

Master II Ingénierie des systèmes numériques
virtualité et apprentissage (SYNVA)



Mémoire de recherche développement

Recours à la réalité virtuelle pour le traitement de l'anxiété de la prise de parole en public auprès de lycéens en inclusion scolaire : pistes de protocole de mise en œuvre.

Étudiant : Philippe MAHE

Directeur de mémoire : M. Claude Alexandre MAGOT

Mémoire en vue de l'obtention du grade de Master II Synva

Septembre 2022

Année universitaire 2021/2022

Sommaire

Introduction.....	6
1. Origine	6
2. Justification scientifique	6
1 ^{re} partie : réplication d'expérimentation.....	8
A. Littérature prise de parole et thérapie par la réalité virtuelle	8
1. Les troubles de la prise de parole en public : approche comportementale	8
2. La réalité virtuelle en thérapie	10
3. Réalité virtuelle et troubles de la prise de parole : apprentissage.....	13
4. Apprentissage vs thérapie	14
5. VRET et PSA : deux expériences de référence.	15
B. Expérimentation	19
1. Mise en place	20
2. Déroulement	22
C. Résultats et premières conclusions.....	24
1. Résultats détaillés	24
2. Résumé des résultats quantitatifs et ACP	30
3. Interprétation quantitative.....	32
4. Conclusion de la réplication expérimentale.....	34
2 ^e partie : spécificités des élèves TFC	37
A. L'élève TFC	37
B. Mécanismes cognitifs	39
1. Les fonctions cognitives	39
2. Cerveau et apprentissage	40

C.	Relecture qualitative.....	42
1.	Volontaires ou résistants ?.....	43
2.	Encadrement et consignes.....	47
3.	Le poids de l'image	51
D.	Les éléments expérimentaux	54
1.	Les facteurs favorables à la VR.....	54
2.	Les facteurs défavorables	55
3.	Rythme cardiaque et glossophobie	55
E.	Vers un protocole de mise en œuvre	56
	Limites de l'étude	61
	Conclusion : le recours aux outils numériques	63
	Bibliographie	64
	Liste des tableaux et figures.....	68
	Annexes	69

Remerciements

À M. Magot qui ne s'est pas limité, comme directeur de mémoire, à des corrections de contenus, mais qui a très vite proposé une méta-lecture, avec son regard de chercheur, pour nous faire découvrir l'esprit de la rédaction d'un mémoire de recherche. Son immense culture et sa très grande aisance dans de nombreux domaines en font un interlocuteur de choix. Ce fut un privilège de pouvoir échanger avec lui.

Au lycée professionnel de l'horizon, représenté par son proviseur M. Spagnol, qui nous a ouvert ses portes très généreusement. M. Spagnol ne s'est pas contenté de rendre possible cette expérience, en facilitant sa mise en œuvre administrative, il a montré un vif intérêt pour les résultats, avec des projets de réalité virtuelle pour son établissement. Nous restons à sa disposition pour l'étude de toute innovation.

À Mme Brethomé, coordonnatrice ULIS du lycée et encadrant les treize élèves qui se sont livrés à l'expérience. Sa connaissance particulière de chacun d'eux, son expérience de ce monde du handicap, sa culture des troubles cognitifs et son empathie pour ses élèves ont été autant de facteurs positifs pour la réussite de cette expérience. Sans elle, un contact aussi rapide, avec des élèves sur leur réserve, aurait été impossible.

À M. Reilhac, directeur de l'UCO la Réunion et notre employeur, qui a permis le financement de cette année de master et l'achat d'équipement nécessaire à l'expérimentation. Comme chercheur en psychologie cognitive, il a su nous dynamiser de sa passion pour les modes d'apprentissage basé sur le numérique.

À Isabelle pour sa précieuse relecture, elle qui a su patienter pendant cette longue année d'étude, sans jamais témoigner d'une quelconque exaspération.

Résumé

Ce mémoire de master s'intéresse à l'usage de la réalité virtuelle dans l'amélioration de la prise de parole en public, auprès de lycéens professionnels en inclusion scolaire. La reprise de deux protocoles expérimentaux, testés auprès d'étudiants et de patients, montre la nécessité d'une adaptation de l'utilisation de la réalité virtuelle pour des enfants présentant des troubles des fonctions cognitives, et l'intérêt d'une approche mêlant pédagogie et thérapie. Si les résultats confirment l'impact de la réalité virtuelle avec la baisse de l'anxiété, une analyse cognitive invite à penser l'exposition à la réalité virtuelle au plus près des élèves. Il convient de bien en connaître les caractéristiques cognitives pour leur proposer une progression, un choix de situations et une difficulté adaptés à chaque enfant. L'étude révèle le rôle important de l'image dans l'immersion et la sensibilité à l'empathie de l'auditoire. Un protocole général bâti pour un groupe scolaire ne peut offrir une efficacité optimale. La règle est à l'individualisation.

Mots clés

Réalité virtuelle, anxiété de la prise de parole en public, thérapie par exposition, VRET en autonomie, inclusion scolaire, troubles des fonctions cognitives.

Abstract

This master's study focuses on the use of virtual reality in improving public speaking, with professional students in inclusive education. The reuse of two experimental protocols, tested with students and patients, shows the need to adapt the utilization of virtual reality for children with cognitive function disorders, and the interest of an approach combining pedagogy and therapy. If the results confirm the impact of virtual reality with the decrease of anxiety, a cognitive analysis invites us to think about exposure to virtual reality as close as possible to patients. It is important to know their cognitive characteristics in order to offer them a progression, a choice of situations and a difficulty adapted to each student. Study reveals the important role of pictures in immersion and the sensibility to audience empathy. A general protocol built for a school group cannot offer optimal efficiency. The rule is individualization.

Keywords

Virtual reality, public speaking anxiety, exposure therapy, self-led VRET, inclusion, cognitive function disorders.

Introduction

1. Origine

Le récit du renvoi d'un cours d'un élève en inclusion scolaire, constitue le point de départ de ce mémoire. Appelé à venir s'exprimer au tableau, devant toute la classe, ce lycéen n'a pu gérer son anxiété de prise de parole et a préféré fuir en affrontant l'enseignant, une confrontation violente ayant abouti à son exclusion du cours. Face à ce handicap, conscientisé ou non, nous avons cherché dans quelle mesure la réalité virtuelle pouvait aider ce type d'adolescent en inclusion à se perfectionner.

Plusieurs interrogations émergent dans cette recherche de solution. Peut-on se limiter à l'achat d'un casque et d'un logiciel du marché, sans une réflexion préalable sur le public cible ? Les canevas utilisés par les thérapeutes sont-ils transposables en pédagogie ? La spécificité des élèves à troubles cognitifs pose immédiatement le choix d'une approche clinique ou pédagogique. La réalité virtuelle agit-elle en thérapie ou via un processus d'apprentissage ? Le cadre des expériences réalisées auprès d'adultes sans troubles cognitifs aura-t-il la même efficacité ? Faut-il au contraire opter pour le traitement d'une phobie plutôt que d'une simple anxiété ? Nous résumerons ce questionnement à deux voies de progression de l'apprenant : un apprentissage par répétition d'exercices, ou une thérapie pour soigner un trouble comportemental. Le questionnement de ces deux approches jalonnait ce mémoire. Sa résolution ouvrira la réflexion à un protocole de mise en œuvre de la réalité virtuelle dans un cadre pédagogique, à destination des enseignants tentant de l'intégrer à leurs cours.

La présentation de ce mémoire s'inspire de la théorie ancrée (*Grounded theory*) (Walker & Myrick, 2006), notamment utilisée en ethnographie. Ayant répliqué le protocole d'une expérimentation de même nature, nous nous sommes limité dans un premier temps à un comparatif de nos résultats, précédé d'une littérature scientifique en rapport direct avec l'expérience. Puis nous avons exploré les spécificités cognitives de notre corpus de lycéens, en affinant notre analyse aux personnalités de chaque enfant. Un deuxième volet de littérature précède cette analyse affinée, en ouvrant le champ psycho-cognitif de notre interprétation. Ce mémoire se présente donc en deux parties chronologiques.

2. Justification scientifique

La spécificité des troubles cognitifs nous a naturellement poussé à explorer, en premier lieu, les études portant sur ce type d'élèves scolarisés.

Carreon *et al.* (2022) ont établi une revue de littérature concernant le recours à la réalité virtuelle (VR) auprès de scolaires, de 3 à 20 ans, présentant des troubles cognitifs de toute nature. Avec une sélection initiale de plus de 6000 articles sur 20 ans (1999-2019), les auteurs ont progressivement réduit leur champ d'étude par l'application de plusieurs critères, dont celui des troubles scolaires. Dans un choix final de 25, répondant à leur champ de recherche, 18 s'intéressaient au développement des aptitudes sociales, dont 11 sur la communication. Parmi elles, huit avaient utilisé la VR dans le champ de la communication non verbale (reconnaissance d'émotions faciales, de comportements, apprentissage d'émotions sociales...), et à l'apprentissage de repères sociaux (se déplacer dans une foule, rentrer dans une pièce, s'asseoir, ...). Pour la communication verbale, les 3 études étaient orientées vers la communication sociale ou adressée aux pairs. Carreon *et al.* ne citent aucune étude sur la prise de parole en public pour une population scolaire présentant des troubles fonctionnels.

