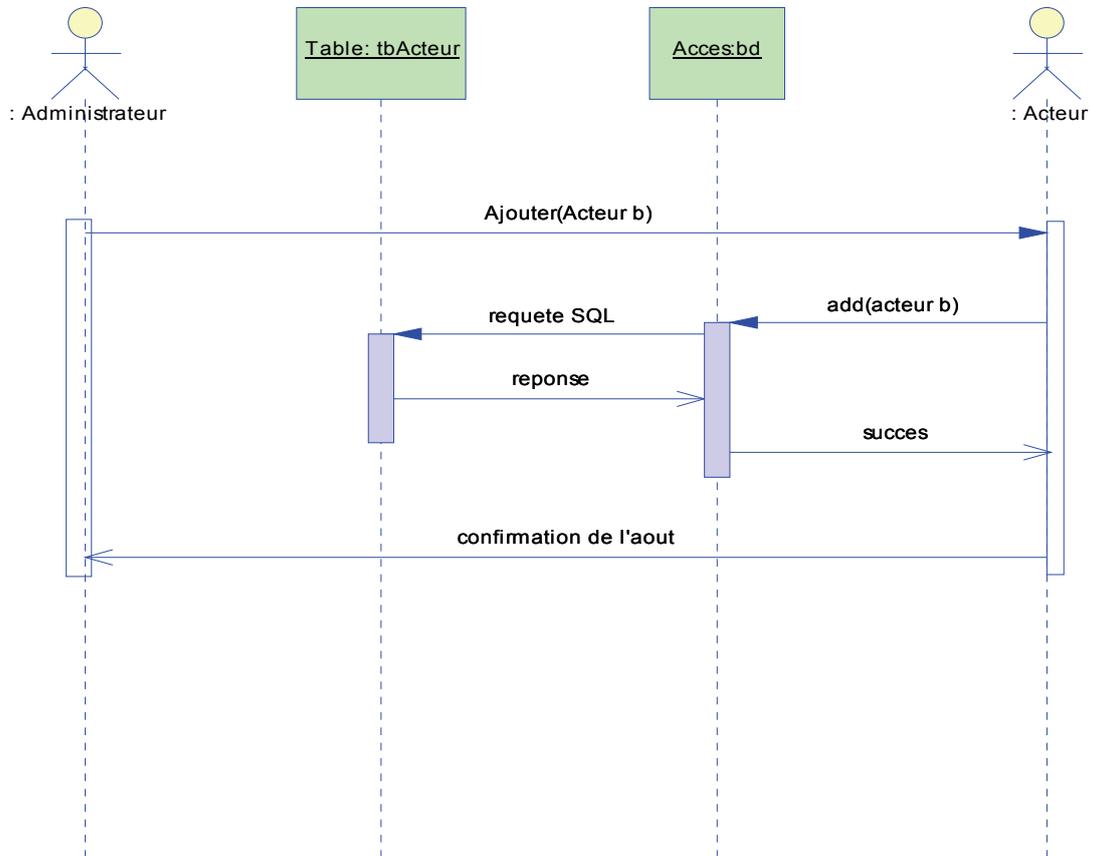
- Cas Authentification :



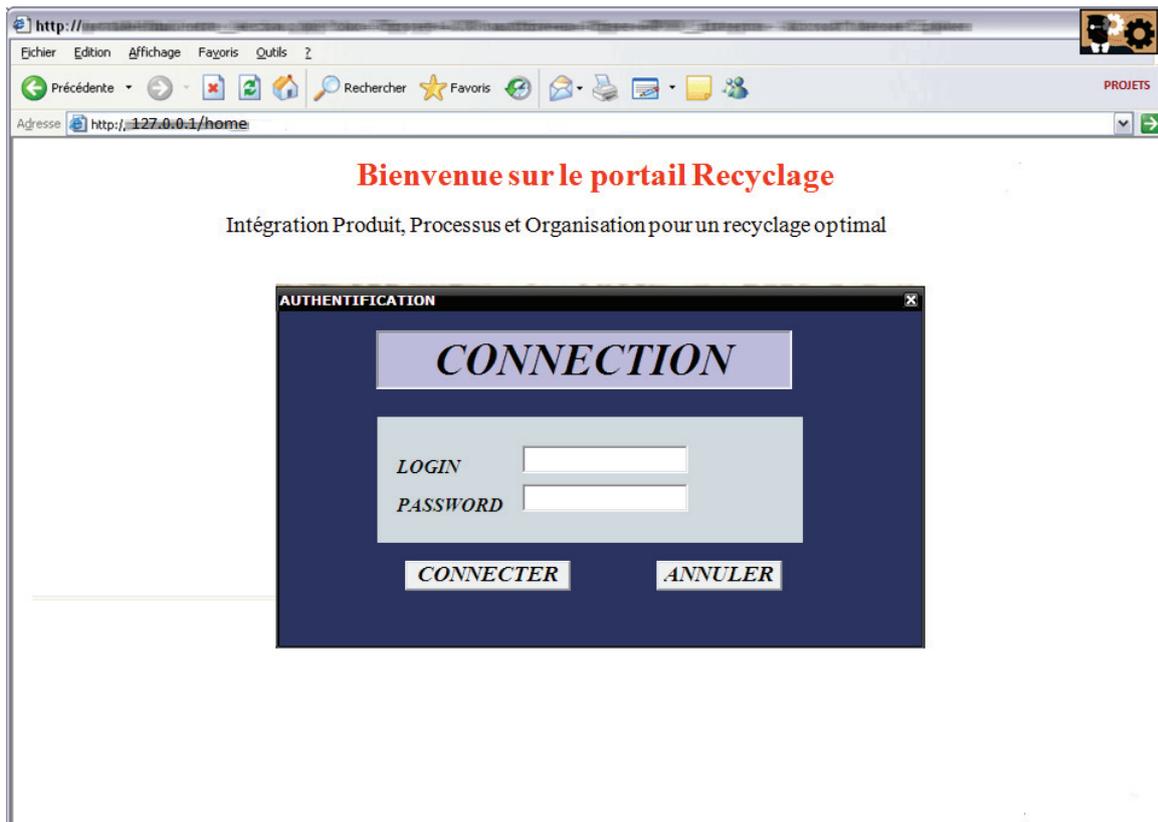
➤ Cas Ajout un produit :



➤ Cas Ajout d'un acteur



I.4 - Quelques prototypes



Cette page permet l'authentification des utilisateurs suivant leur identifiant et mot de passe. Une fois cette vérification passée, l'accès à l'application est possible. Certaines interfaces sont accessibles suivant les paramètres de connexion fixées pour chaque type d'utilisateur.

Connexion : GAYE Khalifa [Deconnexion](#) **Portail Recyclage**

Intégration Produit, Processus et Organisation pour un recyclage optimale

[PRODUIT](#) [PROCESSUS](#) [ORGANISATION](#)

Produit et ses composants

Référence	<input type="text"/>	Date fin garantie	<input type="text"/>
Libellé	<input type="text"/>	Couleur	<input type="text"/>
Type	<input type="text"/>	Taux recyclabilité	<input type="text"/>
Date fabrication	<input type="text"/>	Coût Recyclage	<input type="text"/>
Volume	<input type="text"/>	Coût desassemblage	<input type="text"/>
Fonction	<input type="text"/>	Coût réparation	<input type="text"/>
Date retrait	<input type="text"/>	Coût incinération	<input type="text"/>
Etat	<input type="text"/>	Coût réutilisation	<input type="text"/>
Type de pannes	<input type="text"/>	Nombre de pannes	<input type="text"/>

Les composants du produit

Réf	Libellé	Nature	Age	Fonction	Version	Date fin garan	Coût réparati	Coût recycling	Taux res	Type fix	Nombre lixiv	Coût desassembl

[Enregistrer](#)
[Annuler](#)

Cette page permet d'enregistrer des informations concernant un produit ou ces composants, une fois visualisé. On rappelle qu'il n'est autorisé à tous les utilisateurs d'accéder à n'importe quel type d'information.

Cette même interface est reprise ci-dessous de manière beaucoup plus visible.

Produit et ses composants

Référence	<input type="text" value="Choisir produit"/>	Date fin garantie	<input type="text" value="/ /"/>
Libellé	<input type="text"/>	Couleur	<input type="text"/>
Type	<input type="text" value="Choisir type"/>	Taux recyclabilité	<input type="text"/>
Date fabrication	<input type="text" value="/ /"/>	Coût Recyclage	<input type="text"/>
Volume	<input type="text"/>	Coût desassemblage	<input type="text"/>
Fonction	<input type="text"/>	Coût réparation	<input type="text"/>
Date retrait	<input type="text" value="/ /"/>	Coût incinération	<input type="text"/>
Etat	<input type="text" value="Choisir etat"/>	Coût réutilisation	<input type="text"/>
Type de pannes	<input type="text"/>	Nombre de pannes	<input type="text"/>

Les composants du produit

Réf	Libellé	Nature	Age	Fonction	Version	Date fin garar	Côut réparatic	Côut recyclag	Taux res	Type fixe	Nombre liaisc	Côut dessasemb

Cette page permet l'ajout d'un produit, l'ensemble des champs sont énumérés, le bouton 'Ajouter' permet après vérification correcte des champs, d'ajouter en base et sur le tableau en bas le nouveau produit.

Ajouter Produit

Libellé	<input type="text"/>	Date fin garantie	<input type="text" value="/ /"/>
Type	<input type="text" value="Choisir type"/>	Couleur	<input type="text"/>
Date fabrication	<input type="text" value="/ /"/>	Taux recyclabilité	<input type="text"/>
Volume	<input type="text"/>	Coût desassemblage	<input type="text"/>
Fonction	<input type="text"/>	Coût réparation	<input type="text"/>
Date retrait	<input type="text" value="/ /"/>	Coût Recyclage	<input type="text"/>
Etat	<input type="text" value="Choisir etat"/>	Coût incinération	<input type="text"/>

Réf	Lib	Type	Date fab	Volume	Fonction	Date Ret	Etat	Date fin c	Couleur	Taux Rec	Coût des	Coût Réf	Coût Rec	Coût Inciné

Idem que la précédente, cette page permet l'ajout d'une ressource, l'ensemble des champs sont énumérés, le bouton '**Ajouter**' permet après vérification correcte des champs, d'ajouter en base et sur le tableau en bas la nouvelle ressource.

Ajouter Ressource

<i>Libellé</i>	<input type="text" value="RESS1"/>	<i>Fonction</i>	<input type="text" value="protège le moteur..."/>
<i>Type</i>	<input type="text" value="TPRS1"/>	<i>Coût</i>	<input type="text" value="265 Euros"/>
<i>Localisation</i>	<input type="text" value="Localisation..."/>	<i>Etat</i>	<input type="text" value="Assez bien"/>
<i>Date disposition</i>	<input type="text" value="12/05/2010"/>		

Réf	Libellé	Type	Localisation	Fonction	Coût	Etat	date disposition
REFRS001	RESS1	TPRS1	Localisation...	protège le mot	265 Euros	Assez bien	12/05/2010

II - Exemple d'application dans le secteur de l'automobile

II.1 - Problématique de l'industrie automobile

L'industrie automobile reste le secteur qui est le plus lié au problème du recyclage. Chaque année, en France, ce sont environ 1,8 millions de cartes grises qui sont détruites et de véhicules qui deviennent des épaves. Celles-ci sont généralement récupérées par des démolisseurs, qui vivent de la revente de pièces d'occasion à des particuliers et de la vente de la carcasse aux broyeurs ; ces derniers recyclent essentiellement les métaux (ferraille, aluminium, cuivre). A ce stade, 75 pour cent du véhicule a été recyclé ; le reste, appelé RBA (Résidu de Broyage Automatique), est mis en décharge ; il comprend des plastiques, du verre, des caoutchoucs, des liquides, des métaux lourds. L'évolution technique des véhicules rend l'exploitation de ce RBA de plus en plus complexe : les matériaux sont de plus en plus diversifiés et doivent être soigneusement triés si l'on veut obtenir une bonne qualité finale ; de plus en plus de pièces sont constituées d'assemblages multi-matériaux qu'il est difficile de séparer ; les voitures comprennent de nombreux fluides (carburant, huile, liquide de frein...)

et des métaux lourds (plomb, zinc, chlore) qui sont souvent difficiles à récupérer ; la part des plastiques de diverses sortes est croissante, à la fois pour réduire le poids global du véhicule, pour des raisons de design, d'acoustique (insonorisant), de sécurité (airbags), et d'équipements supplémentaires (climatisation...).

Les deux tableaux qui suivent [Medina et Sedilleau, 2001] sont des bases d'informations et de données importantes pour les constructeurs automobiles. Le premier tableau donne les taux de recyclabilité d'un certain nombre d'éléments d'un véhicule. Ce taux s'étend sur une échelle de 1 à 6. Le niveau 1 indique les matériaux qui peuvent être complètement recyclés alors que le niveau 6 contient les parties non recyclables à l'heure actuelle.

Tableau 6-1 : Taux de recyclage

Ratings	Description	Examples
1	Part remanufacturable	Starters, alternators
2	Material in part recyclable with clearly defined technology and infrastructure	Most metals, catalytic converters
3	Material technically feasible to recycle, but infrastructure not available	Most thermoplastics, glass, seat form
4	Material technically feasible to recycle, but more process and Material development needed	Armrests, steering wheels (volant), air bag modules
5	Material is organic, can be used for energy recovery but cannot be recycled	Headliners, wood products
6	Inorganic material with no known recycling technologie	Heated glass, fiberglass, headliners

Source : *Extrait de Farrington et al. (1997) Designing For Recycling, in Automotive Engineering/August*

Le second tableau indique le taux de séparabilité de certains éléments composants une voiture. De la même manière que le premier tableau, celui-ci contient des informations primordiales pour les constructeurs. Ce sont maintenant aux constructeurs, en découvrant de nouvelles technologies, de modifier ces taux, de les améliorer.

Tableau 6-2 : Taux de séparabilité des matériaux

Ratings	Description	Examples
1	May be disassembly easily, manually in less than one min	Lower steering column cover
2	May be disassembly with effort manually in less than one min	Instrument cluster, radio
3	May be disassembly with effort using mechanical means or shredding with proven process	Engines, sheet metal
4	May be disassembly with effort using mechanical means or shredding with process under development	Instrument panels
5	Cannot be disassembled with any known process	Heated backlights

Source: *Extrait de Farrington et al. (1997) Designing For Recycling, in Automotive Engineering/August*

II.2 - Cas particulier des batteries

Le recyclage d'une batterie de voiture est conçu pour la récupération pour une valeur X maximum de ces nouveaux produits suivant:

De l'électrolyte, des grilles et des pôles en plomb, du polypropylène, du sulfate de sodium anhydre, etc....

Les caractéristiques principales du processus de ce recyclage restent identiques à celles que nous déjà décrites au début du texte ; il s'agit ici :

D'un broyage préliminaire des batteries pour extraire la solution d'acide sulfurique. Puis la séparation magnétique initiale des matériaux ferreux.

Ensuite, on aura le tamisage humide pour séparer l'électrolyte en pâte (un mélange de sulfate de plomb et d'oxyde de plomb). La séparation des composantes de plomb métallique et de plastique dans un séparateur hydrodynamique isolant les diverses composantes en

raison de leur densité. Dans l'eau, le polypropylène flotte, le plomb coule et les matériaux et l'ébonite contenus dans le séparateur se déversent sur un tamis vibrant. L'eau utilisée dans le séparateur hydrodynamique est recueillie dans des bacs de décantation afin d'être réutilisée.

La pâte d'électrolyte récupérée est traitée avec une solution de carbonate de sodium au cours d'un procédé de désulfuration pour changer le sulfate de plomb en carbonate de plomb et en sulfate de sodium. Le premier est traité en vue de la production de plomb. Le sulfate de plomb ayant été transformé sous forme de carbonate, le procédé de fusion se déroule à une température plus basse sans émissions d'oxyde de soufre. La solution de sulfate de sodium est cristallisée et séchée pour donner un produit de sulfate de sodium en poudre de qualité détergent. Bien évidemment cette description est idéalisée mais elle montre la complexité de ce recyclage de part le nombre de métier impliqué et du savoir-faire de chacun. Ainsi une plateforme telle que proposée dans ces travaux devrait apporter, sans nul doute, une forte valeur ajoutée.

II.2.1 - Problème

Le Recyclage des batteries automobile produit des résidus dont la composition chimique contient un certain pourcentage de plomb, généralement sous la forme d'oxydes et de sulfates. Cela est extrêmement important de nos jours. D'où une nécessité de les valoriser. En effet le plomb est l'un des métaux les plus largement utilisés à travers le monde. Pourtant, il est hautement toxique, qui présentent des risques pour les humains et l'environnement s'ils ne sont pas utilisés ou traités de façon adéquate. Pour un exemple, par rapport à notre d'étude, l'on tient maximiser la valeur de «X», définie dans le premier chapitre, de plomb récupéré sur la batterie du véhicule.

II.2.2 - Les différentes étapes du processus de recyclage de la batterie

Le Recyclage de batteries automobiles est composé de différentes étapes, comme illustré à la figure 6.6, qui est une instanciation du diagramme d'activité que nous avons proposé dans le chapitre 5 de ce manuscrit. Chaque étape de recyclage a ses propres objectifs, à savoir, la sélection des matières recyclables de la batterie, et la séparation du plomb à partir de métal

et d'autres contaminants pour minimiser les émissions de polluants atmosphériques et solides. La Figure 6.6 est la représentation formelle de cette activité de recyclage.