D'autres avant eux s'étaient attelés à de semblables revues, Hew et Cheung (2010), Mikropoulos et Natis (2011), Merchant *et al.* (2014) ou encore Vasquez *et al.* (2015). Toutes ces études, menées auprès d'un même public scolaire, s'accordent à penser que l'utilisation de la VR présente un réel avantage dans le domaine éducatif, sans omettre certains inconvénients. Carreon *et al.* concluent leur article par le besoin d'études complémentaires quant à l'impact de la technologie sur certaines populations.

À la suite de cette revue, l'approche inductive s'est imposée. À défaut de scolaires, nous avons cherché une expérience de prise de parole en public auprès de jeunes étudiants, dont la tranche d'âges était proche de celle de nos élèves, et présentant une anxiété importante face à cette contrainte d'un discours devant une assemblée (PSAD – *Public Speaking Anxiety Disorder*¹). Au vu des résultats nous nous interrogerons quant à la spécificité du public ULIS (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire). Les troubles des fonctions cognitives (TFC) sont-ils un facteur de blocage dans l'efficacité de la VR au service de la prise de parole ?

¹ « Troubles de l'anxiété de la parole en public », traduit par l'auteur.

1^{re} partie : réplication d'expérimentation

A. Littérature prise de parole et thérapie par la réalité virtuelle

Comme introduit, ne pouvant reproduire une expérience déjà tentée auprès d'un public scolaire, nous nous tournons vers un public d'adultes avec deux approches possibles : apprentissage ou thérapie. Pour éclairer ces deux visions, nous évoquerons successivement le concept du trouble de la prise de parole en public, d'un point de vue cognitivo-comportemental, l'usage de la VR en milieu clinique (thérapie) et les expériences déjà tentées auprès d'adultes non diagnostiqués, via une répétition d'exercices (apprentissage).

1. Les troubles de la prise de parole en public : approche comportementale

La crainte de prendre la parole en public est une anxiété connue de tous. Dans une étude analytique (Ferreira Marinho *et al.*, 2017, p. 2) portant sur 1135 étudiants âgés de 17 à 58 ans, 63.9% ont reconnu craindre de prendre la parole en public, et 89.3% d'entre eux auraient aimé que leur programme de lycée intègre des cours de perfectionnement à la prise de parole. Ces troubles représentent un enjeu éducatif important, et l'idée de travailler à leur atténuation pourrait intégrer les programmes scolaires. Au-delà de l'exercice étudiant, l'aisance à parler en public est une compétence professionnelle, sociale et émotionnelle importante. Elle permet à l'orateur de s'affirmer aussi bien dans les affaires, que dans l'estime de soi (McCroskey & McCroskey, 1988).

Les raisons de ces troubles sont nombreuses. Elles peuvent survenir par un simple manque de pratique, une maîtrise insuffisante du sujet ou un manque d'estime de soi (Hofmann & DiBartolo, 2000, p. 499). Le degré d'anxiété est extrêmement variable d'un individu à l'autre, et ne nécessite évidemment pas toujours le recours à une thérapie.

Nous nous intéresserons ici aux troubles de la prise de parole en public qui ont atteint une telle intensité qu'ils en deviennent incontrôlables ou bloquants, et qui nécessitent un traitement psychologique. Or « la peur de parler en public ... ne représente qu'un des aspects de la phobie sociale encore appelée anxiété de performance » (Klinger, 2006, p. 30). Il est d'usage de considérer que cette pathologie s'inscrit dans une phobie plus large, dont elle n'est qu'une composante. Elle sera ainsi traitée par des thérapies cognitivo-comportementales (TCC ou CBT en anglais). Or les postulats des CBT sont très codifiés, « brèves, centrées sur l'ici et le maintenant, attentes de résultats, etc... » (Roy, 2001, p. 42), contrairement à d'autres prises en charge. Ainsi les méthodologies et les postulats théoriques des CBT seront largement repris lors des premières applications de réalité virtuelle. Selon Roy (2001, p. 43) ces postulats reposent

sur l'idée d'un apprentissage des comportements selon trois grandes familles de conditionnement : classique, opérant ou social. La première famille inclut les stress post-traumatiques. Le ou les stimuli présents au moment du traumatisme suffisent à déclencher une réaction de stress. Dans la deuxième famille, on trouve les conduites d'évitement des sujets atteints de phobies, enfermés dans la fuite et le refus. La dernière famille est celle décrite par Bandura (1977, cité dans Nabavi, 2012) comme un comportement social appris mais non forcément expérimenté. Face à ces types de comportements, le thérapeute va exposer le patient aux situations qui l'effraient, afin de diminuer son anxiété, en contrôlant l'exposition. Bien que le risque d'aggravement de la peur soit réel, « ces stratégies d'exposition sont un peu le noyau dur des thérapies comportementales. » (Roy, 2001, p. 44). On comprend aisément l'intérêt que les thérapeutes ont trouvé dans le recours à la réalité virtuelle.

Selon Cottraux (1995, cité par Roy (2001, p. 44)) il existe six types d'expositions proposées au patient. La désensibilisation systématique (stimuli imaginaires), la désensibilisation in-vivo (réalité avec sujet relaxé), l'exposition graduée in-vivo (sujet non relaxé), le modeling de participation (le thérapeute sert de modèle en précédant le patient), l'implosion ou flooding (niveau maximum d'anxiété imaginaire) et l'immersion in vivo (immersion au niveau maximum). Ces méthodes d'exposition se sont ensuite enrichies d'une approche cognitive, qui leur a permis de dépasser l'unique angle comportemental. C'est dans cette double dimension, comportement et cognition, que s'est inscrite la VR.

Si l'anxiété est aisément constatée, établir des indicateurs de mesure des troubles de la parole en public n'est pas chose aisée. Il n'y a pas obligatoirement de pathologie cachée derrière une disfluence verbale, qui correspond à des interruptions dans le flux de parole. Tumanova *et al.* (2014, p. 3) différencient deux types de disfluences, celles typiques liées à un handicap de type bégaiement et celles observées dans l'ensemble de la population. La fluence de parole est ainsi classée pathologique si les disfluences typiques dépassent certains seuils. Néanmoins l'anxiété de prise de parole va venir perturber cette fluence, qui pourra ainsi être retenue comme indicateur d'amélioration ou de performance. D'autres indicateurs physiologiques sont aussi révélateurs du trouble, comme la capacité à fixer le regard des interlocuteurs. Cheng et Ye (2010) ont travaillé sur des enfants autistes de classe élémentaire, pour améliorer leur capacité à maintenir le contact visuel. Cependant, les psychologues privilégieront les outils de psychométrie, au moyen de questionnaires (auto-évaluation par le patient) pour définir le niveau d'anxiété. Mais Goberman *et al.* (2011) mettent en garde contre le décalage entre l'anxiété perçue par l'auditoire et celle du locuteur. La littérature le nomme « l'illusion de

transparence » (p. 868). Nous ne retiendrons donc pas la valeur en elle-même d'une anxiété formulée par le sujet, mais uniquement son évolution. Les échelles psychologiques sont nombreuses et se présentent sous la forme d'affirmations que le locuteur doit chiffrer, selon qu'il se sent concerné ou non. Si beaucoup d'expériences ont recours à ces échelles, il nous semble qu'elles posent d'emblée le problème de la maîtrise du langage, ce qui est très souvent un critère d'inclusion de ces études. Face à un public avec des handicaps cognitifs, ces mesures d'anxiété pourraient devenir complexes à mettre en œuvre. Enfin nous retiendrons que le rythme cardiaque est retenu dans bon nombre d'études comme révélateur d'une anxiété psychologique.

2. La réalité virtuelle en thérapie

L'une des deux expériences à laquelle nous ferons référence est inspirée d'un processus clinique de l'usage thérapeutique de la VR. Il convient d'en comprendre la philosophie de l'utilisation, pour alimenter la discussion autour de sa réplique en pédagogie, dans le domaine de la PSA.

La psychologie clinique s'est très vite tournée vers la réalité virtuelle et son usage en support des thérapies pratiquées. Il y a plus de trente ans, Tart (1990) l'évoquait comme une technologie modélisant la conscience, qui offrait des « intriguing possibilities for developing diagnostic, inductive, psychotherapeutic and training techniques that can extend and supplement current ones. »² (Tart, 1990, p. 222). Tart percevait d'emblée une utilisation multiple de la VR. Elle ne jouait pas seulement le rôle de thérapie, mais pouvait aussi être considérée comme source de diagnostic, de collecte de données permettant l'induction et comme technologie de formation. Ce multiusage pressenti ne s'est jamais démenti et les études actuelles perdurent dans cette voie multiple.

Les domaines d'application les plus courants sont ceux touchant aux phobies (acrophobie, arachnophobie, aérophobie ...), désordres alimentaires, désordres sexuels, troubles post traumatiques, autisme, soins palliatifs et réhabilitations.

Cet engouement pour cette technologie naissante s'explique par la possibilité offerte par la VR de générer des situations d'exposition du patient, que la réalité in-vivo ne permettait pas toujours, pour cause de complexité de mise en œuvre (mise en scène, accompagnement, contrôle, ...) ou de coût (aérophobie, acrophobie, ...). La VR permet d'interrompre à tout

² « possibilités fascinantes pour développer des techniques diagnostiques, inductives, psychothérapeutiques et de formation qui peuvent étendre et compléter les techniques actuelles », traduit par l'auteur.

moment l'expérience, de modifier des paramètres de difficultés via des stimuli complexes, de conserver les données historiques, pour un coût de plus en plus réduit. L'intimité du patient dans le cabinet du thérapeute réduit son angoisse d'exposition (North *et al.*, 1998, cité par Klinger, p. 23). Les autistes, par exemple, se livreront plus facilement à une exposition *in virtuo* qu'*in vivo*, car les avantages sont nombreux : « sécurité des expériences, contrôle fin de l'environnement, recours aux sens dominants des enfants autistes (vision, audition), traitement individualisé et surtout non nécessité d'engagement relationnel de l'enfant avec un tiers pendant l'expérience » (Klinger, 2006, p. 41).

En psychologie cognitive, le principe de la thérapie par exposition est basé sur l'encodage mémoriel des situations sources d'anxiété. En régénérant des situations contrôlées qui vont être génératrices d'émotions positives, le patient peut progressivement effacer cette mémoire déstabilisante. « Pour vaincre la peur, la structure de la peur doit être activée, et une nouvelle information, incompatible avec celle qui évoquait la peur, doit être fournie afin de créer une nouvelle structure de mémoire. » (Klinger, 2006, p. 21) La VR a donc très rapidement trouvé son potentiel dans le déploiement de processus cognitifs contrôlés, où le thérapeute garde la main sur l'ensemble des paramètres, en proposant à son patient une exposition progressive et prolongée.

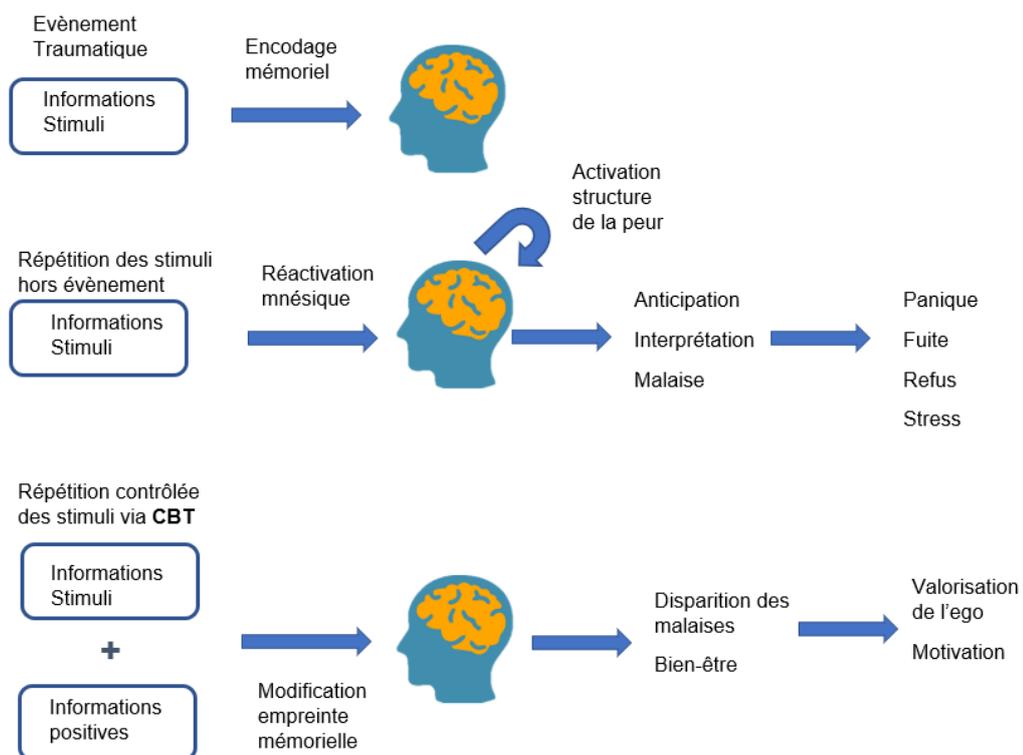


Figure 1 - Principe de la CBT sur empreinte mémorielle

Mais il convient de signaler que la VR, dans la suite du propos de Tart, a bien été comprise comme une technologie complémentaire à une pratique clinique. Elle n'a pas pour mission de se substituer à une thérapie, mais bien de la compléter. Ainsi est née la thérapie par exposition à la réalité virtuelle (VRET). Des auteurs plus contemporains reprochent à certaines démarches scientifiques de ne pas intégrer aux études VRET une phase réelle de thérapie, sous la forme d'une transition de la VR vers le monde réel. L'objectif de maximisation des chances de progrès « should encourage the use of real-life self-directed exposure practice, both as homework between virtual reality sessions and as relapse prevention after treatment »³ (Gega, 2017, p. 246). Il y a une interrogation importante concernant un usage exclusif de la VR en pédagogie. L'apprentissage ou la correction d'une fonction cognitive peuvent-ils se limiter une pratique exclusivement virtuelle ?

Il convient de nuancer cet engouement de la VRET en milieu clinique. En 2008, dans une enquête réalisée auprès de 141 cliniciens dont 21% de directeurs de cliniques et de chercheurs en VR, 63% d'entre eux utilisaient peu ou pas du tout la VR. (Bertrand & Bouchard, 2008, p. 207). Les auteurs concluaient que les professionnels de la santé mentale « would willingly buy or use this technology for their practice if researchers could document and demonstrate to them the added value of virtual reality as well as the useful and practical aspects in the application of treatments »⁴. Si l'efficacité de la VR semble se confirmer, il n'en demeure pas moins que son champ exploratoire reste important, et souvent méconnu.

La VR n'a pas révolutionné les pratiques de la psychothérapie. Vincelli (1999, cité par Roy, 2001, p. 47) considère même qu'elle a « renforcé l'alliance thérapeutique patient/thérapeute sur un mode encore plus collaboratif ». Ce point de vue renforce l'idée d'un usage autonome limitatif. La technologie ne se substitue pas à l'accompagnement humain. Roy (2001) pense même que la VR n'a en « aucune manière bouleversé les fondements théoriques (comportementalistes et cognitivistes) et méthodologiques [de la psychothérapie], sur lesquels repose la thérapie sous réalité virtuelle » (p. 47). Pourtant certains chercheurs avancent des pistes nouvelles concernant l'évolution de la simple exposition à la réalité virtuelle, vers l'émergence de traitements spécifiquement virtuels. En 2019, au travers d'une méta-analyse de l'usage de la VR sur le traitement des troubles anxieux, des troubles de l'obésité, de

³ « devrait encourager l'utilisation de pratique in vivo conjuguée à des séances de réalité virtuelle comme prévention des rechutes », traduit par l'auteur.

⁴ « achèteraient ou utiliseraient plus volontiers cette technologie pour leur usage si les chercheurs leur documentaient et démontreraient la valeur ajoutée de la VR autant que les avantages et aspects pratiques dans l'application aux traitements.», traduit par l'auteur.

l'alimentation et de la gestion de la douleur, Riva *et al.* (2019) ouvrent le concept de simulations incarnées. « VR can be defined as an "embodied technology" for its possibility of modifying the embodiment experience of its users »⁵ (Riva *et al.*, 2019, p. 89) car elle fonctionnerait à l'instar du cerveau, sur une cartographie cérébrale dessinant les actions prévisibles, les concepts et les émotions, une carte mise à jour par les expériences autant réelles que virtuelles. Riva *et al.* (2019) vont jusqu'à évoquer le concept d'une « Embodied Medecine »⁶ (p. 91). Ce potentiel futur nous invite à considérer avec précaution l'impact émotionnel, comme trace cérébrale, de toute expérience virtuelle, en particulier auprès d'enfants.

3. Réalité virtuelle et troubles de la prise de parole : apprentissage

Dans la continuité de l'apparition des technologies VR, l'utilisation de la réalité virtuelle en thérapie face aux troubles de la parole en public est récente. « La première étude contrôlée menée à propos de cette pathologie » (Roy, 2001) aurait été conduite par North *et al.* (1997). Il y a donc tout juste 25 ans et sur uniquement six sujets à phobie sociale, invités à prendre la parole dans un auditorium virtuel de trois rangées de chaises. Un haut-parleur leur renvoyait l'écho de leur voix pour favoriser l'immersion. Malgré la faiblesse de la technologie de l'époque (qualité des représentations graphiques), les sujets ont pu malgré tout ressentir les mêmes sensations émotionnelles qu'une exposition *in vivo*. Ces premiers résultats ont d'emblée été encourageants car North *et al.* ont constaté une baisse significative de l'anxiété, en comparaison d'un groupe de référence.

Comme évoqué en introduction, le recours à la VR, dans le champ de la prise de parole en public, auprès d'enfants en handicap scolaire a été très peu développé. À l'opposé, pour la même anxiété, la VR a souvent été testée avec un public d'adultes. Daniels *et al.* (2020) en ont dressé une revue sur les dix années écoulées. Les auteurs ont retenu quatorze études regroupant 630 participants, à majorité étudiants, dont l'étude de Lindner *et al.* (2018) que nous utiliserons comme protocole expérimental. Les auteurs confirment le bien-fondé de l'utilisation de la VR, et affirment que les qualités graphiques récentes optimisent le sentiment de présence, ce qui offre une réponse émotionnelle aussi proche que dans la réalité, d'où l'intérêt de cette solution technique moins onéreuse et plus pratique qu'un équivalent *in vivo*. Ils rappellent que la VRET a été plus largement utilisée pour le traitement des phobies, mais que la prise de parole en public intéresse les secteurs de l'industrie, comme la vente, le marketing ou le discours commercial,

⁵ « la VR peut être définie comme une technologie incarnée, pour ses capacités à modifier l'expérience d'incarnation de ses utilisateurs. » traduit par l'auteur.