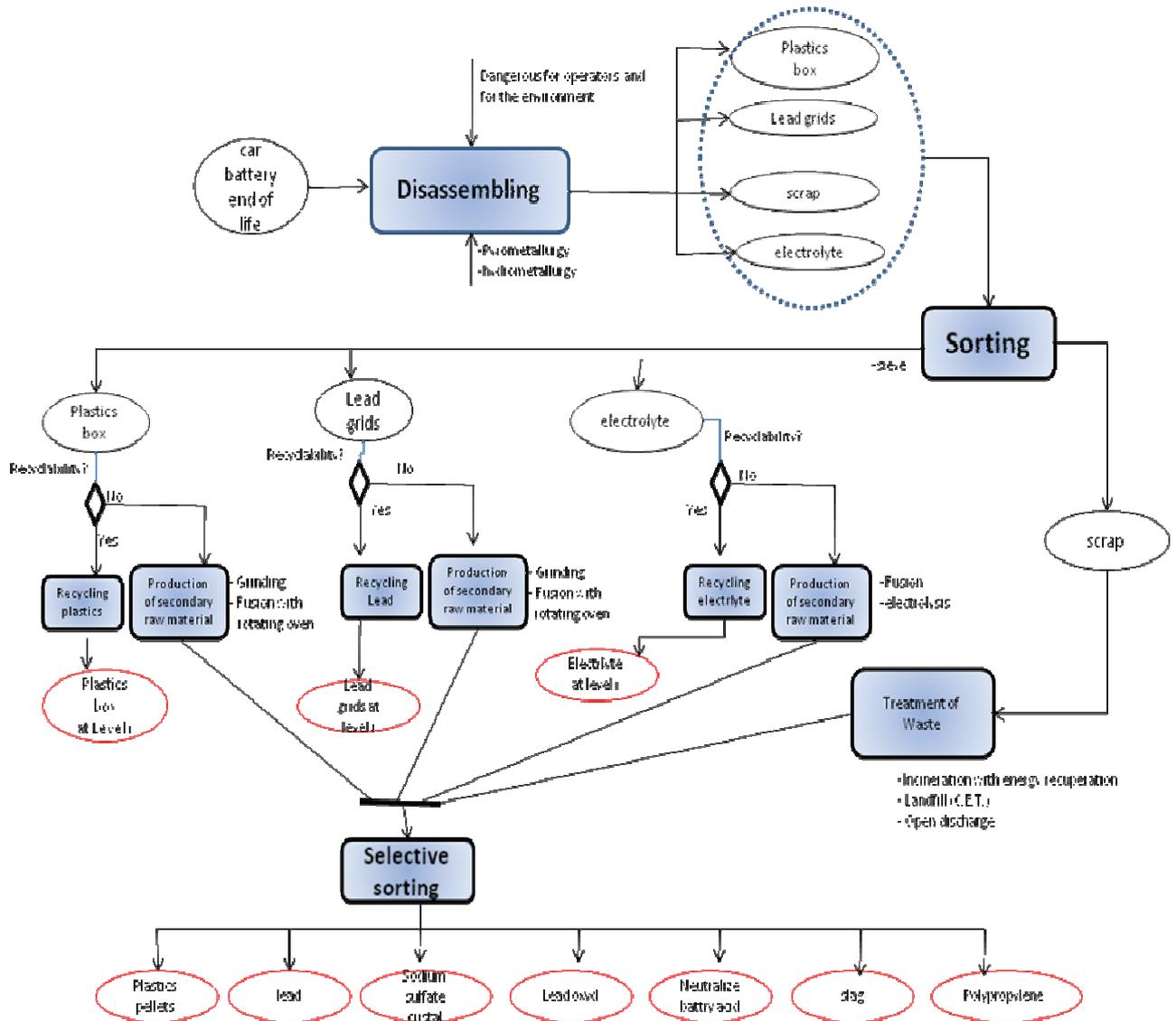


Figure 6-3 : Instanciation du diagramme d'activité décrivant le processus de recyclage des batteries automobile

Chaque acteur du processus de recyclage développe une vue sur le produit, selon leur perception sur ce dernier et chacun travaille sur des données représentant un aspect particulier du produit. La figure (Figure 6-4) ci-dessous montre un exemple de produit de la «batterie automobile», avec autant de vues et de modèles de représentation, chaque modèle décrivant une vision particulière du produit à obtenir à des niveaux correspondant à des acteurs quelconques.

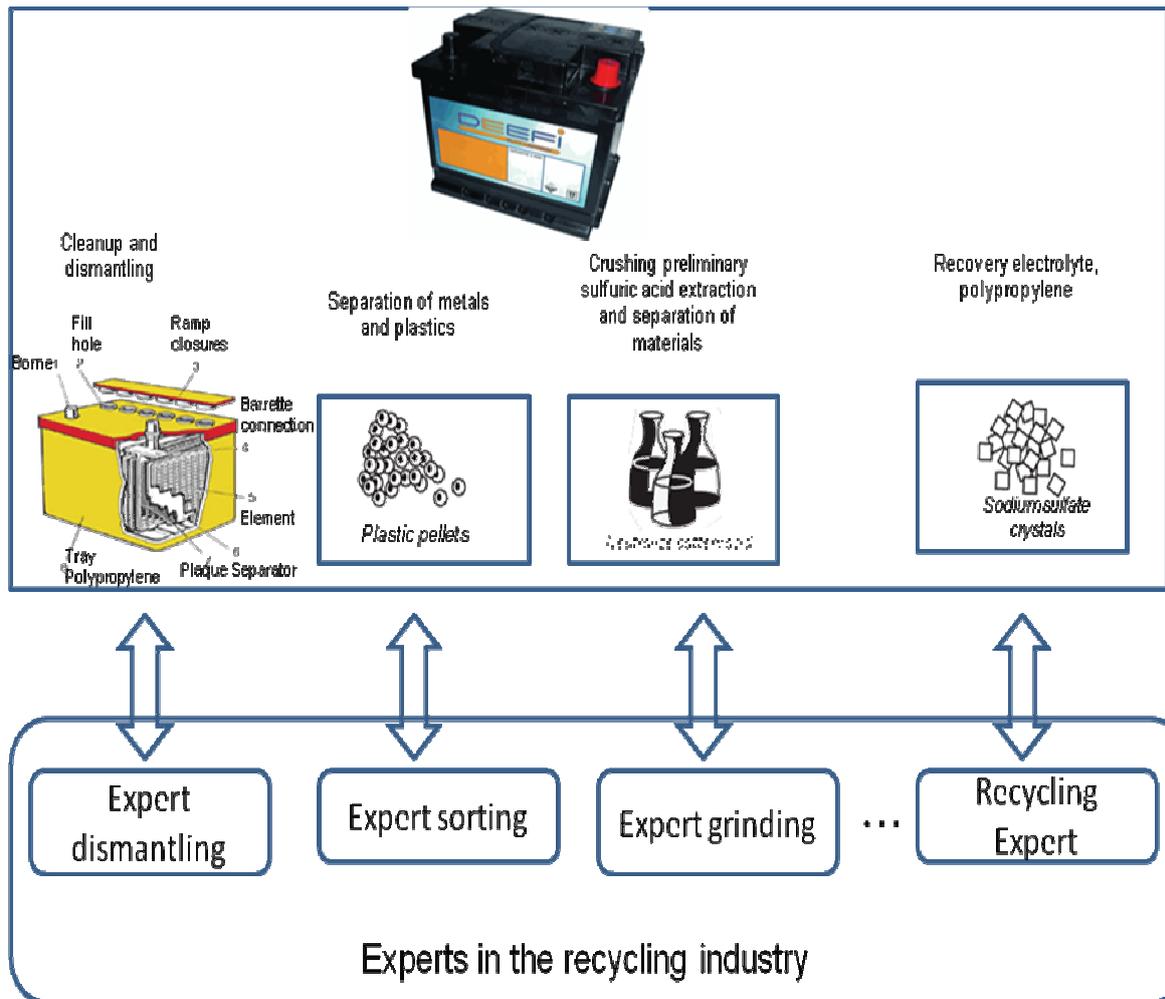


Figure 6-4 : Point de vue métier : le cas de la batterie automobile

De toute évidence, cette description est idéalisée, mais il vise à montrer la complexité du recyclage plutôt que le nombre d'implications d'emploi et de l'expertise de chacun. Comme une plate-forme, notre proposition dans ce travail devrait sans doute apporter une valeur ajoutée élevée.

Typiquement, chaque expert a son propre style, et la coopération entre les experts n'est pas formalisé. Ici on imagine l'existence d'un modèle partagé accessible à tous les experts. Dans le modèle axé sur le produit-processus Organisation proposées, les experts représentent leurs points de vue et de partager des éléments communs de recyclage. Dans le cas du recyclage des batteries automobiles, ce modèle pourrait être considéré comme la figure ci-dessous (Figure 6-5).

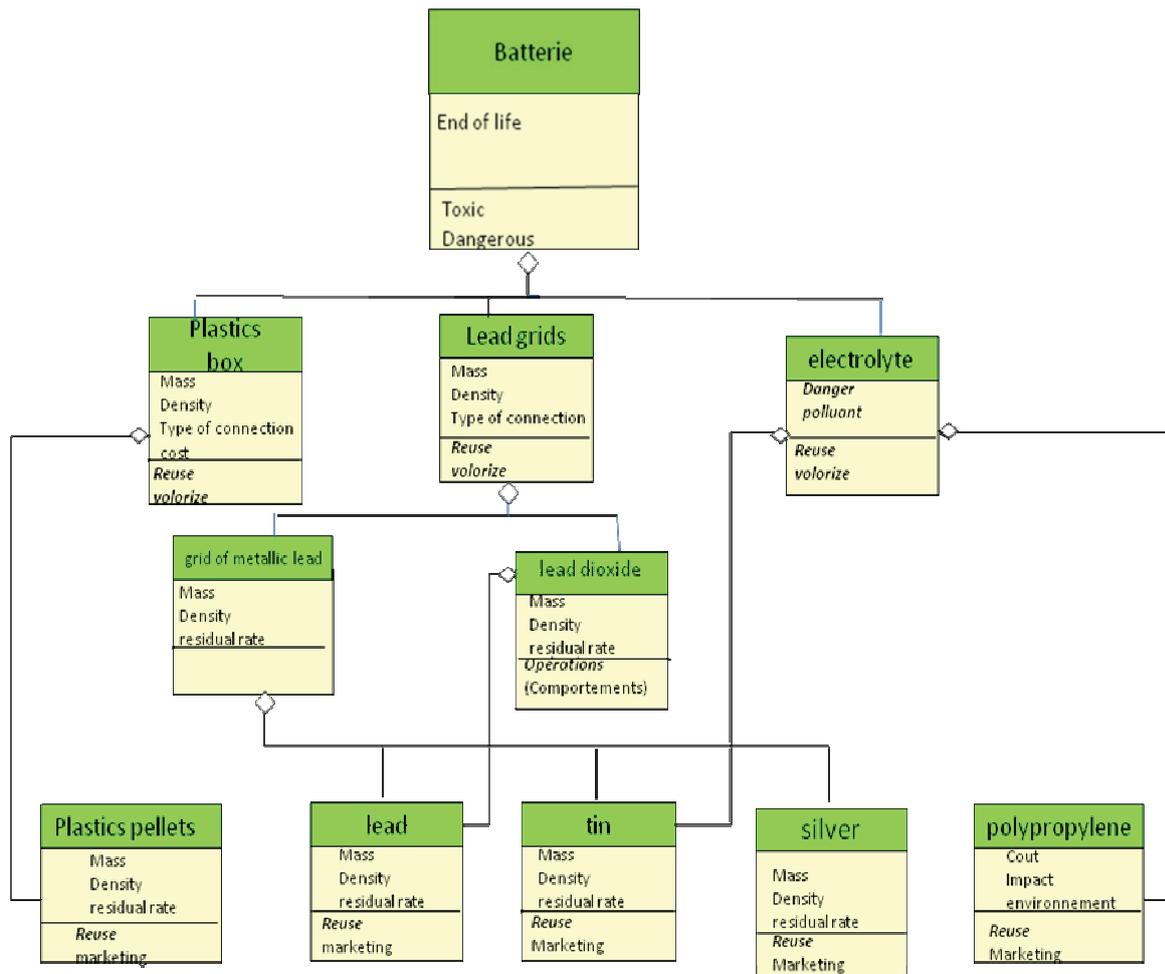


Figure 6-5: Instanciation en du diagramme de classes produit

L'organisation sous-modèle gère l'organisation de données du projet. Grâce au recyclage des batteries de voiture, nous pouvons avoir la production de plomb, par exemple, comme un projet. Par conséquent, il ne serait pas en péril l'environnement afin de maximiser le taux de plomb produit à partir du projet. En instanciant dans ce modèle, l'objectif principal est la production de plomb, et sous-objectifs peuvent également être définis comme le temps de récupération, etc Les besoins dans ce projet peut être défini en termes de quantité et de coût, et les contraintes sont les normes environnementales et la recyclabilité du produit. Recyclabilité reste liée à la densité et la réutilisation d'un élément. Les informations collectées sur le produit permettent à chaque acteur, quel que soit son niveau d'intervention, de disposer de données techniques sur le produit. L'activité de recyclage est une séquence de tâches en intégrant les données techniques des entrées et sorties pour chaque niveau. Ces modèles fournir et de maintenir la cohérence des données relatives aux produits, processus et organisation.

II. Conclusion

Pour le partage d'information entre les acteurs du secteur recyclage, nous avons implémenté le modèle organisationnel qui a été proposé dans les chapitres 4 et 5. On note que cette implémentation n'est pas totalement finie. En effet, en réalité nous nous limités pour l'instant (au moment où nous rédigeons ce document) à la réalisation de quelques prototypes. Sachant que le travail doit être continué jusqu'au déploiement final de notre application.

Vu le grand nombre des interfaces déjà faites composant cette application, on s'est juste contenté de donner quelques unes qui nous paraissent plus importantes, avec les codes en Java inclus dans l'annexe du document.

Cette application est réalisée avec Java/J2EE, un langage adaptable dans plusieurs domaines. Ainsi le SGBD MySQL utilisé dans ces travaux sera changé au profit de Oracle, afin de pouvoir gérer des données beaucoup plus volumineuses.

Un des points saillants de notre travail futur est l'utilisation de ces résultats de recherche dans le secteur automobile, particulièrement dans le recyclage des batteries automobile. Une esquisse de travail est introduite dans ce chapitre pour montrer et poser le problème dans ce secteur.

Conclusion générale et perspectives

Dans ce document nous avons abordé la problématique de partage d'informations dans le processus du recyclage des produits manufacturés. Dès lors que le recyclage est un métier complexe avec des processus long parfois non maîtrisé, avec de multiples acteurs qui interviennent sur le même produit, dans un secteur où les données ne sont pas forcément structurées. Alors que, les outils et méthodes jusqu'à présent utilisés n'offrent pas plus d'opportunité pour un recyclage optimal en tenant compte de la nécessité de collaboration entre les acteurs du processus depuis le concepteur, afin de garantir une valorisation efficace, qui va de l'identification du produit à recycler jusqu'à la récupération maximale d'éléments sur ce produit et l'élimination propre des déchets. Par conséquent, l'objectif de notre travail est de mettre en œuvre des méthodes et outils pour assurer un recyclage optimal du produit manufacturé.

Le premier niveau de contribution de cette thèse était de proposer un modèle produit pour son désassemblage/démontage, c'est ainsi que partant de la décomposition physique observée de ce dernier, nous avons proposé une modélisation UML. Si ce modèle produit devient un référentiel pour le recyclage, partagé entre la conception, l'utilisation et le recyclage, il serait possible d'introduire et de retrouver l'ensemble des informations relatives à la valorisation du produit. Il permettrait d'identifier les plus petits éléments du produit et leurs liaisons, ce qui aidera à définir le procédé approprié pour leur valorisation. Le deuxième niveau de contribution était de proposer le modèle organisationnel pour le recyclage. Pour ce faire nous avons proposé un modèle intégrant ces trois sous-modèles Produit-Processus et Organisation. Ce modèle intègre les multiples points de vue des acteurs pour une meilleure collaboration, et permettra d'avoir une vue globale sur le produit depuis l'étape de la conception. Ceci facilitera d'une part la proposition très rapide des solutions de recyclabilité des différents produits en tenant compte des contraintes de chaque corps de métiers, en facilitant l'accélération du processus de restitution des informations suivant les intérêts de collaboration des acteurs, et d'autre part de lier les connaissances des différentes parties prenantes. De fait, ce travail ouvre la voie à la résolution d'un problème qui n'a jamais été totalement traité dans les travaux antérieurs, et pourtant le besoin s'est toujours fait sentir, tandis que les divers modèles proposés se limitaient à un niveau macroscopique dans la partie conception du produit ou faisait des projections sur le traitement des produits en fin de vie du produit, sans jamais entrer dans les détails.

Les résultats préliminaires obtenus dans cette thèse, bien que permettant d'assurer un recyclage optimal nécessitent d'être consolidés par la suite dans la continuité de nos travaux. En effet on envisage dans les perspectives et pour un futur proche, avec notre projet sur le recyclage financé par le ministère de la recherche scientifique au Sénégal, tout d'abord de finaliser l'application dont nous avons entamé le développement et ensuite, de confronter ce modèle au monde réel, afin dans un premier niveau de le tester et de l'évaluer. Ceci, dans le but d'identifier d'autres avantages et des limites non encore identifiées.

Cependant, ces travaux ouvrent de nombreuses perspectives de recherche. En effet, une fois la première étape décrite ci-dessus passée, il est envisagé d'explorer un autre cas d'application notamment pour le recyclage des produits mécatroniques tels que les téléphones portables. D'ailleurs un début de travail est déjà initié en ce sens.

L'optimisation du modèle organisationnel proposé est aussi prévue dans la suite de notre recherche ainsi que son intégration dans l'environnement PLM.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR (1997). « Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadres ». Paris, Association Française de Normalisation, ISO 14040:1997.
- AFNOR (1998). « Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits – Principes généraux et application ». Paris, Association Française de Normalisation: 16p, mai 1998, FD X30-310.
- AFNOR (2002). « Véhicules routiers - Recyclabilité et valorisabilité - Méthode de calcul. » Association Française de Normalisation, Paris, 8p., Février 2002, ISO 22628:2002.
- AGGERI, F., HATCHUEL, A. (1996). « La formation de la stratégie en situation d'innovation: Le cas du recyclage automobile chez Renault » proposition de communication pour la conférence internationale de management stratégique, 13-15 mai.
- AGGERI, F., HATCHUEL, A. (1997). « Les instruments de l'apprentissage: construction et diffusion d'une expertise recyclage dans la conception automobile ». in « du monde d'existence des outils de gestion ». chp.8. Coordonné par J.C. Moisdon. Séli Arslan (Eds).
- AJITH K. P., DUNCAN MC., ELGAR F., GROSS S., (2003) « The Role of Product Identity in End-of-Life Decision Making» white paper Published June 1, 2003. Auto-id centre institute for manufacturing, university of cambridge, mill lane, cambridge, cb2 1rx, united kingdom.
- ALZIARI, M (2001). « Recyclabilité des matériaux et de leurs assemblages dans la construction automobile ». Thèse de mastère, ENSAM Chambéry.
- AYRES, R. U. (1997). « Metals recycling: economic and environmental implications. » Resources, Conservation and Recycling, 21: pp.145-173.
- BAJIC, E., & CHAXEL, F. (2002). Auto-ID mobile information system for vehicle life cycle data management. In Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (pp. 387–392).
- BARNABE, F., GANIER, M., LAFLEUR, B., MALOSSE, R., MOULIN, V. ET SCHIESSER, P. (2003). « L'éco-conception pour les mécanicien »s, Editions du CETIM.
- BEHRENDT, S., JASCH, C. , PENEDA, M. C. ET VANWEENEN, H. (1997) “Life cycle design: A manual for small and medium-sized enterprises”, Springer-Verlag, Berlin.
- BENETTO, E. (2002). « Evaluation de l'incertitude des impacts environnementaux du cycle de vie (EIICV) et conception de l'éco-innovation: application à la filière charbon ». Thèse

- de doctorat, Laboratoire d'Analyse Environnementale des Procédés et des Systèmes Industriels, INSA de Lyon, Lyon.
- BLIEFERT, C., PERRAUD, R. (2001). « Chimie de l'environnement: Air, eau, sols, déchets » Publié par De Boeck Université.
- BREZET, H. ET VANHEMEL, C., “Ecodesign (1997) “A promising approach to sustainable production and consumption”, United Nations Publication.
- BROCK, D. L. (2001). The physical markup language (PML)—A universal language for physical objects, Auto-ID Center White Paper.
- BRUN, E., ET SAILLET, F., (2005) « Etude sur l'éco-conception », AFNOR.
- CHARBUILLET C. M. (2009). Thèse « Proposition d'outils et démarches pour l'intégration de filières de recyclage de matières plastiques dans la supply chain automobile » Laboratoire de Modélisation, Analyse et Prévention des Impacts Environnementaux. Arts et Métiers ParisTech, centre de Paris, Institut de Chambéry.
- CHETTAOUI, H., thèse (2009) « Interopérabilité entre modèles hétérogènes en conception collaborative par des approches d'Ingénierie Dirigée par les Modèles ». l'institut polytechnique de grenoble, spécialité Génie Industriel.
- CHEVRON, D (1999). Contribution à l'étude de la supervision d'une cellule de démontage de produits techniques en fin de vie. Laboratoire d'Automatique de Grenoble, INPG, Grenoble, 145p.
- CHOUINARD, M., (2003) « Système organisationnel et architecture d'un support d'information pour l'intégration des activités de logistique inversée au sein d'un centre de réadaptation » Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.) Département de génie mécanique Faculté des sciences et génie. Université laval. Septembre 2003.
- GODICHAUD, M., « Optimisation économique des dates de fin de vie des systèmes industriels et détermination des stratégies de revalorisation des produits issus de leur déconstruction ». EDSys 2007 – 8e congrès des doctorants <http://edsys2007.enstimac.fr>
- GODICHAUD, M., (2009) Thèse « Outils d'aide à la décision pour la sélection des filières de valorisation des produits de la déconstruction des systèmes en fin de vie : application au domaine aéronautique » Institut National Polytechnique de Toulouse.
- CORTES ROBLES G. (2006) Thèse : « Management de l'innovation technologique et des connaissances : synergie entre la théorie TRIZ et le Raisonnement à Partir de Cas. Application en génie des procédés et systèmes industriels » Institut National Polytechnique De Toulouse.