⁶ « Médecine incarnée », traduit par l'auteur.

d'où l'intérêt économique de ces expériences. Les études retenues utilisaient toutes les standards de mesures psychologiques de la PSA. Une seule y avait ajouté une mesure cardiaque et de conductivité de la peau. Les résultats obtenus étaient positifs mais variés puisque le niveau d'anxiété diminuait, selon les études, de 7.8% à 54.7%, avec une valeur moyenne de 29.2%. Daniels *et al.* mettent néanmoins en garde contre certaines limites de ces études, en particulier sur la mesure d'auto-évaluation du participant. « Self-report can be biased in this aspect since subjects are expecting to improve in their anxiety level after treatment. »⁷ (Daniels *et al.*, 2020, p. 4). La deuxième limite soulevée par les auteurs est l'absence de comparaison avec un groupe de contrôle, qui affaiblit la robustesse des résultats.

Nous retiendrons de cette revue que le recours à la VR pour la prise de parole, s'il s'est multiplié ces dix dernières années, avec des résultats positifs, reste très encadré par des protocoles psychométriques qui ne sont pas sans présenter de biais.

4. Apprentissage vs thérapie

Au regard de cette revue de littérature notre dichotomie entre apprentissage et thérapie se doit d'évoluer. En premier lieu le trouble de la parole en public n'a pas une frontière bien définie, le séparant de la phobie sociale qui englobe la PSA. Seule l'intensité transforme ce qui peut être du ressort d'un simple manque de pratique, en une pathologie nécessitant le recours aux CBT. Les praticiens évoquent une intensité qui bloque le patient ou rend l'anxiété incontrôlable, sans fournir une échelle de mesure permettant une séparation claire. Il semble donc illusoire de vouloir trancher avec des élèves ULIS, d'autant que les raisons de ce trouble peuvent se croiser avec un manque d'estime de soi, caractéristique de ce public. Dans ce domaine de la parole et pour ce type d'élève, la différenciation entre phobie et simple anxiété est trop délicate pour être tentée par des non professionnels de la psychologie. En second lieu, l'usage de la VR en thérapie et en apprentissage fait finalement appel à des techniques assez similaires. Dans les deux cas, le patient et l'apprenant sont exposés, de manière répétée et contrôlée, à des situations de stress qui auront pour effet soit de modifier une mémoire traumatique, soit d'augmenter l'estime de soi par la réussite, soit de rendre l'exercice de plus en plus abordable. Si les origines sont tout de même différentes, il n'y aurait donc pas une méthodologie propre à chaque approche. Thérapie et apprentissage utilisent les mêmes ressorts.

⁷ « L'auto-évaluation peut être biaisée à cet égard puisque les sujets s'attendent à améliorer leur niveau d'anxiété après le traitement », traduit par l'auteur.

Dans cet esprit, nous avons choisi de créer une expérimentation s'inspirant des deux approches, en fusionnant les éléments méthodologiques. C'est l'objet de la présentation qui suit.

5. VRET et PSA : deux expériences de référence.

Sur la base du rapprochement apprentissage et thérapie et afin de définir notre protocole expérimental, nous avons retenu deux expériences utilisant la VR pour des troubles PSA. La première a été réalisée auprès d'étudiants via des sessions autonomes de répétition d'exercices sous casque. La seconde est totalement clinique avec un encadrement thérapeutique. Nous mixerons les éléments expérimentaux et les recommandations des deux études.

Self-guided VRET : Premkumar et al .

La première expérience est récente, c'est celle de Premkumar *et al .* (2021) réalisée auprès de 32 étudiants (dont 27 femmes) en psychologie, inscrits dans des universités britanniques. Majoritairement (87%) ces étudiants n'avaient jamais été diagnostiqués SAD (*Social Anxiety Disorder*⁸) et aucun ne suivait une psychothérapie. Néanmoins ces étudiants avaient été retenus parmi 336 pour un score élevé au test SATI (*Speech Anxiety Thoughts Inventory*⁹). Ce test est composé d'une batterie de 23 questions (cf annexe B) que le participant doit évaluer sur une échelle de 1 à 5. Voici par exemple une des affirmations : « *If I don't speak well, the audience will reject me* ¹⁰ » Ce test fait référence dans la littérature. Il en existe beaucoup d'autres, qui permettent de croiser les résultats. Premkumar *et al .* ont ainsi eu recours aux tests suivants : *Public Speaking Anxiety Scale*¹¹ (PSAS) , *Personal Report of Confidence as a Speaker*¹² (PRCS – 12 items), *Brief Fear of Negative Evaluation*¹³ (BFNE – 12 items) et *Liebowitz Social Anxiety Scale*¹⁴ (LSAS – 24 items). Cette psychométrie a été utilisée avant le début de chacune des deux sessions, puis un mois plus tard. Durant les tests, la pulsation cardiaque a été mesurée via une montre connectée et le participant devait répondre à deux questions concernant la mesure de son état d'anxiété (bouche sèche, tremblement, respiration, ...) et son état d'excitation (vigueur, énergie, actif, ...). Les chercheurs ont fait appel à la mesure SUDS (*Subjective Units of Distress Scale*¹⁵ – échelle de 1 à 100) en réponse à ces deux questions.

⁸ « Trouble de l'anxiété sociale », traduit par l'auteur.

⁹ « Inventaire des pensées liées à l'anxiété de la prise de parole », traduit par l'auteur

¹⁰ « Si je ne parle pas bien le public me rejettera », traduit par l'auteur.

¹¹ « Echelle d'échelle d'anxiété de la parole en public », traduit par l'auteur.

¹² « Confiance en soi comme orateur », traduit par l'auteur.

¹³ « Résumé de la peur d'une évaluation négative », traduit par l'auteur.

¹⁴ « Echelle d'anxiété sociale de Liebowitz », traduit par l'auteur.

¹⁵ « Echelle subjective d'inconfort », traduit par Klinger (2006, p. 24)

La VRET utilisée était celle d'un développement logiciel spécifique sous Unity (Unity Technologies, 2022), couplé avec un casque Samsung Gear via un téléphone Galaxy S7. L'environnement était celui d'une classe virtuelle paramétrée avec cinq éléments de perturbation sociale : la taille de l'audience, la réaction du public, la distance au public, l'aide au discours via un prompteur, la saillance de l'orateur via sa photo. Ces cinq perturbateurs disposaient de trois niveaux de difficulté. Chaque participant devait parler 20 minutes sous forme de quatre séquences de 5 minutes. Les sujets des discours étaient donnés par prompteur et concernaient la connaissance de l'université, l'impression sur les cours, les activités sociales... Avant les discours les participants recevaient une copie des prompts qui allaient s'afficher. Entre chaque séquence une pause d'une minute permettait la mesure cardiaque et la réponse aux deux questions (anxiété et excitation) via l'échelle SUDS. Chaque participant était encouragé à augmenter de lui-même la difficulté des épreuves en modifiant le niveau des cinq perturbateurs. Cet ensemble de quatre séquences de 5 minutes a été répété deux fois (deux sessions) et une évaluation finale eut lieu un mois après, au moyen des cinq tests de psychométrie.

Le choix des chercheurs s'est porté sur une VRET en autonomie (*self-guided* VRET, le participant définissant lui-même ses exercices) par opposition aux conduites plus classiques d'une thérapie guidée (*therapist-led* VRET). Cette option sera testée avec notre expérimentation.

Les résultats détaillés sont donnés en annexe C. Ils montrent une baisse significative, dans le temps et sur les deux sessions, des indicateurs cardiaque et d'anxiété. L'excitation n'a pas varié. L'ensemble des tests psychométriques montre une baisse significative de l'anxiété à la fin de chaque session et un mois après. Les auteurs concluent à un effet de la VR sur la PSA ainsi qu'à une corrélation entre PSA et auto-perception de l'anxiété.

Cette étude est présentée comme la première à étudier la faisabilité d'une VRET en autonomie pour la PSA, avec des résultats encourageant ce type de démarche. La diminution constatée prouve que la méthode peut être initiée sans risque d'exposition à une peur excessive. Cette autonomie permet aux participants de gagner en assurance dans le soin de leur handicap et ne peut que les encourager à s'y engager, avec des effets à long terme. Selon les méthodes cliniques évoquées supra, cette exposition via la réalité virtuelle peut modifier les éléments cognitifs fondateurs de la PSA, en particulier les croyances irrationnelles, et ce dans un environnement plus rassurant que la vie réelle, ce qui contribue à son tour à diminuer l'anxiété

des situations réelles. L'effet persistant à plus d'un mois suggère une baisse de la peur de l'évaluation négative et de la performance, les clés de l'anxiété sociale. Cependant l'absence d'évaluation en conditions réelles invite les auteurs à la prudence quant à la généralisation à tout type de patient SAD. Cette étude était celle d'une faisabilité.

Nous retiendrons de cette étude le principe de la double session de plusieurs exercices de prise de parole, des indicateurs cardiaque et d'anxiété, mais pas d'excitation. Nous y ajouterons les perturbateurs taille de l'auditoire, prompteur et distance au public (non utilisée dans l'étude à la suite d'un bug de développement). La réaction de l'auditoire nous semblait un facteur important, mais il dépendait du paramétrage du logiciel choisi. L'autonomie préconisée et la mise en garde de la typologie des patients SAD, nous ont invité à la prudence. Le public ULIS allait-il être capable d'auto-gérer la difficulté croissante dans les exercices, et de répondre à de longs questionnaires ?

Led and self-led VRET : Lindner et al .

La seconde étude est celle de Lindner *et al.* (2018) qui travaillent sur les mêmes troubles PSA mais sur une seule session VR (*One Session Treatment* : OST) et avec un groupe de référence. Ce dernier (25 participants) suivait une session VRET encadrée par un thérapeute, suivie de quatre semaines de programme de transition vers les expériences réelles, *via* un dispositif VR administré à distance. Après un temps d'attente, qui induisit l'appellation « *waiting list*¹⁶ » pour ce groupe, le groupe autonome suivait le même schéma mais avec une session VRET auto administrée. Les participants étaient des adultes suédois ayant obtenu un score élevé aux 18 items du test *Personal Report of PSA*.

La session de 3 heures regroupait 8 exercices de prise de parole avec une difficulté croissante. Chaque exercice était de courte durée (1 à 3 minutes) et sur des thèmes peu ou pas préparés. Lindner *et al.* reprenaient le principe selon lequel un excès de préparation est une attitude de protection classique et qu'une durée excessive entraîne mécaniquement une baisse de l'anxiété par un effet de routine. Le rôle du thérapeute était d'une part de fournir les instructions pré-expérimentales, tout en aidant le patient à verbaliser ses croyances à corriger et qui étaient susceptibles d'être testées durant la VRET. Immédiatement après chaque séance de VR, le patient débriefait avec son thérapeute avec un *feedback* audio de sa performance.

¹⁶ « Liste d'attente », traduit par l'auteur.

L'équipement utilisé était un casque Samsung Gear et un téléphone Galaxy Note. L'application était un produit du marché, en l'occurrence VirtualSpeech (VirtualSpeech Ltd., 2016) que nous utiliserons dans notre propre étude. Ce produit est destiné à une pratique de l'entraînement à la prise de parole pour un public professionnel et non à un usage thérapeutique. Les trois scénarii choisis étaient celui de l'auditorium, la salle de réunion et la salle de réception (cf. copies d'écrans en annexe E). L'originalité du logiciel tient à la quasi-absence de personnages graphiques. Presque tous les personnages sont filmés, ce qui évite le, « uncanny valley phenomenon »¹⁷ (Seyama & Nagayama, 2007) selon lequel toute imperfection d'un avatar trop proche d'un être humain nous apparaît monstrueuse.

Le groupe en *self-led* OST se voyait proposer le même type d'exercices et de planification que ceux du thérapeute, mais les choisissait et les exécutait sans rendre compte au clinicien. Puis, tout comme le premier groupe, il lui était proposé un programme de quatre modules en ligne pour faciliter la transition vers une exposition réelle. Par exemple les patients pouvaient s'entraîner à simuler un appel téléphonique dans un bus devant les passagers.

La première échelle de mesure utilisée était celle du PSAS et ses 17 items. Il lui fut rajouté l'indicateur LSAS (Liebowitz) et l'échelle BFNE. Pour détecter d'éventuels symptômes de dépression, les chercheurs utilisèrent des questionnaires spécifiques : *Patient Health Questionnaire* 9¹⁸ (PHQ -9) et le *Generalized Anxiety Disorder*¹⁹ 7 item (GAD-7). Enfin ils ajoutèrent une échelle de mesure de la qualité subjective de la vie, *Brunnsviken Quality of Life*²⁰ (Lindner *et al.* , 2016).

Les résultats obtenus, détaillés en annexe D, montraient une meilleure performance du groupe *self-led* OST dans son traitement autonome. Les transitions à la vie réelle étaient assez identiques. Sur le long terme, le groupe suivi par un thérapeute obtenait une meilleure décroissance à six mois que le groupe autonome, alors que les différences entre six et douze mois n'étaient pas significatives. Les autres tests, comme le LSAS, ne confirmaient pas toujours ces résultats à long terme.

Lindner *et al.* . concluaient à l'efficacité réelle de la VRET pour la PSA, confirmant des résultats déjà obtenus (P. L. Anderson *et al.* , 2013; Bouchard *et al.* , 2017; Kampmann *et al.* , 2016; Wallach *et al.* , 2009). L'apport de cette étude résidait surtout dans l'idée qu'un usage

¹⁷ « phénomène de la vallée de l'étrange », traduit par l'auteur

¹⁸ « Questionnaire de l'état de santé du patient », traduit par l'auteur

¹⁹ « Troubles généralisés de l'anxiété », traduit par l'auteur.

²⁰ « Echelle de qualité de vie de Brunnsviken », traduit par l'auteur.

autonome de la VR donnait la même efficacité, sans aucune recherche de comparaison, ce qui représente une perspective intéressante pour des routines de traitements cliniques chez le patient, et la transformation des face-à-face CBT. En incluant du matériel thérapeutique à l'application et en programmant une progression, il deviendrait possible d'optimiser l'efficacité du traitement VRET qui transformerait l'autonomie totale en une autonomie contenue, comme cela a pu se faire avec le traitement de l'arachnophobie (Miloff *et al.* , 2016). Enfin les auteurs rappelaient l'importance de la transition de la VRET vers une immersion réelle, un point souvent oublié dans certaines études.

De cette deuxième expérimentation nous retiendrons en premier lieu le logiciel VirtualSpeech (VirtualSpeech Ltd., 2016). Nous cherchions à optimiser l'immersion par l'usage d'un casque autonome et non des solutions plus légères via des smartphones, utilisés dans les deux cas. Or un benchmark du marché des logiciels de prise de parole nous a montré que l'offre logicielle était assez réduite pour les casques, et que VirtualSpeech présentait un produit assez abouti. La durée des séquences (1 à 3 minutes *vs* 5 pour Premkumar *et al.*) nous a semblé bien correspondre aux capacités orales des élèves ULIS, en sus de l'argumentation de l'effet de routine. Nous retiendrons aussi les propos concernant les avantages des personnages filmés sur les avatars, la minimisation de la préparation, et la nécessité d'une transition au réel. La dimension thérapeutique et la présence d'un clinicien aux côtés du premier groupe nous semblaient assez facilement transposables aux élèves ULIS. Sans imaginer un dialogue clinique avec eux, nous pensions verbaliser leurs émotions au cours d'échanges spontanés, plus révélateurs qu'une psychométrie de type SUDS. Tout comme Lindner *et al.* nous nous sommes autorisé à guider l'élève dans son perfectionnement, par des conseils entre chaque discours.

B. Expérimentation

Bien que notre esprit expérimental soit de rapprocher apprentissage et thérapie, il nous fallait trancher entre deux conduites : le choix exclusif d'une méthode de VRET en autonomie (Premkumar *et al.*) face à une guidance structurante (Lindner *et al.*). Nous pressentions des difficultés avec notre public ULIS à s'auto-gérer, mais tenions tout de même à lui offrir la possibilité de le tenter. Nous avons opté pour une première session entièrement guidée, et une deuxième laissée au choix de l'élève, avec l'idée de comparer les deux performances, comme avait pu le faire Lindner *et al.* sur des échantillons différents. L'expérience a donc pris la forme d'une double session de trois exercices de 3 minutes maximum.

Pour résumer notre fusion des deux études, nous avons exclu le grand nombre de tests psychométriques mis en œuvre, en ne gardant que les indicateurs SATI (23 questions) et SUDS (échelle de 1 à 10) pour mesurer l'anxiété par auto-évaluation. Mais pour un public avec des difficultés de langage et de lecture, nous pressentions que la compréhension des questions allait devenir un obstacle. Ce pressentiment s'est très vite confirmé.

Dans le cadre d'une simulation du positionnement d'un enseignant, un développement logiciel sous Unity (Unity Technologies, 2022) nous semblait moins séduisant qu'un achat de produit de marché. Nous avons ainsi confirmé notre choix de VirtualSpeech. Ce faisant nous n'avons pas pu bénéficier des cinq facteurs de complexité de Premkumar *et al.*, puisque la distance et l'attitude de l'auditoire ne sont pas paramétrables. Nous avons dû rechercher des scènes préenregistrées simulant une progression dans la difficulté, en jouant principalement sur la nature de l'auditoire, l'environnement des salles et le nombre d'auditeurs.

1. Mise en place

L'ensemble de l'expérience s'est réalisé au lycée professionnel de l'Horizon à St Denis de la Réunion (Océan Indien – département français), auprès de 13 lycéens (dont 1 fille) de 1^{re} ou 2^e année de CAP (menuisier fabricant, carreleur mosaïste, équipier polyvalent du commerce, monteur en installation sanitaire), bénéficiant du dispositif ULIS et présentant des TFC. Bien que les profils des 13 lycéens aient offert un large éventail (des troubles autistiques aux difficultés d'élocution ou de compréhension en passant par des déficiences de mémorisation, des problèmes de santé, de motricité, ...) nous avons choisi, dans cette première partie, de ne pas les différencier et de considérer qu'ils seraient traités comme un seul groupe de participants. L'expérimentation s'est déroulée du 28 mars au 09 juin 2022 sur les périodes de présence dans le dispositif ULIS. L'objectif était de présenter une expérience qui était aussi une opportunité d'entraînement à la prise de parole, et qui s'inscrivait dans une logique d'apprentissage. Cette démarche avait pour objectif de rassurer les élèves. Ils n'étaient pas les cobayes d'une expérience virtuelle, mais se livraient à des exercices d'amélioration de leur prise de parole, en vue des oraux qu'ils devaient passer au mois de juin. À raison de 3 sessions de 20 minutes par élève *a minima*, l'expérience aura été découpée sous forme de 18 séances d'une heure.