- COULIBALY, A., (2008), HDR « Modélisation Sémantique et Evaluation de Performances Comportementales de Produits en Conception » INSA de Strasbourg.
- COULIBALY, A., MUTEL, B., AIT-KADI, D., (2007) “Product Modelling Framework for Behavioural Performance Evaluation at Design Stage” *Computers In Industry* Vol. 58, pp 567-577, 2007, www.sciencedirect.com
- COULIBALY, A., GARDONI, M, GAYE, K., (2010). « Recyclability oriented lifecycle design of mechatronic products» *Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2010 August 15-18, Montreal, Quebec, Canada.*
- COULIBALY, A., GARDONI, M., GAYE, K., HUANG, Y., (2010): «Lifecycle management for the personalization of maintenance documents for complex products» *International Conference on Product Lifecycle Management. Allemagne, Bremen du 12 au 14 Juillet 2010.*
- DINI, G., FAILLI, F., & SANTOCHI, M. (2001). « A disassembly planning software system for the optimisation of recycling processes». *Production Planning & Control*, 12, 2–12.
- DIRECTIVE 2002/96/EC (2002). Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), 13/02/2003, *Official Journal of the European Union*, L 037, pp. 24–39.
- DOMMANGET, P., LOISEAU, O., MANSIERO, S. (1998). « le Recyclage des matériaux », Collection *Que sais je?* Presses Universitaires de France.
- DONGJIE, N., (2000) « Recycling of lead-acid battery waste both from mining and other industry» *Third Asia-Pacific Regional Workshop on Hazardous Waste Management in Mining Industry, APCHW, Beijing, September 4-8.*
- DOWIE, T., (1994) “Design for Disassembly”, *Technical Report, Manchester Metropolitan University.*
- DUCELLIER G., EYMARD B., CAILLAUD E. (2007) « infrastructure PLM pour la capitalisation et la réutilisation de données en conception mécanique » *18e congrès Français de Mécanique, Grenoble 27-31 Aout 2007.*
- ENSAM/ADEME (2002). « Prise en compte de la fin de vie des produits électriques et électroniques dans leur conception ». *Rapport technique, ENSAM Chambéry - ADEME, Chambéry, 121p., juin 2002.*
- FELDMANN, K., ET MEEDT, O., (1995) “Recycling and disassembly of electronic devices”, *IFIP WG5.3 International Conference on Life Cycle Modelling for Innovative Products and Processes, Berlin, Allemagne.*

- FELDMANN, K., MEEDT, O., TRAUTNER, S., SCHELLER, H., et HOFFMANN, W., (1999) The "Green Design Advisor": a tool for design for environment, *Journal of Electronics Manufacturing*.
- FERGUSON, N., & BROWNE, J. (2001). "Issues in EOL product recovery and reverse logistics". *Production Planning & Control*, 12, 534–547.
- FIKSEL, (1996) "Design for environment: creating eco-efficient products and processes", McGraw-Hill.
- FLEISCHER, G., LICHTENVORT, K., REBITZER, G., SCHILLER, U. (1998). "End-of-life strategies from an ecodesign point of view". *Care Innovation '98*, Vienne (Autriche), 16-18 novembre 1998.
- FLEISCHMANN, M., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R., VAN DER LAAN, E., VAN NUNEN, J., & VAN WASSENHOVE, L. N. (1997). "Quantitative models for reverse logistics: A review". *European Journal of Operations Research*, 103, 1–17.
- FLEISCHMANN, M., KRIKKE, H. R., DEKKER, R., & FLAPPER, S. P. (2000). "A characterisation of logistics networks for product recovery". *International Journal of Management Science*, 28, 653–666.
- GARDONI, M., (2005) "Concurrent Engineering in Research Projects to support information content management" *Concurrent Engineering: Research and Applications (CERA)*, volume 13, number 2 June, 1063 293X, p 135-144, 2005.
- GARDONI, M., BLANCO, E., RUEGER, S., (2005) «MICA-Graph : a tool for managing text and sketches during design processes», *Journal of Intelligent Manufacturing (JIM)*, vol. 16, n°4-5, p 395-406, oct.
- GAUCHERON, T. (2000) *Intégration du recyclage en conception. Le modèle produit: un outil descriptif et cognitif dans le processus de prise en compte du recyclage*. Thèse de doctorat, Laboratoire Sols, Solides, Structures - Centre de Recherche Innovation Socio-Techniques et Organisations Industrielles, INPG, Grenoble, 244p.
- GAYE, K., COULIBALY, A., GARDONI, M (2009). «Connaissances et modèles organisationnels pour le recyclage de produits manufacturés » 8^e Congrès International de Génie Industriel, Bagnères de Bigorre 10, 11 et 12 juin.
- GAYE, K., GARDONI, M., COULIBALY, A., (2010). « An information system to support the recycling process of manufactured products » *IDMME_P127*, *Proceedings of IDMME - Virtual Concept 2010* Bordeaux, France, October 20 – 22,
- GERNER, S., (2001). « Génération d'un processus de désassemblage et évaluation du recyclage d'un produit ». Thèse de doctorat, Laboratoire d'Automatique de Grenoble,

- Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, 151p.
- GUIDE, V. D. R., JAYARAMAN, V., SRIVASTAVA, R., & BENTON, W. C. (2000). "Supply chain management for recoverable manufacturing systems. *Interfaces*", 30, 125–142.
- GUPTA, S. M., & MCLEAN, C. R. (1996). "Disassembly of products". *Computers and Industrial Engineering*, 31, 225–228.
- GUNGOR, A., ET GUPTA, S., (1999) "Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey", *Computer & Industrial Engineering* pp. 811-853.
- HABERT, B., NAZARENKO, A. ET SALEM, A. (1997) « Les linguistiques de corpus. U Linguistique », Armand Colin/Masson, Paris.
- HABRIAS, H. (1198) « Le Modèle Relationnel Binaire. Méthode I.A ». (NIAM), Eyrolles.
- HADJ-HAMOU, K. (2002) « Contribution à la conception de produits à forte diversité et leur chaînage logistique : une approche par contrainte », Thèse de Doctorat, INP, Toulouse.
- HAOUES, N. (2006). thèse « contribution à l'intégration des contraintes de désassemblage et de recyclage des les premières phases de conception de produits » ENSAM Chambéry
- HARRISON, M. (2004). "EPC information service—Data model and queries", Auto-ID Center White Paper.
- HARRISON, M., MCFARLANE, D. C., PARLIKAD, A. K., & WONG, C. Y. (2004). "Information management in the product lifecycle—the role of networked RFID", In *Proceedings of the second IEEE international conference on industrial informatics INDIN'04*.
- HERRMANN, C., EYERER, P., GEDIGA, J. (2002). "Economic and ecological material index for end of life and design of electronic products". *International symposium on electronics and the environment, San Francisco (Etats-Unis)*, pp.11-16.
- HESSELBACH, J., HERRMANN, C., OHLENDORF, M., & GRAF, R. (2001). "Approach of substance flow oriented closed loop supply chain management in the electrical and electronic equipment industry". In *Proceedings of the second IEEE international symposium on environmentally conscious design and inverse manufacturing* (pp. 725–728).
- HOUE, R. Ng. (2006). thèse « Modélisation des connaissances normatives en vue de l'évaluation de la recyclabilité d'un produit en conception: des normes aux contraintes » INP Toulouse, spécialité: systèmes industriels.
- HOUE, R. Ng., GRABOT, B. (2006). « Aide à la conception orientée recyclabilité : des normes aux contraintes » 6e conférence francophone de modélisation et simulation

- MOSIM '06 – du 3 au 5 avril - Rabat Maroc, « modélisation, optimisation et simulation des systèmes : défis et opportunités ».
- HUNDAL, M. (2000). “Design for recycling and remanufacturing”. International design conference - Design 2000, Dubrovnik (Croatie), 23-26 mai 2000.
- ISHII, K., et LEE, B. (1996) “Reverse Fishbone Diagram: A Tool in Aid of Design for Product Retirement”, ASME Design Technical Conference.
- ISHII, K. (1998) “Design for Environment and Recycling: Overview of Research in the United States”, CIRP 5th International Seminar on Life-cycle Engineering, pp. 16-18.
- ISO (1994), ISO 10303-42, STEP Product Data Representation and Exchange, Part 42, Integrated Generic Resources: Geometric and Topological Representation, International Organisation for Standardization, Subcommittee, NIST.
- ISO (2002). Application of the ISO 14000 family, Environmental Management, pp. 1,10-11.
- JAIME, A., GARDONI, M., FRANK, C., (2006) «Communications tools in research projects to support Semi and Non Structured Information», Journal of Systemics Cybernetics and Informatic, vol 3, n°3, page 85-93.
- JOHANSSON, G., (1997) “Design for disassembly - A framework”, Graduate School of Management and Industrial Engineering, Linköping Universitet, Linköping (Suède), pp. 108.
- JULIO, R. and al. « Quantitative methodology for assessing recyclability potential of automotive electrical and electronic systems (EES) in the design step. Application example to a smart junction box. »
- KLAUSNER, M. & GRIMM, W.M. (1998) “Sensor-based data recording of use conditions for product takeback”. IEEE.
- KLAUSNER, M., & GRIMM, W. M. (1998). “Sensor-based data recording of use conditions for product takeback”. In Proceedigns of the IEEE international symposium on electronics and the environment (pp. 138–143).
- KOSTER, R. B. M., DE BRITO, M. P., & VAN DE VENDEL, M. A. (2002). « Return handling: An exploratory study with nine retailer warehouses». International Journal of Retail & Distribution Management, 30, 407–421.
- KREUSCH M.A., AND AL. (2007) « Technological improvements in automotive battery recycling» Resources Conservation and Recycling 52 , 68–380 scienceDirect
- KRIKKE, H. R., VAN HARTEN, A., & SCHUUR, P. C (1998). “On a medium term product recovery and disposal strategy for durable assembly products”. International Journal of Production Research, 36, 111–139.

- TOYAMA R., (2001)“Inverse Manufacturing Product Recycling Information System” Manufacturing Science and Technology Center, Japan. 2001.
- KURAKAWA, K., & KIRIYAMA, T. (1999). “Life cycle design support based on environmental information sharing”. In EcoDesign’99, first international symposium on environmentally conscious design and inverse manufacturing (pp. 138–149).
- LEE, B. H., et ISHII, K., (1998) “The recyclability map: application of demanufacturing complexity metrics to design for recyclability” The Journal of Sustainable Product Design, 5, pp. 38-48.
- MARSCHAK, J., & MIYASAWA, K. (1968). “Economic comparability of information systems”. International Economic Review, 9, 137–174.
- MARSCHAK, J., & RADNER, R. (1972). “Economic theory of teams”. Yale University Press.
- MATHIEUX, F. (2002). Thèse « Contribution à l’intégration de la valorisation en fin de vie dès la conception d’un produit : Une méthode basée sur l’évaluation multicritères de la recyclabilité du produit et sur l’identification de ses points faibles de conception ». ENSAM. Spécialité: Génie Industriel.
- MATSUMOTO M., MISHIMA N., AND SHINSUKE K. (2009) “Tele-Inverse Manufacturing- An International E-Waste Recycling Proposal”. Int. J. of Automation Technology Vol.3No.1, 2009, Japan.
- MEDINA, H. V., (2008). « Materials Recycling: main new Trends of a Industrial sector in Brazil» Conference on Resource Efficiency 23-25 April, Paris, France.
- MEDINA, H. V., SEDILLEAU, P., (2001). « l’industrie automobile se réorganise pour le recyclage » rapport du projet « Recyclage des Matériaux Automobile » qui a démarré en juin 2000 et fin en mai 2001.
- PARLIKAD, A. K., & MCFARLANE, D. C., (2005). “Modeling product recovery decisions under uncertainty”. Manuscript under preparation.
- PARLIKAD, A. K., & MCFARLANE, D. C., (2004). “Recovering value from end-of-life equipment—A case study on the role of product information”. Technical Report CUED/E-MANUF/TR.29. Cambridge University Engineering Department.
- PARLIKAD, A. K., MCFARLANE, D.C., GROSS, S., & FLEISCH, E., (2003). “The role of product identity in end-of-life decision making”, Auto ID Centre White Paper.
- PEARL, J. (1988). “Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference”. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- PENEV, K. D., & DE RON, A. J. (1996). “Determination of a disassembly strategy”.

- International Journal of Production, 34, 495–506.
- PNUELLI, Y., et ZUSSMAN, E., (1997) “Evaluating the end-of-life value of a product and improving it by redesign”, *IJ of Production Research*, 35(4), pp. 921-942.
- PUYOU, J. B. (1999) « Démarches d'éco-conception en entreprise », *Techniques de l'Ingénieur* (1999).
- REYES, T. , MILLET, D., et BRISSAUD, D. (2006) « De la nécessité de définir des modèles de trajectoires d'intégration de l'environnement pour les entreprises, in *Productique*, ed., *Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits - Traité IC2*, Hermes Lavosier.
- ROGERS, D. L., & TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998). “Going backwards: Reverse logistics trends and practices”. Reverse Logistics Executive Council.
- ROGERS, D. S., & TIBBEN-LEMBKE, R. (2001). “An examination of reverse logistics practices”. *Journal of Business Logistics*, 22, 129–148.
- ROSE C.M., (2000) “Design for environment – a method for formulating product end-of- life strategies”. PhD Dissertation, Stanford University, 2000.
- ROSE C.M., ISHII K. & MASUI K., (1998) “How product characteristics determine end-of-life strategies”. IEEE International Symposium on Electronics & the Environment.
- ROSEMANN, B., MEERKAMM, H., TRAUTNER, & FELDMANN, K. (1999). “Design for recycling, recycling data management and optimal end-of-life planning based on recycling-graphs”. In *International conference on engineering design, ICED'99*, Munich.
- ROUCOULES, L., (2007) projet IPPOP « Intégration Produit-Processus-Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie »; colloque national AIP-primeca, 18-20 Avril.
- SAAR, S., & THOMAS, V., (2003). “Towards trash that thinks: Product tags for environmental management”. *Journal of Industrial Ecology*, 6, 133–146.
- SADEGHI, M., (2008) Thèse : « Gestion dynamique des règles métiers dans les systèmes d'information dédiés à la conception collaborative », Institut polytechnique de Grenoble.
- SCHEIDT, L., & ZONG, S., (1994). “An approach to achieve reusability of electronic modules”. In *Proceedings of the IEEE international symposium on electronic and the environment* (pp. 331–336).
- SIMON, M., BEE, G., MOORE, P., PU, J., & XIE, C.,(2001). “Modelling of the life cycle of products with data acquisition features”. *Computers in Industry*, 45, 111–122.
- SKAF, A., (2001) thèse : « Etude d'un système de supervision et de commande d'un procédé complexe comme un élément de base d'une organisation distribuée comprenant des machines et des hommes » Thèse préparée au Laboratoire d'Automatique de Grenoble le

18 / 12 / 2001

SOGA, S., HIROSHIGE, Y., DOBASHI, A., OKUMURA, M., & KUSUZAKI, T.

(1999). "Products lifecycle management system using radio frequency identification technology". In Proceedings of the IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation.

SONG, S., (2001). Developing Java-based web application to support effective recycling and material circulation. In Second IEEE international symposium on environmentally conscious design and inverse manufacturing.

SVOBODA, S., (1995) "Note on Life Cycle Analysis", University of Michigan Corporate Environmental Management Program (CEMP), LCA Note (9), (1995).

TAKAO, B., NIALL, M., (1999). « An Ecological Design Support Tool for Recyclability » Technical Reports. Septembre.

TOYAMA R., (2001) «Inverse Manufacturing Product Recycling Information System» Manufacturing Science and Technology Center, Japan. 2001.