Pour le matériel, notre choix s'est porté sur un casque Oculus Quest 2 (Meta) fonctionnant en autonomie. Contrairement à la solution du Samsung Gear de Premkumar *et al.* et de Lindner *et al.* exigeant un smartphone, le casque ne nécessitait qu'une connexion internet, par WiFi, pour activer l'intelligence artificielle nécessaire à certaines fonctions du logiciel. Cette

connexion se fit via un téléphone, la salle de classe ne bénéficiant pas d'un accès WiFi. L'interface graphique des environnements était celle du logiciel VirtualSpeech. Nous avons toutefois activé bon nombre de fonctions du logiciel, non évoquées par Lindner *et al.*, et qui nous auront été de précieux indicateurs physiologiques.

Comme indiqué, de tous les tests psychométriques nous n'avons gardé que le test le plus complet et commun, à savoir l'indicateur SATI (23 affirmations à évaluer de 1 à 5 – version anglaise en annexe B). La transcription du texte en français s'est faite avec des outils de traduction pour respecter au plus près l'original en anglais, puis a été affinée par la coordonnatrice ULIS du lycée, particulièrement au fait des difficultés langagières des lycéens dont elle avait la charge. La difficulté ne provenait pas de la traduction elle-même, mais du décalage sémantique des mots se rapportant aux émotions. Que signifie pour un élève ULIS « impressionner le public », « perdre mes moyens » ou « le public me rejettera » ? Les représentations mentales associées peuvent être très différentes, voire plus fortes émotionnellement pour des élèves à troubles cognitifs. Le test SATI est-il normé pour de tels profils ?

Après chaque discours, nous mesurons le niveau d'anxiété et non l'excitation (qui avait donné peu de résultats) à l'aide de la mesure SUDS (échelle de 0 à 10, en remplacement de 0 à 100). Nous avons opté pour une visualisation graphique, couleurs et iconographie, en plus des chiffres et des mots, en reprenant une représentation SUDS utilisée avec des enfants. Nous avons conservé l'iconographie en l'état avec une traduction simple des mots.

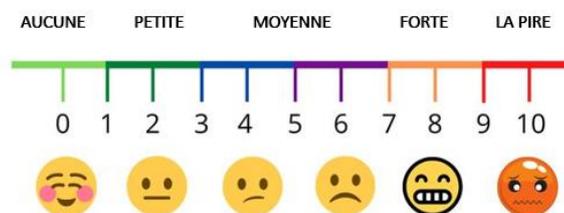


Figure 2- Echelle SUDS avec iconographie – source : M. Vakakis : Evexia Counselling Services

Dans le registre des indicateurs physiologiques, nous avons relevé les pulsations cardiaques par minute, via une montre connectée (Kalenji HR 500) avec report sur une application téléphonique. Ce report enregistrerait l'intégralité de la courbe de fréquence cardiaque sur un site web, doté d'outils d'exploitations (calcul de moyenne, segmentation, ...). Contrairement à Premkumar *et al.* qui enregistreraient la pulsation cardiaque à la fin de chaque discours, nous avons opté pour le calcul d'une moyenne durant chaque prise de parole. Nous

cherchions à mesurer l'état d'anxiété pendant l'exécution de la tâche et non au sortir de l'exercice. Ce choix s'est révélé intéressant pour certains élèves dont le rythme cardiaque pouvait passer de 90 à 58 instantanément (profil de sportif). À cet unique indicateur physiologique, nous avons pris le parti d'activer trois indicateurs de l'application VirtualSpeech, que Lindner *et al.* ne mentionnaient pas. Ce choix répondait aux difficultés pressenties pour la collecte des données psychométriques (SATI et SUDS). Des indicateurs physiologiques nous semblaient opportuns pour contourner les barrières langagières. Nous avons retenu :

- Le contact visuel : capacité à fixer l'auditoire, note de 0 à 10
- La fluence verbale : nombre de mots à la minute (0 à 250)
- Le volume de voix : indicateur noté de 0 à 100%.

2. Déroulement

Pour le déroulement nous avons croisé le principe de Premkumar *et al.* de deux sessions, espacées dans le temps entre 1 et 2 semaines. Nous avons ajouté en amont une session de découverte du casque, afin de familiariser les élèves à son usage et retirer tout biais de stress lié à la seule utilisation d'un appareil qu'ils ne connaissaient pas. Ils devaient être à l'aise avec la VR avant de commencer leur premier discours, ce qui nous permettrait d'évoquer une unique anxiété de parole en public. Afin d'obtenir une mesure correcte des indicateurs du casque, nous avons fixé à 2 minutes le minimum de chaque discours, avec une valeur espérée de 3 minutes, une performance pour des élèves à l'élocution parfois très difficile. Ainsi chaque session s'est décomposée en trois discours de 3 minutes maximum, espacés d'une pause de 3 à 4 minutes, permettant le relevé des indicateurs du casque, et le questionnement sur l'échelle SUDS de leur état d'anxiété.

Même si nous ne disposions pas des leviers de difficulté de Premkumar *et al.*, nous les avons approchés par un choix de scènes qui, dans notre référentiel, correspondait à une difficulté croissante : taille du groupe corrélée à la distance à l'auditoire, statut des auditeurs (étudiants, professionnels, grand public), aide visuelle via des diapositives, questions audio pré-enregistrées simulant un entretien.

Voici un résumé des trois sessions :

Session 0 - Découverte de la réalité virtuelle et ergonomie du casque : visite virtuelle de la ville de New York.

Session 1 - Première expérience de trois exercices de prise de parole dans des environnements différents, avec montée en puissance de la taille du groupe et de la difficulté d'interaction : une petite classe de 10 étudiants, une salle de réunion professionnelle, une salle de conférence de 80 personnes.

Session 2 - À nouveau trois salles pour trois nouveaux discours, mais dans un protocole libre. L'élève choisissait trois salles parmi huit choix, en les classant par ordre de difficulté :

- Reprise des trois premières salles avec ou sans perturbations sonores.
- Et / ou choix parmi les cinq suivantes
 - i. Salle de presse avec micros et caméras
 - ii. Un gala de charité confondu avec une salle de mariage
 - iii. Une scène de spectacle d'inspiration TED
 - iv. Un entretien avec 4 personnes et des questions audio
 - v. Un bureau avec improvisation sur des images aléatoires projetées durant 30 secondes chacune.

L'intégralité des huit salles figure en annexe E, sous forme de copies d'écrans. À titre d'exemple voici les deux premières :

Petite classe d'étudiants



Small Training Room

Salle de réunion professionnelle



Meeting Room

Figure 3- Copies d'écran de la salle de classe et de réunion

Pour la première session, les deux premiers discours étaient guidés par l'affichage d'un diaporama, qui donnait à l'élève un thème et des mots clés. Face aux étudiants (*Small training room*) l'élève devait se présenter, parler de ses études et ses passions. Face aux professionnels (*Meeting room*) il présentait son dernier stage en entreprise. Dans la salle de conférence le discours était libre, sans support de diapositives, avec la possibilité de reprendre un discours déjà formulé ou bien de partir sur un thème de choix (sport, loisir, la vie à la Réunion...). L'élève ne disposait d'aucune liberté de choix dans cet ordre prédéfini que nous lui imposions,

par simulation d'un protocole thérapeutique dirigé (*therapist-led* VRET) tel que décrit par Lindner *et al* .. *A contrario* le choix des huit scènes et de l'ordre de passage s'apparentait à l'apprentissage en autonomie (*self-led* VRET) expérimenté par Premkumar *et al* ..

Après chaque discours, nous relevions les trois indicateurs donnés par le casque (contact visuel, fluence verbale et volume de voix) auxquels s'ajoutait le score SUDS de son niveau d'anxiété. L'indicateur cardiaque enregistrait les trois discours en continu. Une moyenne de battements par minute était calculée *post-hoc*. Les données obtenues correspondaient donc à six discours, par groupe de trois, associés à quatre variables mesurées et une auto-formulée.

Les élèves passaient à tour de rôle, seul ou en groupe de trois maximum, selon le planning de leur présence dans le dispositif ULIS. Toutes les expérimentations se sont déroulées dans le local qu'ils connaissaient et en présence de leur professeure coordonnatrice ULIS. Une attention particulière a été développée pour éviter tout stress extérieur à la prise de parole, y compris celui d'une présence étrangère.

C. Résultats et premières conclusions

1. Résultats détaillés

Nous reprendrons les six indicateurs mentionnés : SATI, score SUDS, rythme cardiaque, contact visuel, fluence verbale et volume de voix, sur les six discours exécutés. L'ensemble des résultats a été produit à l'aide du logiciel open source JASP (University of Amsterdam, 2022).

Le test SATI a été réalisé auprès de sept élèves (sur 13) durant la séquence 0 de découverte de la VR. Nous avons pris le parti de ne pas le poursuivre. Les difficultés de compréhension du test nous ont obligé à donner des explications aux élèves, de commenter chaque phrase, ce qui introduisait un biais dans cette auto-évaluation. Les élèves ULIS ne parvenaient pas non plus à se positionner sur une échelle. Quelle valeur émotionnelle donner à l'intervalle entre deux notes consécutives ? Certains ne s'exprimaient qu'à l'aide de réponses binaires : vrai ou faux. La notion de nuance sur la réalité d'une affirmation leur était complexe à exprimer. Certaines réponses au questionnaire se limitaient à des 1 et des 5. Enfin la longueur du questionnaire (23 affirmations) représentait une difficulté supplémentaire. Nous avons dû revenir à trois reprises avec un élève pour parvenir à conclure le test. Enfin au vu des premières réponses, il y avait beaucoup d'incohérences dans l'ensemble des résultats. Par exemple un élève pouvait répondre

5 (note maximale sur la véracité) à l'affirmation « si je fais une erreur le public pensera que je suis bête » et la note 1 à « ce sera terrible si je fais une erreur dans mon exposé ».

Par acquit de conscience nous avons calculé un test alpha de Cronbach qui curieusement nous a rendu une valeur élevée de 0.853, mais avec une mention de corrélation négative sur les questions 4, 15 et 21, ce qui n'était évidemment pas le cas du test SATI. Devant les difficultés de mise en œuvre, nous avons choisi d'abandonner ce test SATI et de ne conserver que la mesure SUDS. Il n'apparaît donc pas dans la suite de l'étude.

L'échelle psychométrique SUDS n'a cessé de diminuer sur les trois premiers discours pour se stabiliser sur la deuxième session (Di désigne le discours numéro i et AD1 la mesure avant le discours 1).

Tableau 1- Test de Cronbach sur indicateur SATI

Frequentist Scale Reliability Statistics	
Estimate	Cronbach's α
Point estimate	0.853
95% CI lower bound	0.492
95% CI upper bound	0.970

Note. The following items correlated negatively with the scale: Q4, Q15, Q21. Variables Q9 and Q17 correlated perfectly.

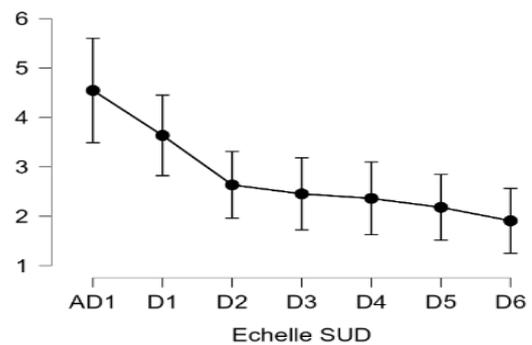


Figure 4 - Evolution de l'indicateur SUDS sur 6 discours

La taille de l'échantillon rend complexe l'hypothèse de normalité et le recours à des tests paramétriques. Les valeurs du test de Shapiro-Wilk confirment que les trois premiers discours peuvent être considérés normaux mais pas les trois derniers, ce qui n'est pas surprenant car les valeurs sont toutes assez identiques.

Tableau 2- Test de Shapiro-Wilk sur indicateur SUDS (6 discours)

Descriptive Statistics							
	avant discours1	discours 1	discours 2	discours 3	discours 4	discours 5	discours 6
Mean	4.385	3.615	2.923	2.538	2.364	2.182	1.909
Std. Deviation	2.468	2.399	2.178	1.761	1.433	1.079	0.831
Shapiro-Wilk	0.928	0.824	0.897	0.932	0.701	0.724	0.725
P-value of Shapiro-Wilk	0.323	0.013	0.122	0.363	< .001	< .001	< .001

Ces décalages entre les discours se visualisent aussi via les QQ plots :

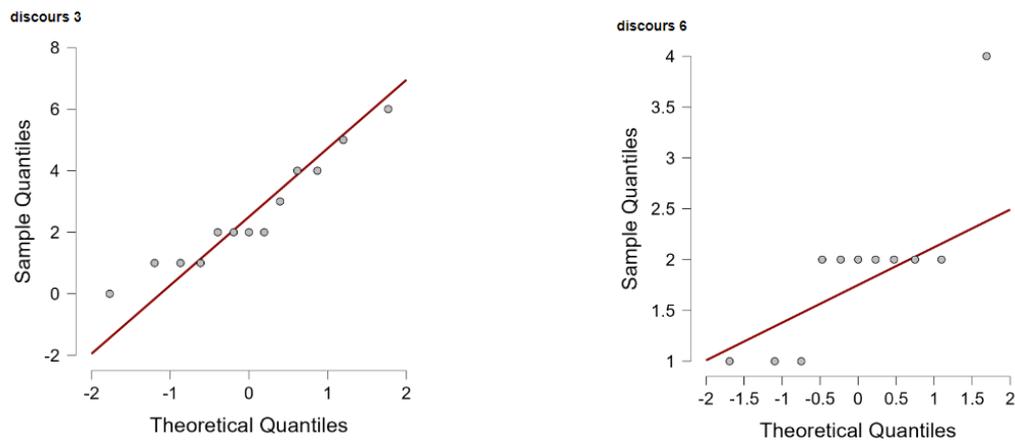


Figure 5 - QQ plots des valeurs SUDS discours 3 et 6

En considérant cette normalité sur les quatre premières valeurs (incluant la valeur avant discours 1) une analyse ANOVA à mesures répétées confirme que la diminution est significative :

Tableau 3- ANOVA à mesures répétées sur SUDS (4 premières valeurs)

Within Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Echelle SUD	25.750	3	8.583	6.867	< .001
Residuals	45.000	36	1.250		

Note. Type III Sum of Squares

Un test de Wilcoxon le confirme entre le 1^{er} et 3^e discours, ainsi qu'entre le 1^{er} et le 6^e discours (p-value à 0.4% dans les deux cas)

Tableau 4- Test de Wilcoxon – indicateur SUDS sur discours 1-3 et 1-6

Paired Samples T-Test					
Measure 1	Measure 2	W	z	df	p
avant discours1	- discours 3	45.000	2.666		0.004
avant discours1	- discours 6	45.000	2.666		0.004

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is greater than Measure 2. For example, avant discours1 is greater than discours 3.

Note. Wilcoxon signed-rank test.

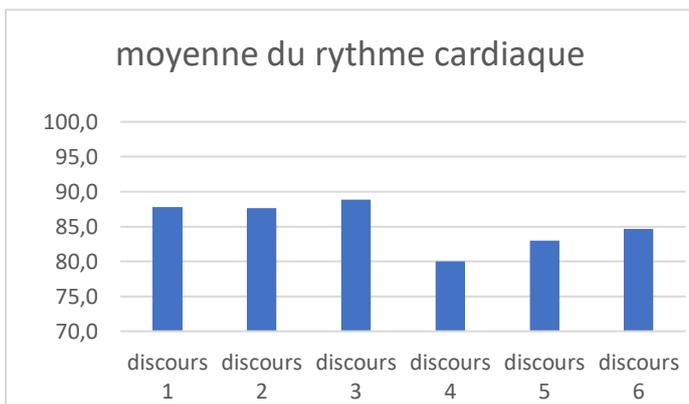


Figure 6- Moyennes du rythme cardiaque sur 6 discours

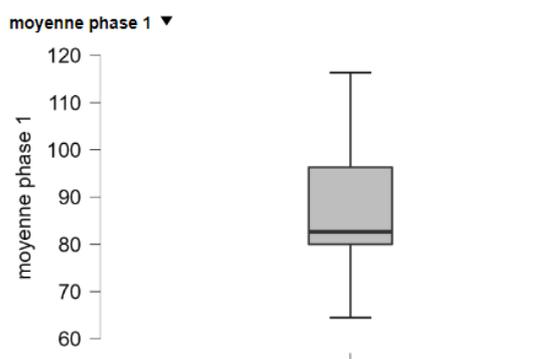


Figure 7 - Diagramme en boîte du rythme cardiaque

Comme évoqué supra, le contact visuel mesure la capacité du locuteur à fixer les personnages qui l'écoutent. Cet indicateur est révélateur du trouble de prise de parole, comme l'avaient mentionné Cheng et Ye (2010). Le contact visuel est calculé par positionnement du casque, en fonction de l'image projetée et des visages des auditeurs. Cet indicateur a été le plus sensible à l'expérience, démarrant à 3 pour terminer à 7.

La mesure du rythme cardiaque, *a contrario*, n'a pas évolué durant la session 1, et très faiblement durant la session 2. Cette stabilité n'a pas été sans nous intriguer, car elle était en opposition avec les évolutions des deux expériences de référence.

Les écarts d'un élève à l'autre pouvaient être importants : pour la session 1 nous avons une étendue des moyennes de 52 bpm (battements par minute), mais avec une constance pour chaque élève.

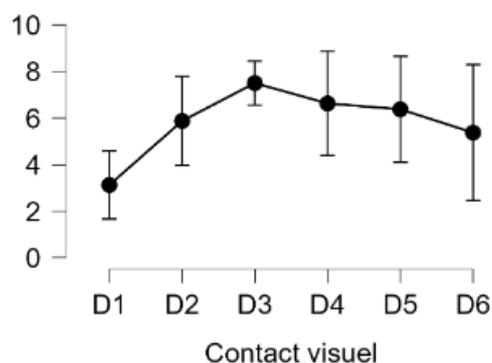


Figure 8 - Evolution du contact visuel sur 6 discours

Les valeurs des six discours étant considérées normales (test de Shapiro) nous utiliserons un test de Student et une Anova à mesures répétées.