[WEB_1] http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_de_la_d%C3%A9cision

[WEB_2] <http://www.greenunivers.com/2008/05/aux-usa-le-recyclage-vaut-de-lor-46/>

ANNEXE

Annexe 2: Dictionnaire Des Termes

Modèle	CLASSE	ATTRIBUTS	TYPE	COMMENTAIRE OU DESCRIPTION
PRODUIT	Produit	ref_produit	String	La référence du produit
		Etat_produit	String	Etat du produit après la collecte
		dateretrait_produit	int	Date de retrait du produit
		datefingarantie_produit	int	Date de fin da garantie du produit
		nom_produit	String	Nom du produit
		type_produit	String	Le type de produit
		datefab_produit	Int	Date de fabrication du produit : permet de calculer l'âge du produit
		volume_produit	Float	Le volume du produit
		fonction_produit	String	La fonction première du produit avant recyclage
		NbrePanne_produit	int	Le nombre de fois que le produit est tombé en panne
		TypePanne_produit	String	Les types de panne du produit
		TauxRecyclabilité_Produit	Float	Le taux de recyclabilité du produit
		CoutDesassemblage_Produit	Float	Le cout de désassemblage du produit
		CoutReutilisation_Produit	Float	Le cout de reutilisation du produit
	CoutReparation_Produit	Float	Le Cout de réparation du produit	
	composant	ref_composant	String	La référence du composant
		nom_composant	String	Nom composant
		nature_composant	String	Nature du composant : de quelle matiere ou matériaux il est constitué
		age_composant	int	L'âge du composant : tenant compte de sa première utilisation ou d'autres
		fonction_composant	String	La fonction actuelle : il peut déjà être utilisé pour une autre fonctionnalité
FinGarantie_composant		Int	La Date de fin de garantie du composant	
CoutReparation_Composant	Float	Le cout de réparation du composant		
TypeLiaison_Composant	String	Type de liaison du composant avec les autres		
CoutDesassemblage_Composant	Float	Cout de désassemblage du composant		
DureeDeVieResiduelle_Composant	Int	La durée de vie résiduelle du composant		

		NombreLiaison_Composant	Int	Nombre de liaisons du composant avec les autres	
		Cout_Reutilisation_Composant	Float	Le cout de réutilisation du composant, revente et autres	
sous-ensemble		ref_sousensemble	String	La référence du sous-ensemble	
		nom_sousensemble	String	Nom du sous-ensemble	
		type_sousensemble	String	Quel type d'élément	
		nature_sousensemble	String	Nature du sous-ensemble : de quelle matière ou matériaux il est constitué	
		age_sousensemble	Int	L'âge du sous-ensemble: tenant compte de sa première utilisation ou d'autres	
		TypeLiaison_SousEnsemble	String	Le type de liaison du sous-ensemble	
		TypeFixation_SousEnsemble	String	Le type de Fixation du sous-ensemble	
		CoutDesassemblage_SousEnsemble	Float	Le cout de desassemblage du sous-ensemble	
	pièce		ref_piece	String	La référence de la piece
			nom_piece	String	Nom de la piece
		Nature_piece	String	Nature de la piece	
		volume_piece	Float	Volume ou capacité de la piece	
		TypeLiaison_Piece	String	Type de liaison de la piece avec les autres éléments	
		TypeFixation_Piece	String	Type de fixation de la piece	
		CoutRecuperation_Piece	Float	Le cout de recuperation de la piece	

Modele	CLASSE	ATTRIBUTS	TYPE	COMMENTAIRE OU DESCRIPTION
PROCESSUS	procedure	id_procedure	String	Identité de la procédure, sa référence
		nom_procedure	String	Nom de la procédure
		type_procedure	String	Type de procédure
			
	homme	ref_homme	String	Reference homme
		nom_homme	String	Nom homme
		type_homme	String	Type homme
		competence_homme	String	Competence homme
			
	Machine/outil	ref_machine	String	Reference machine
		nom_machine	String	Nom machine
		type_machine	String	Type machine
			
	Application/Technologie	ref_app	String	Reference application
		nom_app	String	Nom application
		type_app	String	Type application
	Information	ref_information	String	Reference information
nature_information		String	Nature information	
nom_information		String	Nom information	

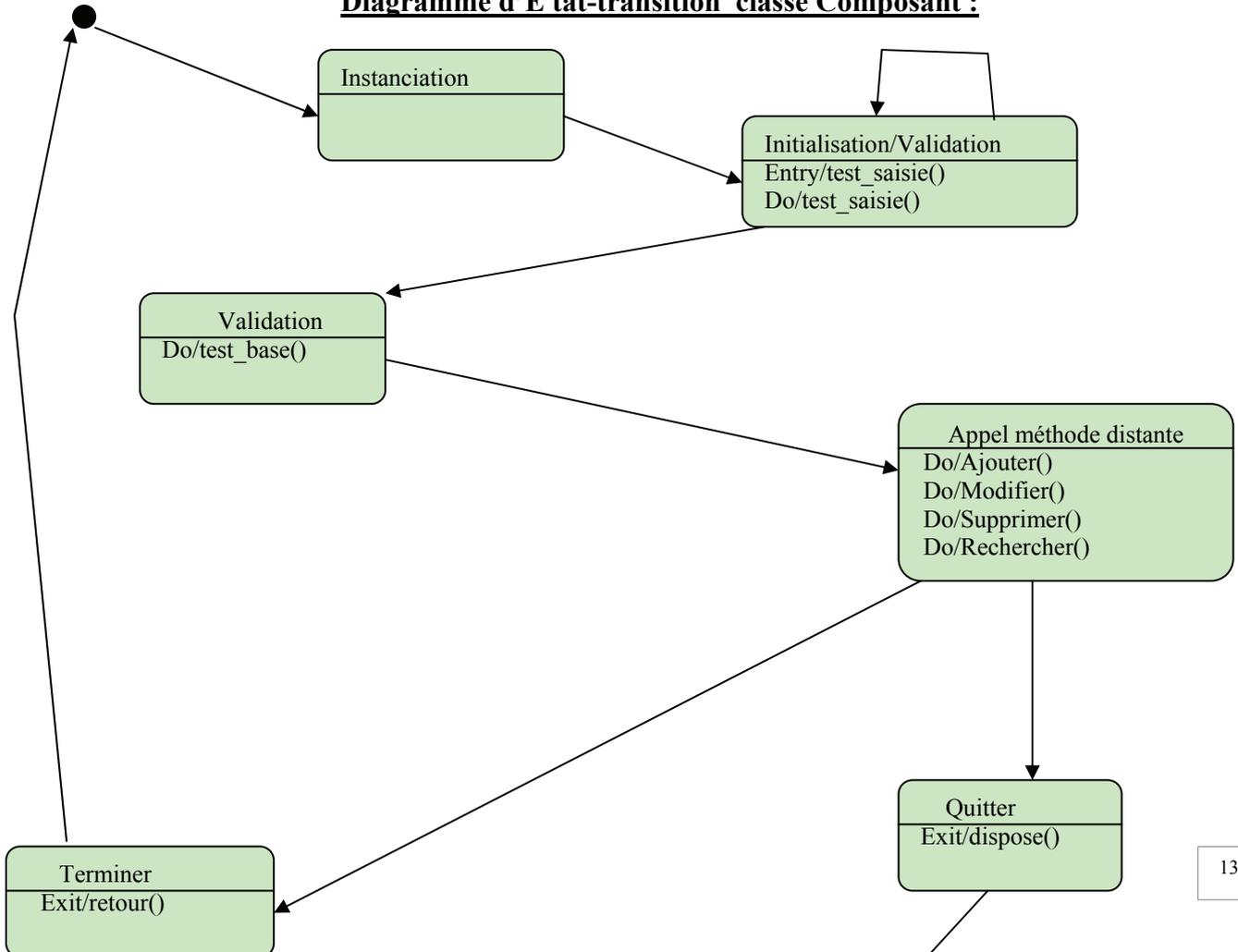
Modele	CLASSE	ATTRIBUTS	TYPE	COMMENTAIRE OU DESCRIPTION
ORGANISATION	Centre de décision	nom_centredec	String	Nom centre de decision
		ref_centredec	String	Reference centre de decision
		fonction_centredec	String	Fonction centre de decision
		periode_centredec	int	Periode de decision
		Ressouce_centredec	String	Les ressources du centre
		Strategic_centredec	String	Les strategies du centre de decision
		Objectif_centredec	String	Les objectifs du centre de decision
	cadre de recyclage	Id_cadrerec	String	Identification du cadre de recyclage
		Expert_cadrerec	String	Expert du cadre recyclage
		Nom_cadrerec	String	Nom cadre recyclage
		Dateprojet_recyc	int	Date des projets cadre recyclage
	cadre de décision	Id_cadredec	String	Identification du cadre du recyclage
		Nom_cadredec	string	Nom cadre de recyclage
		Crtitere_cadredec	String	Les criteres du cadre du recyclage ou variable de decision

		Strateg_cadredec	String	Stratégie cadre de recyclage
projet		Id_projet	String	Identification du projet
		Datedeb_projet	int	Date de debut du projet
		Datefin_projet	int	Date de fin du projet
		Acteur_projet	String	Acteur du projet
		Nom_projet	String	Nom du projet
		Datecreat_projet	int	Date de creation du projet
		Objectif_project	String	Objectif du projet
contrainte		Id_contrainte	String	Identification de la contrainte
		Nom_contrainte	String	Nom de la contrainte
		Type_contrainte	String	Le type de contrainte
objectif		Id_objectif	String	Identification de l'objectif
		Nom_pbjectif	String	Nom de l'objectif
ressource		Id_ressource	String	Identification ressource
		Nom_ressource	String	Nom ressource
		Type_ressource	String	Type de ressource

Annexe 3: Diagrammes Etat transition de l'application

Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Composant :



Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Projet :

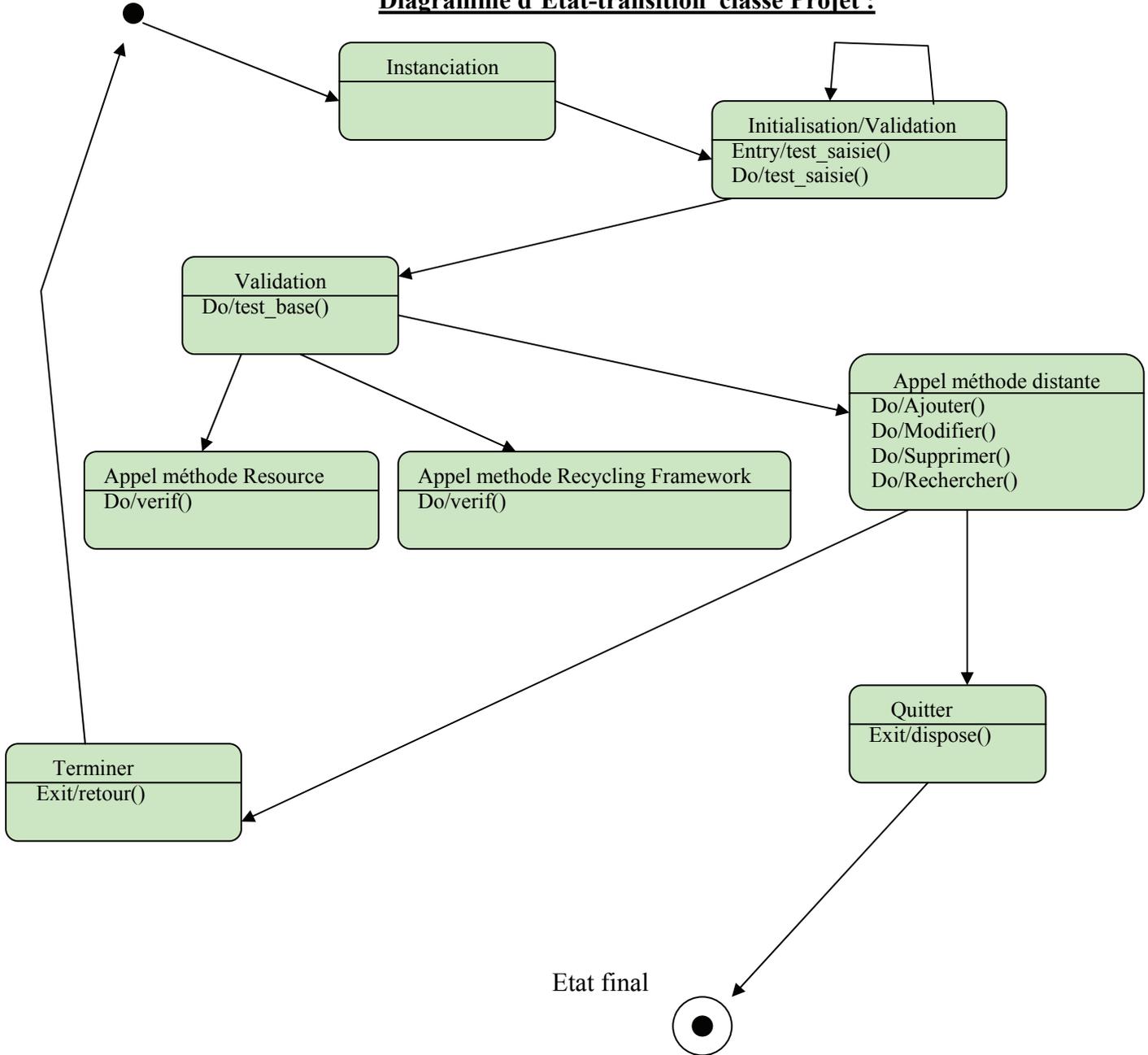


Diagramme d'Etat-transition classe centre de Décision :

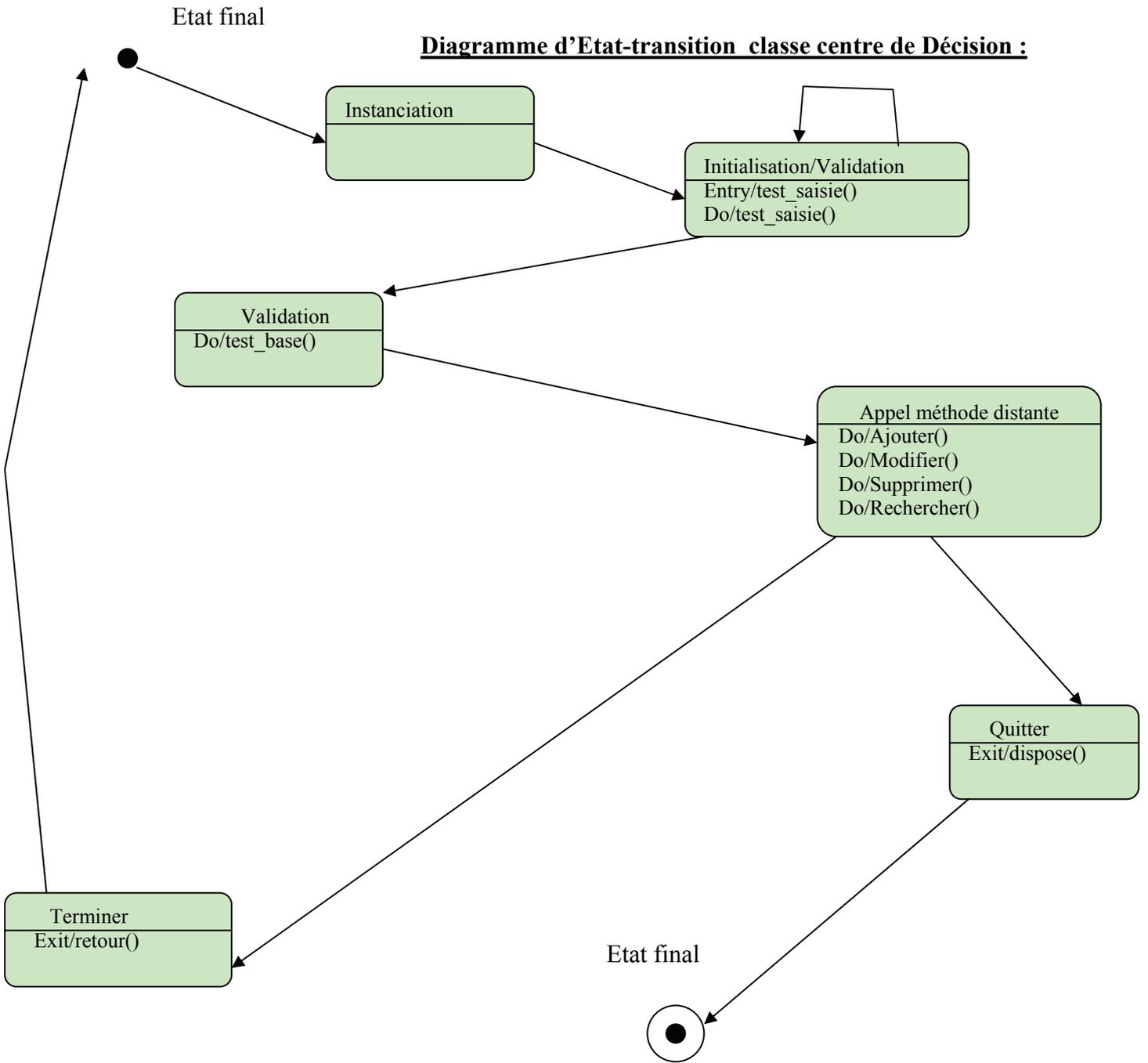


Diagramme d'Etat-transition classe Produit:

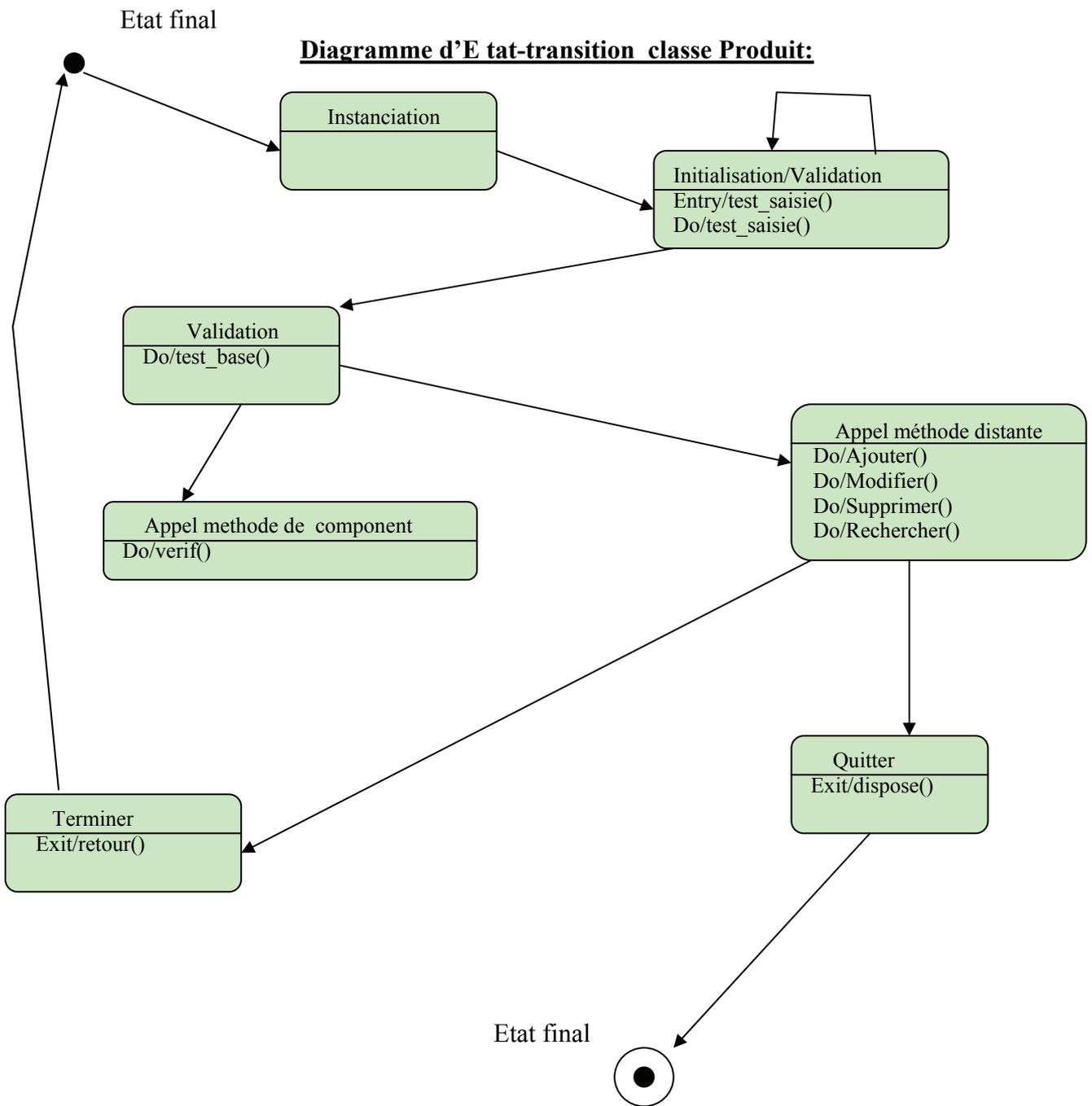


Diagramme d'Etat-transition classe Pièce:

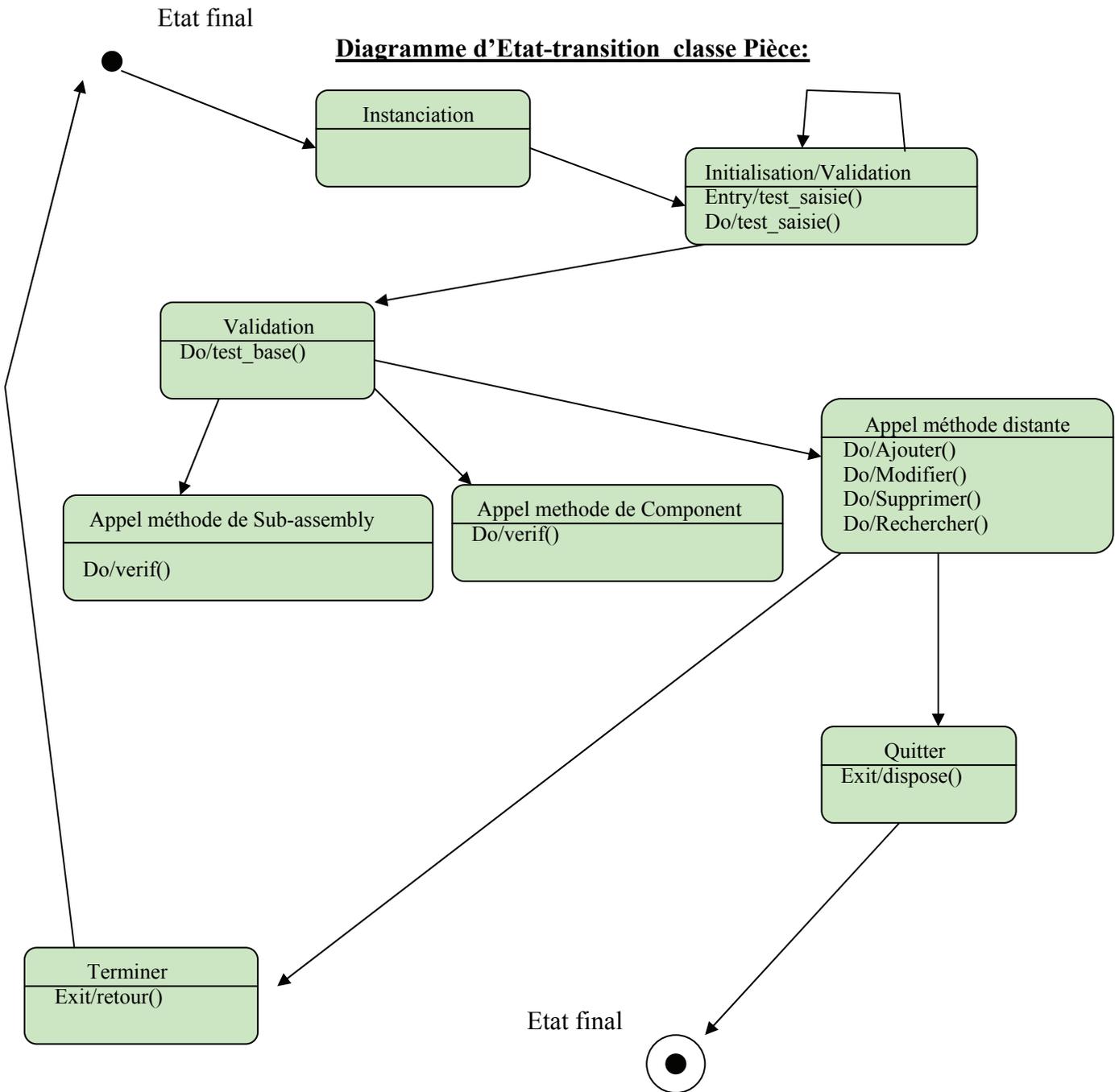
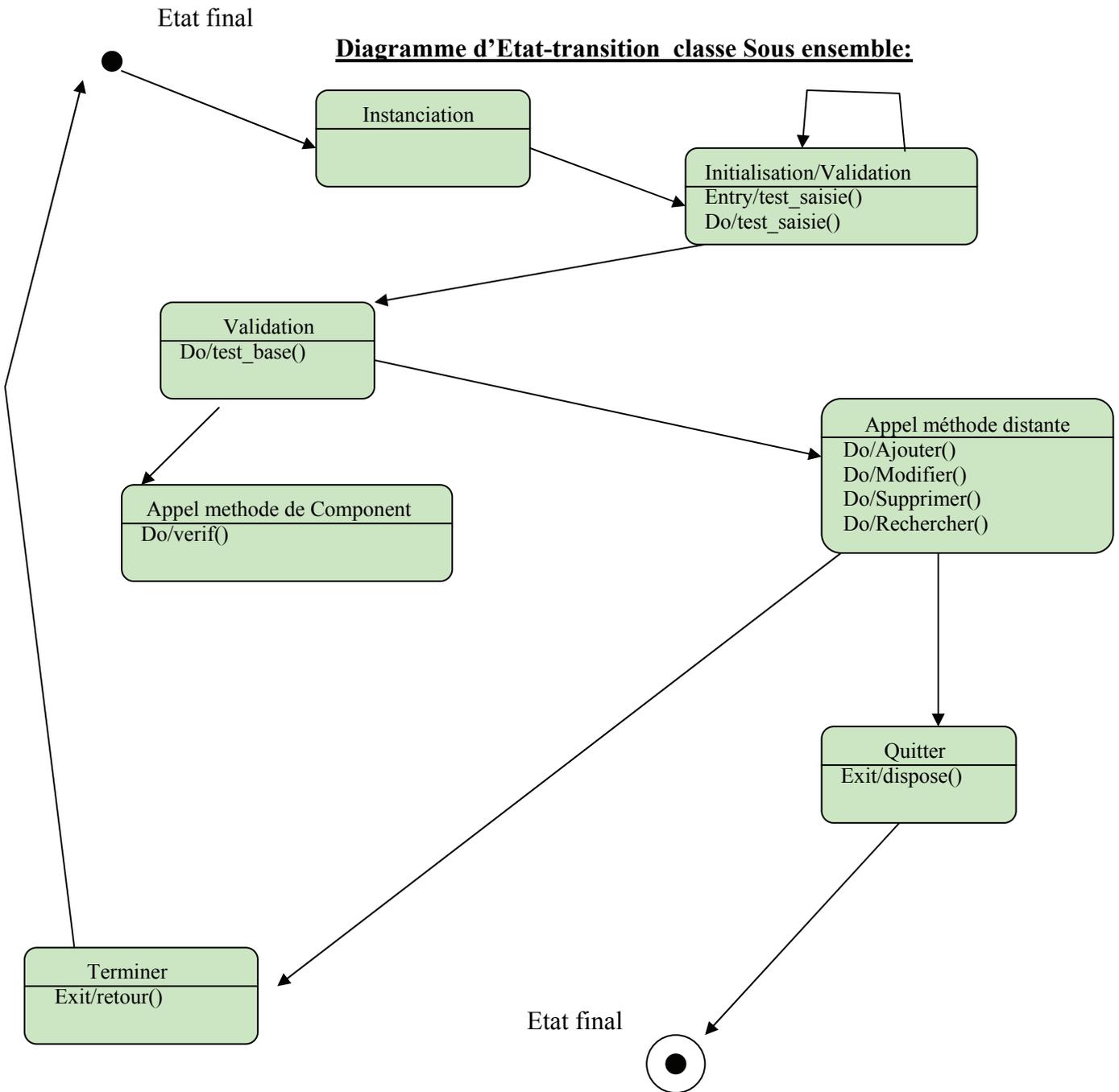
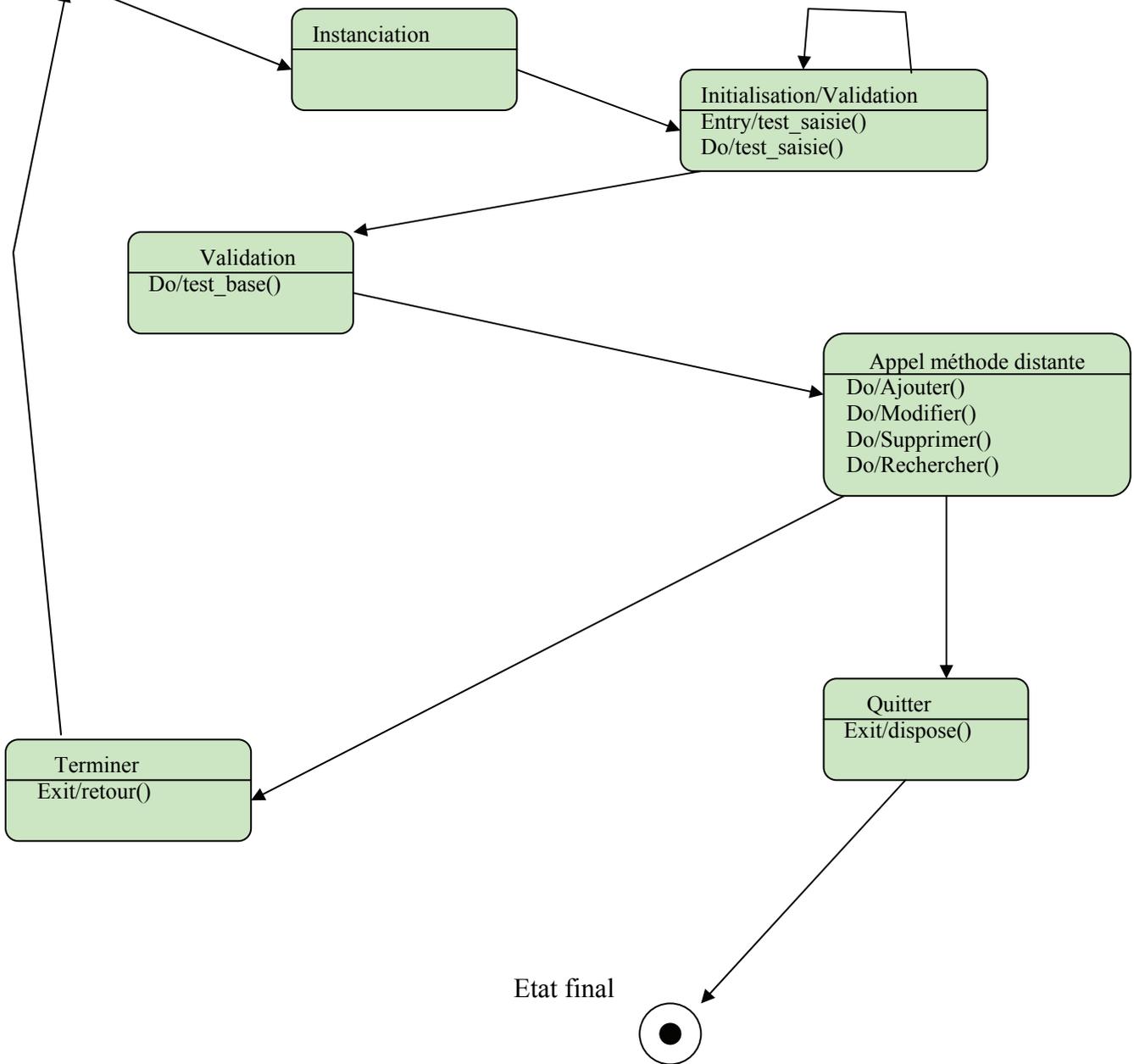


Diagramme d'Etat-transition classe Sous ensemble:



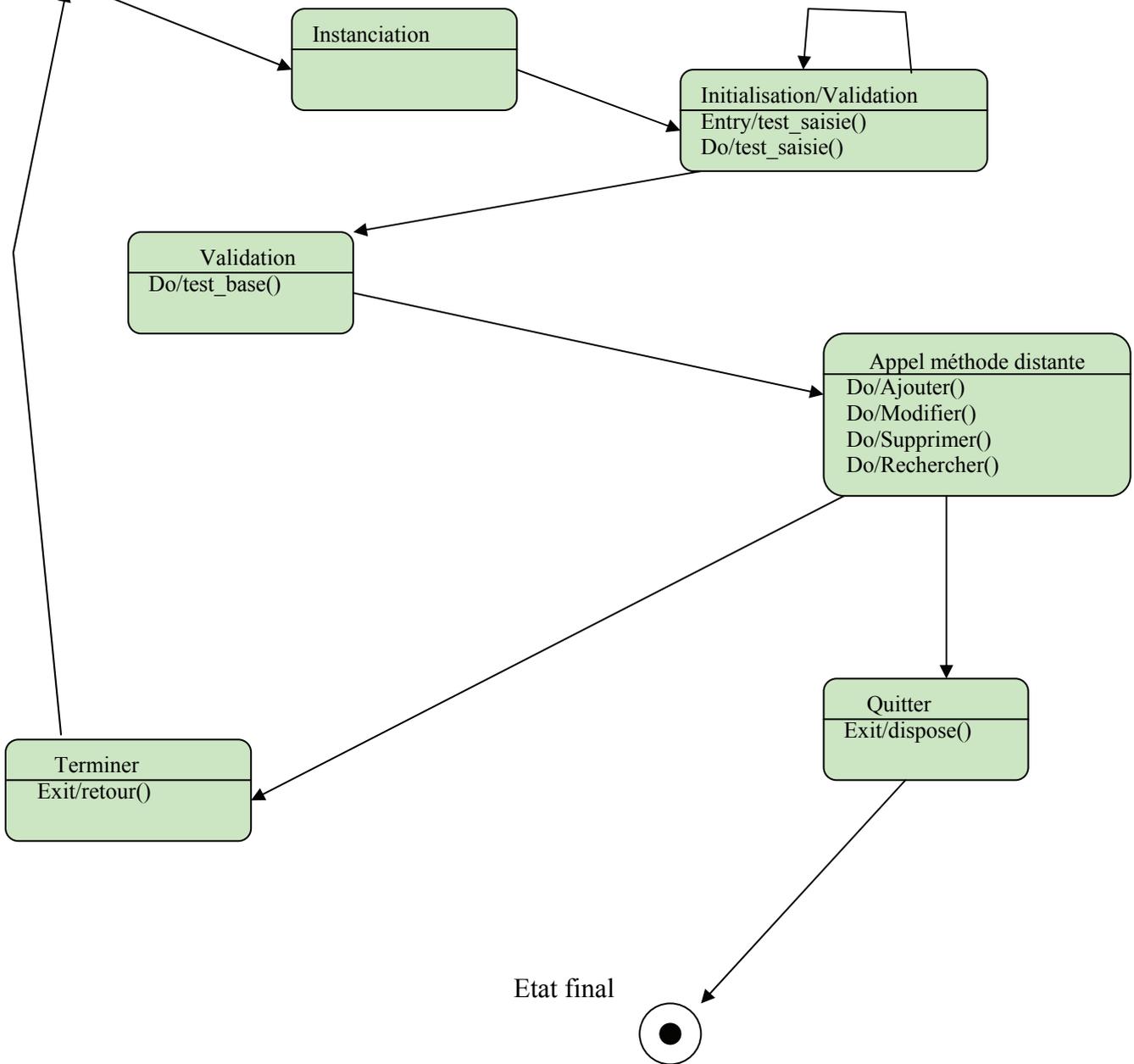
Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Information:



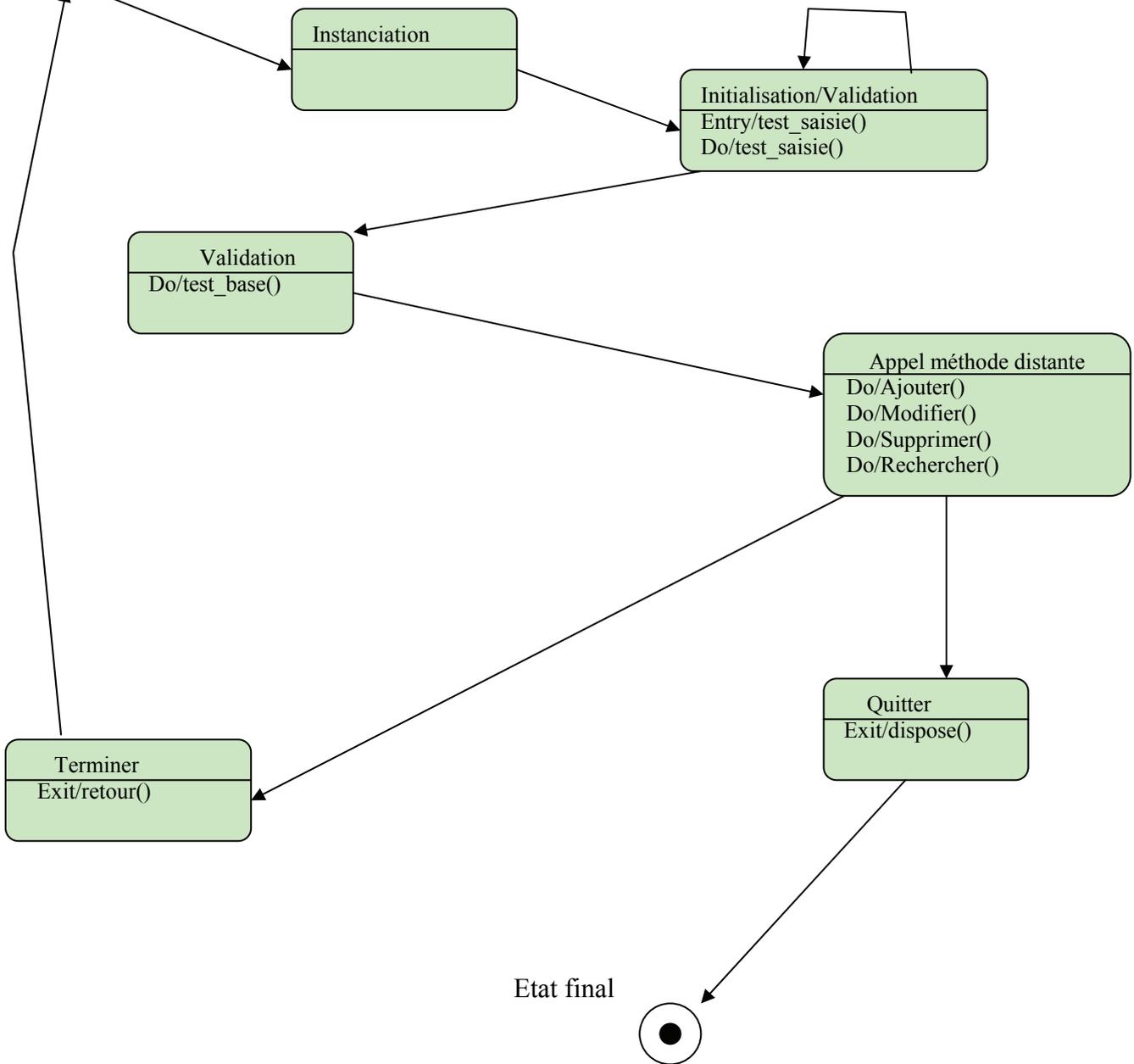
Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Outil :



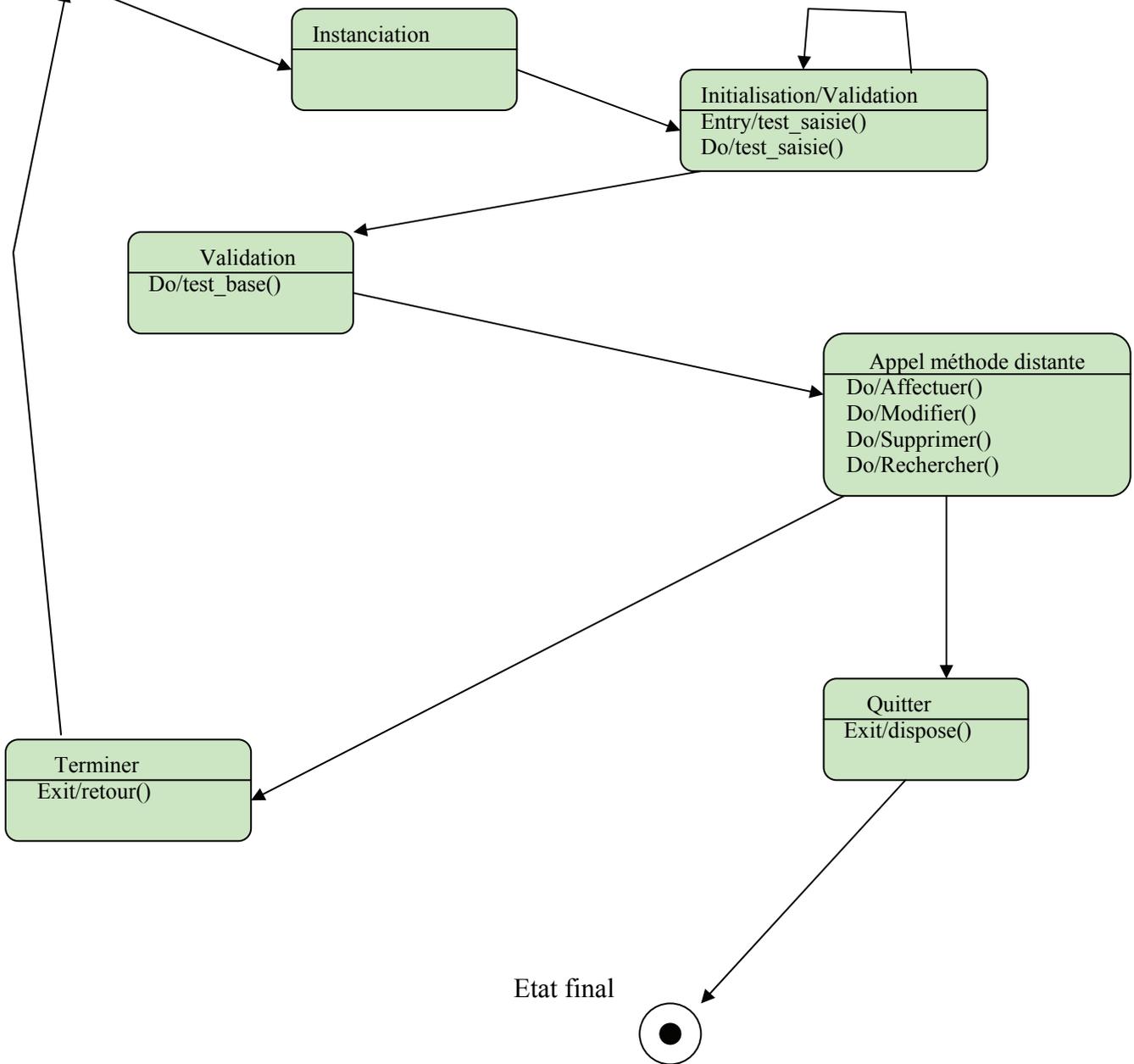
Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Humain:



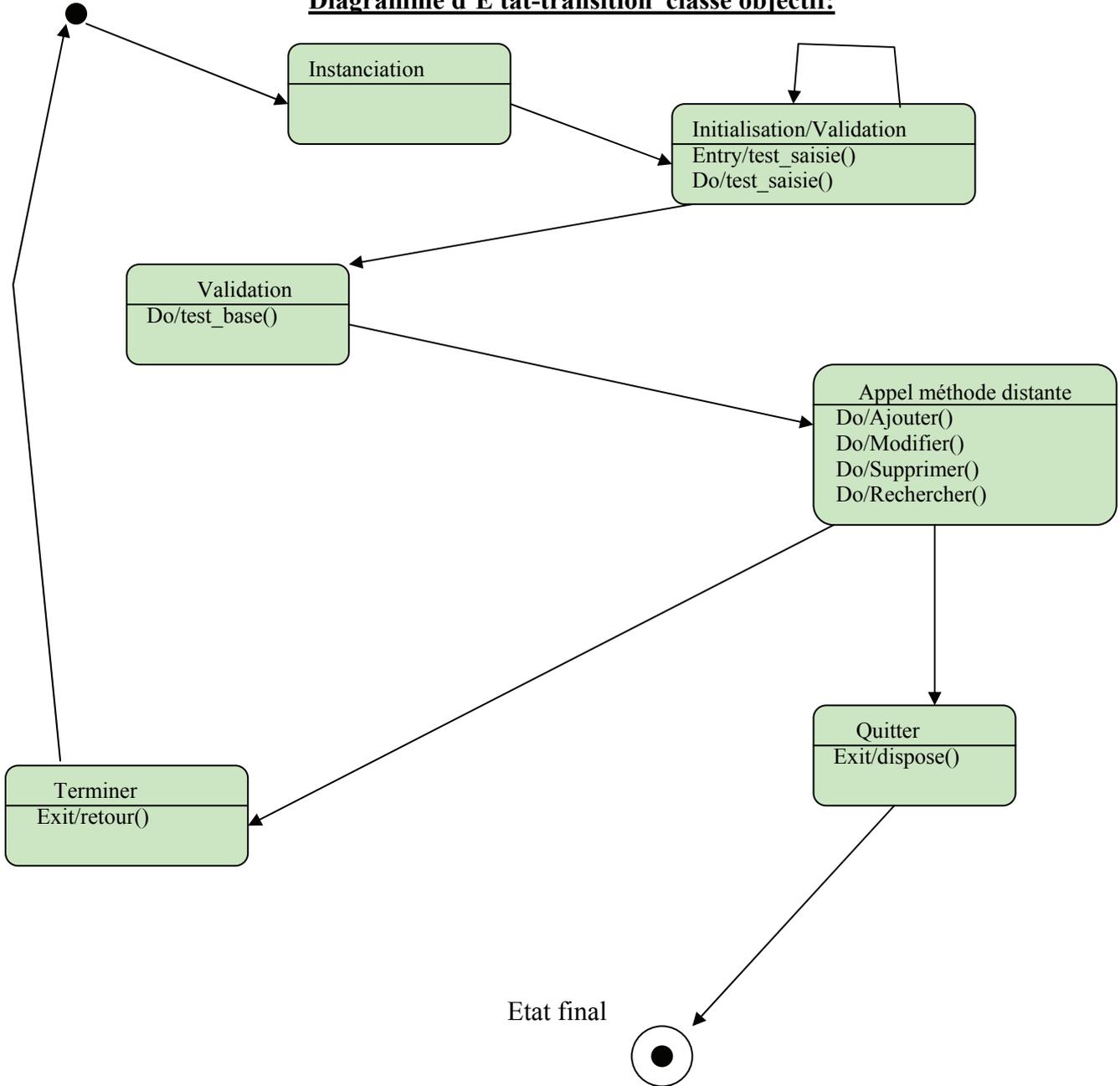
Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Application :



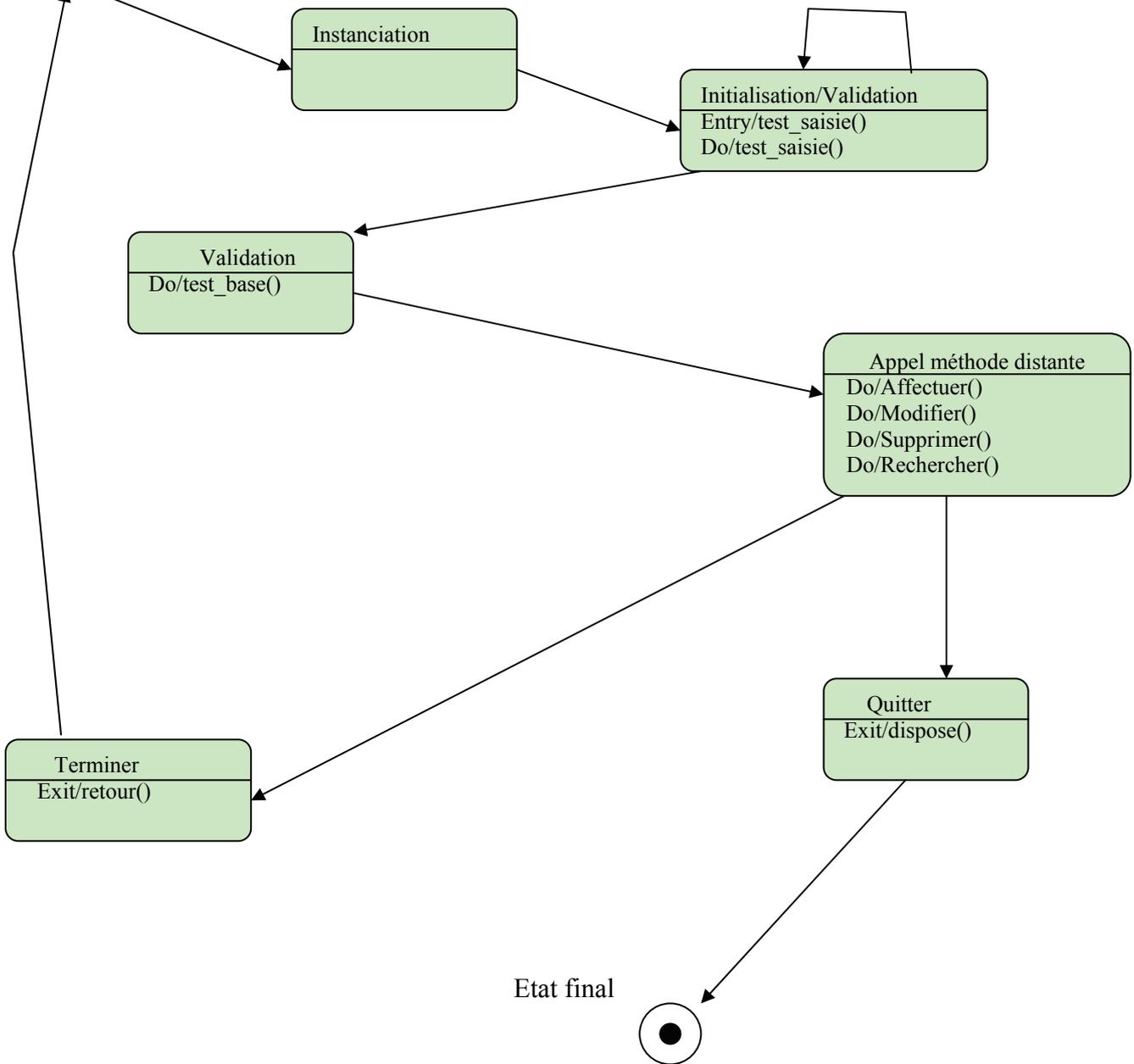
Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe objectif:



Etat final

Diagramme d'Etat-transition classe Procédure :



Etat final

Annexe 4:Requêtes de la Création de la Base de Données

```
-- phpMyAdmin SQL Dump
-- version 3.3.2
-- http://www.phpmyadmin.net
--
-- Serveur: 127.0.0.1
-- Généré le : Mar 26 Octobre 2010 à 21:51
-- Version du serveur: 5.1.45
-- Version de PHP: 5.3.2
SET SQL_MODE="NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_CLIENT=@@CHARACTER_SET_CLIENT
*/;
/*!40101 SET
@OLD_CHARACTER_SET_RESULTS=@@CHARACTER_SET_RESULTS */;
/*!40101 SET @OLD_COLLATION_CONNECTION=@@COLLATION_CONNECTION
*/;
/*!40101 SET NAMES utf8 */;
--
-- Base de données: `_bd`
--
-----
--
-- Structure de la table `produit`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `produit` (
  `ref_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `lib_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `type_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `datefab_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `volume_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `fonction_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `dateretrait_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `Etat_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `datefingarantie_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `couleur_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `tauxRecyclabilite` varchar(100) NOT NULL,
  `coutdesassamblage_produit` varchar(100) NOT NULL,
  `coutReparationProduit` varchar(100) NOT NULL,
  `coutRecyclageProduit` varchar(100) NOT NULL,
  `coutIncinerationProduit` varchar(100) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`ref_produit`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
--
-- Contenu de la table `produit`
--
INSERT INTO `produit` (`ref_produit`, `lib_produit`, `type_produit`, `datefab_produit`,
`volume_produit`, `fonction_produit`, `dateretrait_produit`, `Etat_produit`,
`datefingarantie_produit`, `couleur_produit`, `tauxRecyclabilite`,
```

```

`coutdesassemblage_produit`, `coutReparationProduit`, `coutRecyclageProduit`,
`coutIncinerationProduit`) VALUES
('a', 'Q', 'TP1', 'm', 'm', 'p', 'p', 'Bon', 'a', 'VIOLET', 'm', 'm', 'p', 'p', 'p'),
('b', 'b', 'TP1', 'b', 'b', 'b', 'b', 'Bon', 'b', 'BLEU', 'b', 'b', 'b', 'b', 'b'),
('Q', 'Gazoil', 'TP1', 'Q', '200litres', 'Travail', '20/10/2010', 'Moyen', '12/06/2010', 'VIOLET',
'15%', '500', '300', '100', '50'),
('REFPR01', 'Produit 01', 'TP1', '10/05/2010', '3', 'F01', '12/08/2010', 'Bon', '12/09/2010',
'VIOLET', '25%', '25Euros', '2Euros', '2,5Euros', '1Euro');

```

```

-----
--

```

```
-- Structure de la table `projet`
```

```

--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `projet` (
  `id_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `lib_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `datedeb_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `datefin_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `objectif_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `cout_Projet` varchar(100) NOT NULL,
  `acteur_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `Localisation_Projet` varchar(100) NOT NULL,
  `datecrea_projet` varchar(100) NOT NULL,
  `Niveau_Projet` varchar(100) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_projet`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

```

```

--
-- Contenu de la table `projet` --

```

```

INSERT INTO `projet` (`id_projet`, `lib_projet`, `datedeb_projet`, `datefin_projet`,
`objectif_projet`, `cout_Projet`, `acteur_projet`, `Localisation_Projet`, `datecrea_projet`,
`Niveau_Projet`) VALUES
('a', 'a', 'a', 'a', 'null', 'a', 'Acteur002', 'aa', 'a', 'a'),
('aaa', 'a', 'a', 'a', 'aazerty', 'a', 'Acteur002', 'a', 'a', 'a'),
('REFPRJ02', 'Projet 02', '10/01/2010', '10/07/2010', 'Lesobjectifs sont...', '30000Euros',
'Acteur001', 'Localisation..', '12/03/2010', 'Niveau..');

```

```

-----
--

```

```
-- Structure de la table `ressource`
```

```

--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `ressource` (
  `id_ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `lib_ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `type_ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `Localisation_Ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `fonction_Ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `cout_Ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `Etat_Ressource` varchar(100) NOT NULL,
  `dateDisposition_Ressource` varchar(100) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_ressource`)
)

```

```

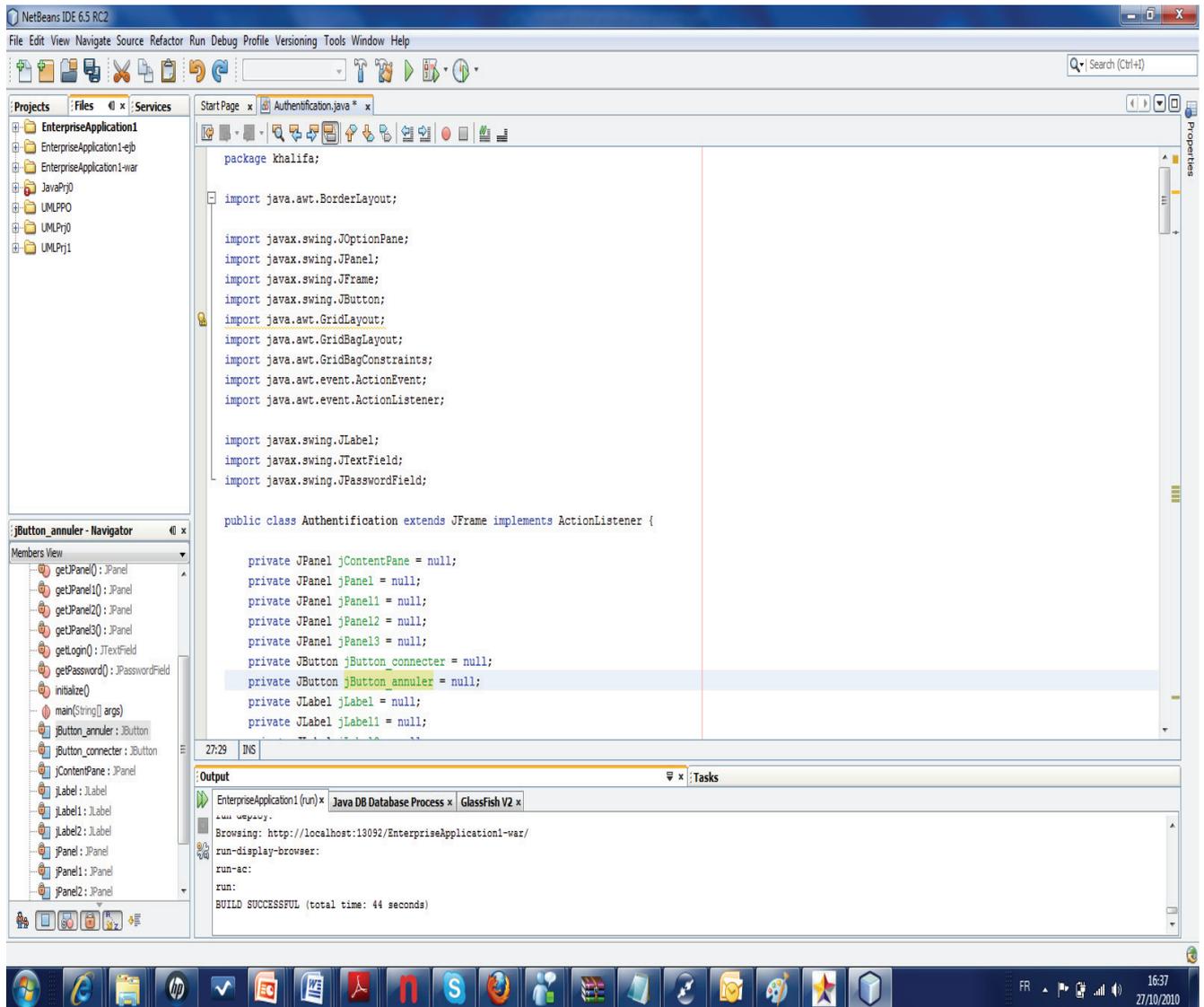
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
--
-- Contenu de la table `ressource`
--
INSERT INTO `ressource` (`id_ressource`, `lib_ressource`, `type_ressource`,
`Localisation_Ressource`, `fonction_Ressource`, `cout_Ressource`, `Etat_Ressource`,
`dateDisposition_Ressource`) VALUES
('a', 'm', 'TPRS2', 'l', 'l', 'a', 'a', '14/05/2010'),
('m', 'mm', 'TPRS1', 'thies', 'mm', '777', 'mauvais', '14/05/2010'),
('REFRES001', 'Ressource001', 'TPRS1', 'Localisation...', 'Permet...', '12Euros', 'Bon',
'14/05/2010');

```

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'PPO'. The table 'ressource' is selected, and its contents are displayed in a table view. The table has 12 columns: ref_produit, lib_produit, type_produit, datefab_produit, volume_produit, fonction_produit, datertrait_produit, Etat_produit, datefingarantie_produit, couleur_produit, tauxRecyclabilite, and cout. The data is as follows:

ref_produit	lib_produit	type_produit	datefab_produit	volume_produit	fonction_produit	datertrait_produit	Etat_produit	datefingarantie_produit	couleur_produit	tauxRecyclabilite	cout
a	Q	TP1	m	m	p	p	Bon	a	VIOLET	m	m
b	b	TP1	b	b	b	b	Bon	b	BLEU	b	b
Q	Gazoil	TP1	Q	200litres	Travail	20/10/2010	Moyen	12/06/2010	VIOLET	15%	500
REFPR01	Produit 01	TP1	10/05/2010	3	F01	12/08/2010	Bon	12/09/2010	VIOLET	25%	2500

Annexe 5: Connexion BD



```

package Khalifa;
import java.sql.*;
public class ConnectionBD {
    /*
     * CETTE CLASSE PERMET DE SE CONNECTER
     * A LA BASE DE DONNEES
     */
    public static void chargerDriver(){
        try{
            Class.forName("org.gjt.mm.mysql.Driver");
        }
        catch(ClassNotFoundException e){
            System.out.println("Erreur chargement driver...!");
        }
    }
    public static Connection getConnection(){
        try{
            return DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/_bd",
"root", "");

```

```

    }
    catch(Exception e){
        System.out.println("Connection impossible..!");
        return null;
    }
}

```

Annexe 6:Code implementation Java

Code Authentication :

```

package khalifa;
import java.awt.BorderLayout;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JButton;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JTextField;
import javax.swing.JPasswordField;
public class Authentication extends JFrame implements ActionListener {
    private JPanel jContentPane = null;
    private JPanel jPanel = null;
    private JPanel jPanel1 = null;
    private JPanel jPanel2 = null;
    private JPanel jPanel3 = null;
    private JButton jButton_connecter = null;
    private JButton jButton_annuler = null;
    private JLabel jLabel = null;
    private JLabel jLabel1 = null;
    private JLabel jLabel2 = null;
    private JTextField login = null;
    private JPasswordField password = null;
    /**
     * This method initializes jPanel
     *
     * @return javax.swing.JPanel
     */
    private JPanel getJPanel() {
        if (jPanel == null) {
            GridBagConstraints gridBagConstraints = new GridBagConstraints();

```

```

        gridBagConstraints.gridx = 0;
        gridBagConstraints.ipadx = 703;
        gridBagConstraints.ipady = 330;
        gridBagConstraints.gridy = 0;
        jPanel = new JPanel();
        jPanel.setLayout(new GridBagLayout());
        jPanel.setBackground(new java.awt.Color(46,64,96));
        jPanel.add(getJPanel1(), gridBagConstraints);
    }
    return jPanel;
}
/**
 * This method initializes jPanel1
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel1() {
    if (jPanel1 == null) {
        jPanel1 = new JPanel();
        jPanel1.setLayout(null);
        jPanel1.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
        jPanel1.add(getJPanel2(), null);
        jPanel1.add(getJPanel3(), null);
        jPanel1.add(getJButton_connecter(), null);
        jPanel1.add(getJButton_annuler(), null);
    }
    return jPanel1;
}
/**
 * This method initializes jPanel2
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel2() {
    if (jPanel2 == null) {
        jLabel = new JLabel();
        jLabel.setBounds(new java.awt.Rectangle(-8,8,264,43));

        jLabel.setHorizontalAlignment(javax.swing.SwingConstants.CENTER);
        jLabel.setFont(new java.awt.Font("FrankRuehl", java.awt.Font.BOLD |
java.awt.Font.ITALIC, 36));
        jLabel.setText("CONNECTION");
        jPanel2 = new JPanel();
        jPanel2.setLayout(null);
        jPanel2.setBounds(new java.awt.Rectangle(227,37,259,58));
        jPanel2.add(jLabel, null);
    }
    return jPanel2;
}
/**

```

```

* This method initializes jPanel3
*
* @return javax.swing.JPanel
*/
private JPanel getJPanel3() {
    if (jPanel3 == null) {
        jLabel2 = new JLabel();
        jLabel2.setBounds(new java.awt.Rectangle(103,82,117,20));
        jLabel2.setText("PASSWORD");
        jLabel1 = new JLabel();
        jLabel1.setBounds(new java.awt.Rectangle(103,31,117,20));
        jLabel1.setText("LOGIN");
        jPanel3 = new JPanel();
        jPanel3.setLayout(null);
        jPanel3.setBounds(new java.awt.Rectangle(146,113,422,134));
        jPanel3.add(jLabel1, null);
        jPanel3.add(jLabel2, null);
        jPanel3.add(getLogin(), null);
        jPanel3.add(getPassword(), null);
    }
    return jPanel3;
}
/**
* This method initializes jButton_connector
*
* @return javax.swing.JButton
*/
private JButton getJButton_connector() {
    if (jButton_connector == null) {
        jButton_connector = new JButton();
        jButton_connector.setBounds(new
java.awt.Rectangle(216,273,109,23));
        jButton_connector.setText("CONNECTER");
        jButton_connector.addActionListener(this);
    }
    return jButton_connector;
}
/**
* This method initializes jButton_annuler
*
* @return javax.swing.JButton
*/
private JButton getJButton_annuler() {
    if (jButton_annuler == null) {
        jButton_annuler = new JButton();
        jButton_annuler.setBounds(new java.awt.Rectangle(393,273,109,23));
        jButton_annuler.setText("ANNULER");
        jButton_annuler.addActionListener(this);
    }
    return jButton_annuler;
}

```

```

}
/**
 * This method initializes login
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getLogin() {
    if (login == null) {
        login = new JTextField();
        login.setBounds(new java.awt.Rectangle(229,31,135,20));
    }
    return login;
}
/**
 * This method initializes password
 *
 * @return javax.swing.JPasswordField
 */
private JPasswordField getPassword() {
    if (password == null) {
        password = new JPasswordField();
        password.setBounds(new java.awt.Rectangle(229,82,135,20));
    }
    return password;
}
/**
 * @param args
 */
public static void main(String[] args) {
    // TODO Auto-generated method stub
    new Authentication();
}
/**
 * This is the default constructor
 */
public Authentication() {
    super();
    initialize();
}
/**
 * This method initializes this
 *
 * @return void
 */
private void initialize() {
    this.setSize(720, 369);
    this.setDefaultCloseOperation(javax.swing.JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
    this.setContentPane(getContentPane());
    this.setTitle("AUTHENTICATION");
    this.setVisible(true);
}

```

```

        this.setLocationRelativeTo(null);
    }
    /**
     * This method initializes jContentPane
     *
     * @return javax.swing.JPanel
     */
    private JPanel getJContentPane() {
        if (jContentPane == null) {
            jContentPane = new JPanel();
            jContentPane.setLayout(new BorderLayout());
            jContentPane.add(getJPanel(), java.awt.BorderLayout.CENTER);
        }
        return jContentPane;
    }
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // TODO Auto-generated method stub
        if(e.getSource() == jButton_connecter){
            if(login.getText().trim().equals("")){
                JOptionPane.showMessageDialog (this,"Connetion impossible,
remplissez tous les champs..!", "Erreur",
                JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE,
                null);
            }
            else{
                //opération à effectuer
            }
        }
        if(e.getSource() == jButton_annuler){
        }
    }
} // @jve:decl-index=0:visual-constraint="10,10"

```

Code Connexion :

Code Ajout Produit :

```

package Khalifa;
import java.awt.BorderLayout;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JButton;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.sql.Connection;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.Statement;
import javax.swing.JLabel;

```

```

import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JTextField;
import javax.swing.JComboBox;
import javax.swing.JScrollPane;
import javax.swing.JTable;
import javax.swing.table.DefaultTableModel;
public class AjouterProduit extends JFrame implements ActionListener {
    private JPanel jContentPane = null;
    private JPanel jPanel = null;
    private JPanel jPanel1 = null;
    private JPanel jPanel_top = null;
    private JPanel jPanel_middle = null;
    private JPanel jPanel_bottom = null;
    private JButton jButton = null;
    private JLabel jLabel = null;
    private JTextField reference = null;
    private JTextField libelle = null;
    private JTextField date_fabrication = null;
    private JComboBox type = null;
    private JTextField volume = null;
    private JTextField fonction = null;
    private JTextField date_retrait = null;
    private JComboBox etat = null;
    private JTextField date_fin_garantie = null;
    private JTextField taux_recyclabilite = null;
    private JComboBox couleur = null;
    private JTextField cout_desassamblage = null;
    private JTextField cout_reparation = null;
    private JTextField cout_recyclage = null;
    private JTextField cout_incineration = null;
    private JLabel jLabel1 = null;
    private JLabel jLabel2 = null;
    private JLabel jLabel3 = null;
    private JLabel jLabel4 = null;
    private JLabel jLabel5 = null;
    private JLabel jLabel6 = null;
    private JLabel jLabel7 = null;
    private JLabel jLabel8 = null;
    private JLabel jLabel9 = null;
    private JLabel jLabel10 = null;
    private JLabel jLabel11 = null;
    private JLabel jLabel12 = null;
    private JLabel jLabel13 = null;
    private JLabel jLabel14 = null;
    private JLabel jLabel15 = null;
    private JScrollPane jScrollPane = null;
    private JTable jTable = null;
    /**
     * This method initializes jPanel
     *

```

```

* @return javax.swing.JPanel
*/
private JPanel getJPanel() {
    if (jPanel == null) {
        GridBagConstraints gridBagConstraints = new GridBagConstraints();
        gridBagConstraints.gridx = 0;
        gridBagConstraints.ipadx = 768;
        gridBagConstraints.ipady = 438;
        gridBagConstraints.gridy = 0;
        jPanel = new JPanel();
        jPanel.setLayout(new GridBagLayout());
        jPanel.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
        jPanel.add(getJPanel1(), gridBagConstraints);
    }
    return jPanel;
}
/**
 * This method initializes jPanel1
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel1() {
    if (jPanel1 == null) {
        jPanel1 = new JPanel();
        jPanel1.setLayout(null);
        jPanel1.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
        jPanel1.add(getJPanel_top(), null);
        jPanel1.add(getJButton(), null);
        jPanel1.add(getJPanel_middle(), null);
        jPanel1.add(getJPanel_bottom(), null);
    }
    return jPanel1;
}
/**
 * This method initializes jPanel2
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_top() {
    if (jPanel_top == null) {
        jLabel = new JLabel();
        jLabel.setBounds(new java.awt.Rectangle(6,6,329,49));

        jLabel.setHorizontalAlignment(javax.swing.SwingConstants.CENTER);
        jLabel.setFont(new java.awt.Font("FrankRuehl", java.awt.Font.BOLD |
java.awt.Font.ITALIC, 36));
        jLabel.setText("Ajouter Produit");
        jPanel_top = new JPanel();
        jPanel_top.setLayout(null);
        jPanel_top.setBounds(new java.awt.Rectangle(214,13,339,60));

```

```

        JPanel_top.add(jLabel, null);
    }
    return JPanel_top;
}
/**
 * This method initializes JPanel_middle
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_middle() {
    if (JPanel_middle == null) {
        JLabel15 = new JLabel();
        JLabel15.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,180,112,16));
        JLabel15.setText("Coût incinération");
        JLabel14 = new JLabel();
        JLabel14.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,152,112,16));
        JLabel14.setText("Coût recyclage");
        JLabel13 = new JLabel();
        JLabel13.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,124,112,16));
        JLabel13.setText("Coût réparation");
        JLabel12 = new JLabel();
        JLabel12.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,96,126,16));
        JLabel12.setText("Coût desassemblage");
        JLabel11 = new JLabel();
        JLabel11.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,68,112,16));
        JLabel11.setText("Taux recyclabilité");
        JLabel10 = new JLabel();
        JLabel10.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,40,112,16));
        JLabel10.setText("Couleur");
        JLabel9 = new JLabel();
        JLabel9.setBounds(new java.awt.Rectangle(334,12,112,16));
        JLabel9.setText("Date fin garantie");
        JLabel8 = new JLabel();
        JLabel8.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,208,112,16));
        JLabel8.setText("Etat");
        JLabel7 = new JLabel();
        JLabel7.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,180,112,16));
        JLabel7.setText("Date retrait");
        JLabel6 = new JLabel();
        JLabel6.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,152,112,16));
        JLabel6.setText("Fonction");
        JLabel5 = new JLabel();
        JLabel5.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,124,112,16));
        JLabel5.setText("Volume");
        JLabel4 = new JLabel();
        JLabel4.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,96,112,16));
        JLabel4.setText("Date fabrication");
        JLabel3 = new JLabel();
        JLabel3.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,68,112,16));
        JLabel3.setText("Type");
    }
}

```

```

        jLabel2 = new JLabel();
        jLabel2.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,40,112,16));
        jLabel2.setText("Libellé");
        jLabel1 = new JLabel();
        jLabel1.setBounds(new java.awt.Rectangle(19,12,112,16));
        jLabel1.setText("Référence");
        jPanel_middle = new JPanel();
        jPanel_middle.setLayout(null);
        jPanel_middle.setBounds(new java.awt.Rectangle(82,89,602,236));
        jPanel_middle.add(getReference(), null);
        jPanel_middle.add(getLibelle(), null);
        jPanel_middle.add(getType(), null);
        jPanel_middle.add(getDate_fabrication(), null);
        jPanel_middle.add(getVolume(), null);
        jPanel_middle.add(getFonction(), null);
        jPanel_middle.add(getDate_retrait(), null);
        jPanel_middle.add(getEtat(), null);
        jPanel_middle.add(getDate_fin_garantie(), null);
        jPanel_middle.add(getCouleur(), null);
        jPanel_middle.add(getTaux_recyclabilite(), null);
        jPanel_middle.add(getCout_desassamblage(), null);
        jPanel_middle.add(getCout_reparation(), null);
        jPanel_middle.add(getCout_recyclage(), null);
        jPanel_middle.add(getCout_incineration(), null);
        jPanel_middle.add(jLabel1, null);
        jPanel_middle.add(jLabel2, null);
        jPanel_middle.add(jLabel3, null);
        jPanel_middle.add(jLabel4, null);
        jPanel_middle.add(jLabel5, null);
        jPanel_middle.add(jLabel6, null);
        jPanel_middle.add(jLabel7, null);
        jPanel_middle.add(jLabel8, null);
        jPanel_middle.add(jLabel9, null);
        jPanel_middle.add(jLabel10, null);
        jPanel_middle.add(jLabel11, null);
        jPanel_middle.add(jLabel12, null);
        jPanel_middle.add(jLabel13, null);
        jPanel_middle.add(jLabel14, null);
        jPanel_middle.add(jLabel15, null);
    }
    return jPanel_middle;
}
/**
 * This method initializes jPanel_bottom
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_bottom() {
    if (jPanel_bottom == null) {
        jPanel_bottom = new JPanel();
    }
}

```

```

        jPanel_bottom.setLayout(null);
        jPanel_bottom.setBounds(new java.awt.Rectangle(0,372,770,67));
        jPanel_bottom.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
        jPanel_bottom.add(getJScrollPane(), null);
    }
    return jPanel_bottom;
}
/**
 * This method initializes jButton
 *
 * @return javax.swing.JButton
 */
private JButton getJButton() {
    if (jButton == null) {
        jButton = new JButton();
        jButton.setBounds(new java.awt.Rectangle(339,336,85,22));
        jButton.setText("Ajouter");
        jButton.addActionListener(this);
    }
    return jButton;
}
/**
 * This method initializes reference
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getReference() {
    if (reference == null) {
        reference = new JTextField();
        reference.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,12,108,16));
    }
    return reference;
}
/**
 * This method initializes libelle
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getLibelle() {
    if (libelle == null) {
        libelle = new JTextField();
        libelle.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,40,108,16));
    }
    return libelle;
}
/**
 * This method initializes type
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */

```

```

private JTextField getDate_fabrication() {
    if (date_fabrication == null) {
        date_fabrication = new JTextField();
        date_fabrication.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,96,108,16));
    }
    return date_fabrication;
}
/**
 * This method initializes type
 *
 * @return javax.swing.JComboBox
 */
private JComboBox getType() {
    if (type == null) {
        type = new JComboBox();
        type.addItem("TP1");
        type.addItem("TP2");
        type.addItem("TP3");
        type.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,68,108,16));
    }
    return type;
}
/**
 * This method initializes volume
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getVolume() {
    if (volume == null) {
        volume = new JTextField();
        volume.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,124,108,16));
    }
    return volume;
}
/**
 * This method initializes fonction
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getFonction() {
    if (fonction == null) {
        fonction = new JTextField();
        fonction.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,152,108,16));
    }
    return fonction;
}
/**
 * This method initializes date_retrait
 *
 * @return javax.swing.JTextField

```

```

*/
private JTextField getDate_retrait() {
    if (date_retrait == null) {
        date_retrait = new JTextField();
        date_retrait.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,180,108,16));
    }
    return date_retrait;
}
/**
 * This method initializes etat
 *
 * @return javax.swing.JComboBox
 */
private JComboBox getEtat() {
    if (etat == null) {
        etat = new JComboBox();
        etat.addItem("Bon");
        etat.addItem("Moyen");
        etat.addItem("Mauvais");
        etat.setBounds(new java.awt.Rectangle(158,208,108,16));
    }
    return etat;
}
/**
 * This method initializes date_fin_garantie
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getDate_fin_garantie() {
    if (date_fin_garantie == null) {
        date_fin_garantie = new JTextField();
        date_fin_garantie.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,13,108,16));
    }
    return date_fin_garantie;
}
/**
 * This method initializes taux_recyclabilite
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getTaux_recyclabilite() {
    if (taux_recyclabilite == null) {
        taux_recyclabilite = new JTextField();
        taux_recyclabilite.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,69,108,16));
    }
    return taux_recyclabilite;
}
/**
 * This method initializes couleur
 *

```

```

* @return javax.swing.JComboBox
*/
private JComboBox getCouleur() {
    if (couleur == null) {
        couleur = new JComboBox();
        couleur.addItem("VIOLET");
        couleur.addItem("INDIGO");
        couleur.addItem("BLEU");
        couleur.addItem("VERT");
        couleur.addItem("JAUNE");
        couleur.addItem("ORANGE");
        couleur.addItem("ROUGE");
        couleur.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,41,108,16));
    }
    return couleur;
}
/**
 * This method initializes cout_desassamblage
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getCout_desassamblage() {
    if (cout_desassamblage == null) {
        cout_desassamblage = new JTextField();
        cout_desassamblage.setBounds(new
java.awt.Rectangle(468,97,108,16));
    }
    return cout_desassamblage;
}
/**
 * This method initializes cout_reparation
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getCout_reparation() {
    if (cout_reparation == null) {
        cout_reparation = new JTextField();
        cout_reparation.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,125,108,16));
    }
    return cout_reparation;
}
/**
 * This method initializes cout_recyclage
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getCout_recyclage() {
    if (cout_recyclage == null) {
        cout_recyclage = new JTextField();
        cout_recyclage.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,153,108,16));
    }
}

```

```

    }
    return cout_recyclage;
}
/**
 * This method initializes cout_incineration
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getCout_incineration() {
    if (cout_incineration == null) {
        cout_incineration = new JTextField();
        cout_incineration.setBounds(new java.awt.Rectangle(468,181,108,16));
    }
    return cout_incineration;
}
/**
 * This method initializes jScrollPane
 *
 * @return javax.swing.JScrollPane
 */
private JScrollPane getJScrollPane() {
    if (jScrollPane == null) {
        jScrollPane = new JScrollPane();
        jScrollPane.setBounds(new java.awt.Rectangle(0,25,769,35));
        jScrollPane.setViewportView(getJTable());
    }
    return jScrollPane;
}
/**
 * This method initializes jTable
 *
 * @return javax.swing.JTable
 */
private JTable getJTable() {
    if (jTable == null) {
        jTable = new JTable();
    }
    return jTable;
}
/**
 * Initialisation d'un modele de table
 */
public DefaultTableModel model() {
    DefaultTableModel tm = new DefaultTableModel();
    tm.setColumnIdentifiers(new String[]{"Réf", "Lib", "Type", "Date fab",
"Volume", "Fonction", "Date ret", "Etat", "Date fin gar", "Couleur", "Taux rec", "Coût des",
"Coût rép", "Coût rec", "Coût inci"});

    tm.addRow(new Object[]{reference.getText(), libelle.getText(),
type.getSelectedItem(), date_fabrication.getText(), volume.getText(), fonction.getText(),

```

```

date_retrait.getText(), etat.getSelectedItemAt(), date_fin_garantie.getText(),
couleur.getSelectedItemAt(), taux_recyclabilite.getText(), cout_desassamblage.getText(),
cout_reparation.getText(), cout_recyclage.getText(), cout_incineration.getText()});

```

```

        return tm;
    }
    /**
     * @param args
     */
    public static void main(String[] args) {
        // TODO Auto-generated method stub
        new AjouterProduit();
    }
    /**
     * This is the default constructor
     */
    public AjouterProduit() {
        super();
        initialize();
    }
    /**
     * This method initializes this
     *
     * @return void
     */
    private void initialize() {
        this.setSize(785, 477);
        this.setDefaultCloseOperation(javax.swing.JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        this.setContentPane(getJContentPane());
        this.setTitle("Ajouter Produit");
        this.setVisible(true);
        this.setLocationRelativeTo(null);
    }
    /**
     * This method initializes jContentPane
     *
     * @return javax.swing.JPanel
     */
    private JPanel getJContentPane() {
        if (jContentPane == null) {
            jContentPane = new JPanel();
            jContentPane.setLayout(new BorderLayout());
            jContentPane.add(getJPanel(), java.awt.BorderLayout.CENTER);
        }
        return jContentPane;
    }
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // TODO Auto-generated method stub
        if(e.getSource() == jButton){

```

```

        if(reference.getText().trim().equals("") ||
libelle.getText().trim().equals("") || date_fabrication.getText().trim().equals("") ||
volume.getText().trim().equals("") || fonction.getText().trim().equals("") ||
date_retrait.getText().trim().equals("")
        || date_fin_garantie.getText().trim().equals("") ||
taux_recyclabilite.getText().trim().equals("") ||
cout_desassablage.getText().trim().equals("") || cout_incineration.getText().trim().equals("")
|| cout_recyclage.getText().trim().equals("") || cout_reparation.getText().trim().equals("")){
            JOptionPane.showMessageDialog (this,"Insertion impossible,
remplissez tous les champs..!", "Erreur",
            JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE,
null);
        }
        else{
            try{
                ConnectionBD.chargerDriver();
                Connection X = ConnectionBD.getConnection();

                Statement st = X.createStatement();
                String req = "INSERT INTO produit VALUES
("+reference.getText()+", "+libelle.getText()+", "+type.getSelectedItemAt()+",
"+date_fabrication.getText()+", "+volume.getText()+", "+fonction.getText()+",
"+date_retrait.getText()+", "+etat.getSelectedItemAt()+",
"+date_fin_garantie.getText()+", "+couleur.getSelectedItemAt()+",
"+taux_recyclabilite.getText()+", "+cout_desassablage.getText()+",
"+cout_reparation.getText()+", "+cout_recyclage.getText()+",
"+cout_incineration.getText()+")";
                System.out.println(req);
                st.executeUpdate(req);

                jTable.setModel(model());

                st.close();
                X.close();
            } catch (Exception x){
                System.out.println("Erreur lors du
chargement."+x.getMessage());
                x.printStackTrace();
            }
        }
    }
}

} // @jve:decl-index=0:visual-constraint="10,10"

```

Ajout Ressource :

package assane;

```

import java.awt.BorderLayout;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JFrame;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.sql.Connection;
import java.sql.Statement;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JTextField;
import javax.swing.JComboBox;
import javax.swing.JScrollPane;
import javax.swing.JTable;
import javax.swing.table.DefaultTableModel;
public class AjouterRessource extends JFrame implements ActionListener {
    private JPanel jContentPane = null;
    private JPanel jPanel = null;
    private JPanel jPanel1 = null;
    private JPanel jPanel_top = null;
    private JPanel jPanel_middle = null;
    private JPanel jPanel_bottom = null;
    private JButton jButton = null;
    private JLabel jLabel = null;
    private JTextField reference = null;
    private JTextField libelle = null;
    private JTextField localisation = null;
    private JComboBox type = null;
    private JTextField fonction = null;
    private JTextField cout = null;
    private JTextField etat = null;
    private JComboBox date_disposition = null;
    private JLabel jLabel1 = null;
    private JLabel jLabel2 = null;
    private JLabel jLabel3 = null;
    private JLabel jLabel4 = null;
    private JLabel jLabel5 = null;
    private JLabel jLabel6 = null;
    private JLabel jLabel7 = null;
    private JLabel jLabel8 = null;
    private JScrollPane jScrollPane = null;
    private JTable jTable = null;
    /**
     * This method initializes jPanel
     *
     * @return javax.swing.JPanel
     */
    private JPanel getJPanel() {

```

```

        if (jPanel == null) {
            GridBagConstraints gridBagConstraints1 = new GridBagConstraints();
            gridBagConstraints1.gridx = 0;
            gridBagConstraints1.ipadx = 748;
            gridBagConstraints1.ipady = 386;
            gridBagConstraints1.gridy = 0;
            jPanel = new JPanel();
            jPanel.setLayout(new GridBagLayout());
            jPanel.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
            jPanel.add(getJPanel1(), gridBagConstraints1);
        }
        return jPanel;
    }
}
/**
 * This method initializes jPanel1
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel1() {
    if (jPanel1 == null) {
        jPanel1 = new JPanel();
        jPanel1.setLayout(null);
        jPanel1.setBackground(new java.awt.Color(43,64,96));
        jPanel1.add(getJPanel_top(), null);
        jPanel1.add(getJPanel_middle(), null);
        jPanel1.add(getJPanel_bottom(), null);
        jPanel1.add(getJButton(), null);
    }
    return jPanel1;
}
/**
 * This method initializes jPanel_top
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_top() {
    if (jPanel_top == null) {
        jLabel = new JLabel();
        jLabel.setText("Ajouter Ressource");

        jLabel.setHorizontalAlignment(javax.swing.SwingConstants.CENTER);
        jLabel.setFont(new java.awt.Font("FrankRuehl", java.awt.Font.BOLD |
java.awt.Font.ITALIC, 36));
        jLabel.setBounds(new java.awt.Rectangle(5,5,314,56));
        jPanel_top = new JPanel();
        jPanel_top.setLayout(null);
        jPanel_top.setBounds(new java.awt.Rectangle(200,15,324,67));
        jPanel_top.add(jLabel, null);
    }
    return jPanel_top;
}

```

```

}
/**
 * This method initializes jPanel_middle
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_middle() {
    if (jPanel_middle == null) {
        jLabel8 = new JLabel();
        jLabel8.setBounds(new java.awt.Rectangle(303,132,114,16));
        jLabel8.setText("Date disposition");
        jLabel7 = new JLabel();
        jLabel7.setBounds(new java.awt.Rectangle(303,95,114,16));
        jLabel7.setText("Etat");
        jLabel6 = new JLabel();
        jLabel6.setBounds(new java.awt.Rectangle(303,58,114,16));
        jLabel6.setText("Coût");
        jLabel5 = new JLabel();
        jLabel5.setBounds(new java.awt.Rectangle(303,21,114,16));
        jLabel5.setText("Fonction");
        jLabel4 = new JLabel();
        jLabel4.setBounds(new java.awt.Rectangle(16,132,114,16));
        jLabel4.setText("Localisation");
        jLabel3 = new JLabel();
        jLabel3.setBounds(new java.awt.Rectangle(16,95,114,16));
        jLabel3.setText("Type");
        jLabel2 = new JLabel();
        jLabel2.setBounds(new java.awt.Rectangle(16,58,114,16));
        jLabel2.setText("Libellé");
        jLabel1 = new JLabel();
        jLabel1.setBounds(new java.awt.Rectangle(16,21,114,16));
        jLabel1.setText("Référence");
        jPanel_middle = new JPanel();
        jPanel_middle.setLayout(null);
        jPanel_middle.setBounds(new java.awt.Rectangle(89,106,554,169));
        jPanel_middle.add(getReference(), null);
        jPanel_middle.add(getLibelle(), null);
        jPanel_middle.add(getType(), null);
        jPanel_middle.add(getFonction(), null);
        jPanel_middle.add(getCout(), null);
        jPanel_middle.add(getEtat(), null);
        jPanel_middle.add(getDate_disposition(), null);
        jPanel_middle.add(jLabel1, null);
        jPanel_middle.add(jLabel2, null);
        jPanel_middle.add(jLabel3, null);
        jPanel_middle.add(jLabel4, null);
        jPanel_middle.add(jLabel5, null);
        jPanel_middle.add(jLabel6, null);
        jPanel_middle.add(jLabel7, null);
        jPanel_middle.add(jLabel8, null);
    }
}

```

```

        jPanel_middle.add(getLocalisation(), null);
    }
    return jPanel_middle;
}
/**
 * This method initializes jPanel_bottom
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJPanel_bottom() {
    if (jPanel_bottom == null) {
        jPanel_bottom = new JPanel();
        jPanel_bottom.setLayout(null);
        jPanel_bottom.setBounds(new java.awt.Rectangle(-1,352,749,35));
        jPanel_bottom.add(getJScrollPane(), null);
    }
    return jPanel_bottom;
}
/**
 * This method initializes jButton
 *
 * @return javax.swing.JButton
 */
private JButton getJButton() {
    if (jButton == null) {
        jButton = new JButton();
        jButton.setBounds(new java.awt.Rectangle(318,290,79,24));
        jButton.setText("Ajouter");
        jButton.addActionListener(this);
    }
    return jButton;
}
/**
 * This method initializes reference
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getReference() {
    if (reference == null) {
        reference = new JTextField();
        reference.setBounds(new java.awt.Rectangle(147,21,114,16));
    }
    return reference;
}
/**
 * This method initializes libelle
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getLibelle() {

```

```

        if (libelle == null) {
            libelle = new JTextField();
            libelle.setBounds(new java.awt.Rectangle(147,58,114,16));
        }
        return libelle;
    }
}
/**
 * This method initializes localisation
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getLocalisation() {
    if (localisation == null) {
        localisation = new JTextField();
        localisation.setBounds(new java.awt.Rectangle(147,132,114,16));
    }
    return localisation;
}
}
/**
 * This method initializes typr
 *
 * @return javax.swing.JComboBox
 */
private JComboBox getType() {
    if (type == null) {
        type = new JComboBox();
        type.addItem("TPRS1");
        type.addItem("TPRS2");
        type.addItem("TPRS3");
        type.setBounds(new java.awt.Rectangle(147,95,114,16));
    }
    return type;
}
}
/**
 * This method initializes fonction
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getFonction() {
    if (fonction == null) {
        fonction = new JTextField();
        fonction.setBounds(new java.awt.Rectangle(425,21,114,16));
    }
    return fonction;
}
}
/**
 * This method initializes cout
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */

```

```

private JTextField getCout() {
    if (cout == null) {
        cout = new JTextField();
        cout.setBounds(new java.awt.Rectangle(425,58,114,16));
    }
    return cout;
}
/**
 * This method initializes etat
 *
 * @return javax.swing.JTextField
 */
private JTextField getEtat() {
    if (etat == null) {
        etat = new JTextField();
        etat.setBounds(new java.awt.Rectangle(425,95,114,16));
    }
    return etat;
}
/**
 * This method initializes date_disposition
 *
 * @return javax.swing.JComboBox
 */
private JComboBox getDate_disposition() {
    if (date_disposition == null) {
        date_disposition = new JComboBox();
        date_disposition.addItem("14/05/2010");
        date_disposition.addItem("15/05/2010");
        date_disposition.addItem("16/05/2010");
        date_disposition.addItem("17/05/2010");
        date_disposition.setBounds(new java.awt.Rectangle(425,132,114,16));
    }
    return date_disposition;
}
/**
 * This method initializes jScrollPane
 *
 * @return javax.swing.JScrollPane
 */
private JScrollPane getJScrollPane() {
    if (jScrollPane == null) {
        jScrollPane = new JScrollPane();
        jScrollPane.setBounds(new java.awt.Rectangle(0,0,749,36));
        jScrollPane.setViewportView(getJTable());
    }
    return jScrollPane;
}
/**
 * This method initializes jTable

```

```

*
* @return javax.swing.JTable
*/
private JTable getJTable() {
    if (jTable == null) {
        jTable = new JTable();
    }
    return jTable;
}
/**
* Initialisation d'un modele de table
*/
public DefaultTableModel model() {
    DefaultTableModel tm = new DefaultTableModel();
    tm.setColumnIdentifiers(new String[]{"Référence", "Libellé", "Type",
"Localisation", "Fonction", "Coût", "Etat", "Date disposition"});

    tm.addRow(new Object[] {reference.getText(), libelle.getText(),
type.getSelectedItemId(), localisation.getText(), fonction.getText(), cout.getText(),
etat.getText(), date_disposition.getSelectedItemId()});

    return tm;
}
/**
* @param args
*/
public static void main(String[] args) {
    // TODO Auto-generated method stub
    new AjouterRessource();
}
/**
* This is the default constructor
*/
public AjouterRessource() {
    super();
    initialize();
}
/**
* This method initializes this
*
* @return void
*/
private void initialize() {
    this.setSize(765, 425);
    this.setDefaultCloseOperation(javax.swing.JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
    this.setContentPane(getJContentPane());
    this.setTitle("Ajouter Ressource");
    this.setVisible(true);
    this.setLocationRelativeTo(null);
}

```

```

}
/**
 * This method initializes jContentPane
 *
 * @return javax.swing.JPanel
 */
private JPanel getJContentPane() {
    if (jContentPane == null) {
        jContentPane = new JPanel();
        jContentPane.setLayout(new BorderLayout());
        jContentPane.add(getJPanel(), java.awt.BorderLayout.CENTER);
    }
    return jContentPane;
}
@Override
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    // TODO Auto-generated method stub

    // TODO Auto-generated method stub
    if(e.getSource() == jButton){
        if(reference.getText().trim().equals("") ||
libelle.getText().trim().equals("") || localisation.getText().trim().equals("") ||
        fonction.getText().trim().equals("") ||
cout.getText().trim().equals("") || etat.getText().trim().equals("") ){
            JOptionPane.showMessageDialog (this,"Insertion impossible,
remplissez tous les champs..!", "Erreur",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE,
null);
        }
        else{
            try{
                ConnectionBD.chargerDriver();
                Connection X = ConnectionBD.getConnection();

                Statement st = X.createStatement();
                String req = "INSERT INTO ressource VALUES
("+reference.getText()+", "+libelle.getText()+", "+type.getSelectedItemAt()+",
"+localisation.getText()+", "+fonction.getText()+", "+cout.getText()+",
"+etat.getText()+", "+date_disposition.getSelectedItemAt()+)";
                System.out.println(req);
                st.executeUpdate(req);

                jTable.setModel(model());

                st.close();
                X.close();

            } catch (Exception x){

```

```
    chargement."+x.getMessage());      System.out.println("Erreur lors du
                                        x.printStackTrace();
                                        }
                                    }
                                }
        }
} // @jve:decl-index=0:visual-constraint="10,10"
```