Tableau 5- Test de Shapiro-Wilk sur contact visuel (6 discours)

Descriptive Statistics						
	discours1	discours2	discours3	discours4	discours5	discours6
Mean	3.000	5.000	7.500	5.909	6.636	5.800
Std. Deviation	1.809	2.309	1.382	2.737	2.908	3.011
Shapiro-Wilk	0.892	0.932	0.893	0.941	0.869	0.895
P-value of Shapiro-Wilk	0.125	0.364	0.131	0.530	0.076	0.194

Dès le 2^e discours l'écart obtenu était statistiquement significatif (p-value < 1%). Cette valeur diminue en dessous de 0.1% entre le 1^{er} et 3^e discours. Les discours de 4 à 6 sont restés stables avec une valeur de contact visuel à 6.

Tableau 6- Test de Student sur contact visuel sur discours 1-2 et 1-3

Paired Samples T-Test					
Measure 1	Measure 2	t	df	p	
discours1	- discours2	-3.278	11	0.004	
discours1	- discours3	-6.848	11	< .001	

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, discours1 is less than discours2.

Note. Student's t-test.

Une Anova à mesures répétées confirme la significativité de cette augmentation sur les 6 discours (p value < 5%)

Tableau 7- ANOVA à mesures répétées sur contact visuel (6 discours)

Within Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Contact visuel	89.937	5	17.987	2.976	0.024
Residuals	211.563	35	6.045		

Note. Type III Sum of Squares

À ce contact visuel, rendu par le casque, nous avons ajouté la fluence verbale et le volume de voix. Or ces deux indicateurs n'ont pas réagi dans le même sens d'augmentation. Lors du premier discours la fluence était de 42 mots par minute en moyenne et a augmenté jusqu'à 58 mots par minute lors du discours 3. La fluence de la session 2 a évolué de 48 à 65.

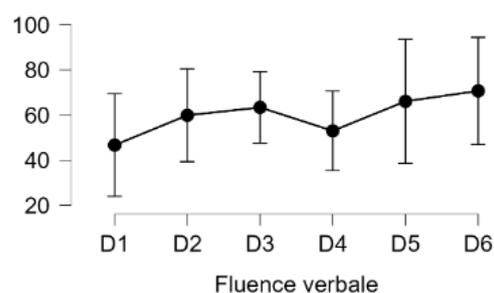


Figure 9 - Variation de la fluence verbale (6 discours)

Les discours 5 et 6 étant peu normalisés (p-value de Shapiro à moins de 5%) nous étudierons la différence de l'ensemble avec un test de Wilcoxon. Cette différence ne s'est montrée significative qu'entre les discours 1 et 2 (p-value à 1%) et dans une moindre mesure entre 1 et 6 (p-value < 5%) mais pas entre 1 et 3 (p-value > 5%).

Tableau 8- Test de Wilcoxon sur la fluence verbale entre les discours 1-2, 1-6 et 1-3

Paired Samples T-Test					
Measure 1		Measure 2	W	z	p
discours 1	-	discours 2	11.500	-2.376	0.010
discours 1	-	discours 6	15.000	-1.883	0.032
discours 1	-	discours 3	18.000	-1.334	0.098

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, discours 1 is less than discours 2.

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Les trois premiers discours étant normalisés (p-value de Shapiro à minima 6.4%) nous avons pu confirmer, par une Anova à mesures répétées l'absence de significativité sur 3 discours (p-value > 5%)

Tableau 9- ANOVA à mesures répétées sur fluence verbale (discours1-3)

Within Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Fluence verbale	1325.722 ^a	2 ^a	662.861 ^a	2.892 ^a	0.077 ^a
Residuals	5042.278	22	229.194		

Note. Type III Sum of Squares

^a Mauchly's test of sphericity indicates that the assumption of sphericity is violated (p < .05).

Enfin dernier indicateur, le volume de voix n'a quasiment pas évolué. Démarré à 56 %, il est monté à 61% puis est redescendu à 54% (discours 4) pour finir à 59%.

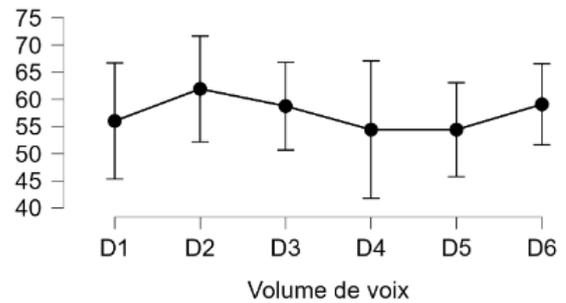


Figure 10 - Evolution du volume de voix sur 6 discours

La différence entre les deux premiers discours est apparue légèrement significative (p-value de Wilcoxon à 4.3%) mais elle ne l'est absolument pas sur l'ensemble (p value à 22.8%)

Tableau 10- Test de Wilcoxon sur volume de voix entre discours 1-2 et 1-6

Paired Samples T-Test					
Measure 1	Measure 2	W	z	df	p
discours 1	- discours 2	20.500	-1.747		0.043
discours 1	- discours 6	29.000	-0.784		0.228

Note. For all tests, the alternative hypothesis specifies that Measure 1 is less than Measure 2. For example, discours 1 is less than discours 2.

Note. Wilcoxon signed-rank test.

2. Résumé des résultats quantitatifs et ACP

En résumé, voici les indicateurs et leurs évolutions

Tableau 11- Résumé des valeurs des indicateurs quantitatifs

Indicateur	Evolution
SUDS	Baisse significative.
Contact visuel	Augmentation significative après trois discours puis stabilisation.
Fluence verbale	Augmentation mais uniquement significative entre le 1 ^{er} et le 2 ^e discours et entre le 1 ^{er} et le 6 ^e .
Volume de voix	Aucune variation significative, sauf entre les discours 1 et 2.
Rythme cardiaque	Pratiquement aucune évolution, moyenne stable durant les 6 discours et pour chaque élève.

Pour éclairer ces indicateurs et leur corrélation, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP) sur les moyennes par élève (trois premiers discours) des cinq

indicateurs. Cette ACP a été réalisée avec le logiciel open source R (RStudio, 2022) et son package Factoshiny. Elle permet de visualiser l'absence de dépendance entre des variables que l'on pouvait croire corrélées.

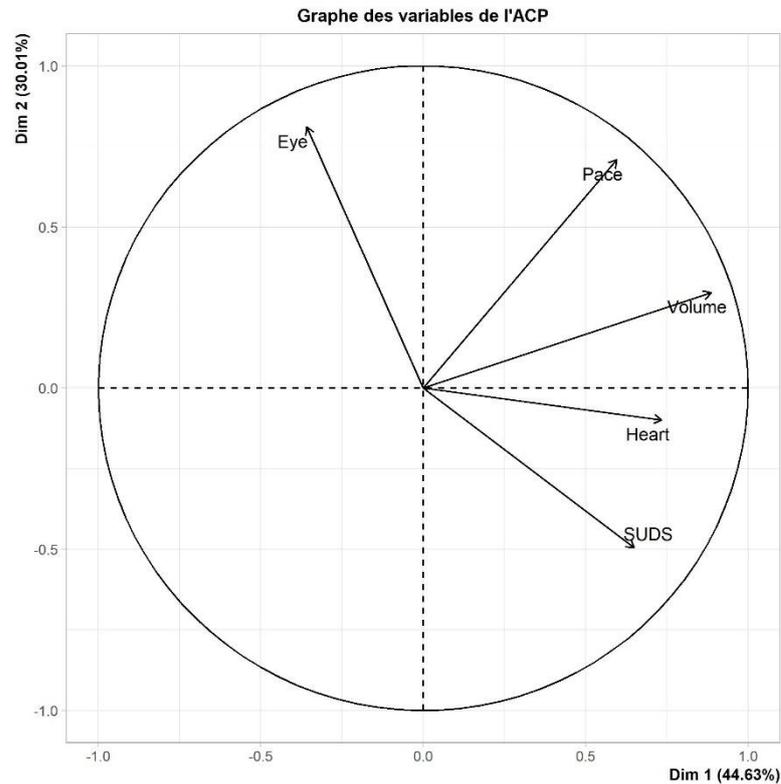


Figure 11 – Graphe ACP des 5 variables sur les 3 premiers discours

La projection de nos variables sur deux facteurs représente 74% de l'information. La variable du rythme cardiaque semble prépondérante pour l'axe des abscisses qui représente 45% de l'information. Le contact visuel donne l'axe des ordonnées. L'écartement entre les vecteurs est important, signe d'une faiblesse de lien entre les deux axes. On constate aussi une polarisation sur l'axe des abscisses des variables hors contact visuel. Cette dernière est favorisée lorsque les autres variables sont faibles. Elle semble de plus corrélée inversement à l'auto-évaluation SUDS. Les résultats d'évolution sur les trois premiers discours confirment que le contact visuel a augmenté en parallèle d'une diminution de la perception de l'anxiété. A *contrario* le volume de voix est orthogonal au contact visuel, il n'y a donc pas de lien entre ces deux variables, tout comme l'indicateur SUDS et la fluence (*pace*). Il n'est donc pas incohérent que ces indicateurs n'aient pas évolué en même temps que l'amélioration du contact visuel. Enfin fluence et volume de voix semblent légèrement corrélés. Les variations du volume et de la fluence uniquement entre les deux premiers discours pourraient confirmer cette hypothèse.

La répartition des élèves dans cette ACP nous indique la grande difficulté à créer des groupes d'individus.

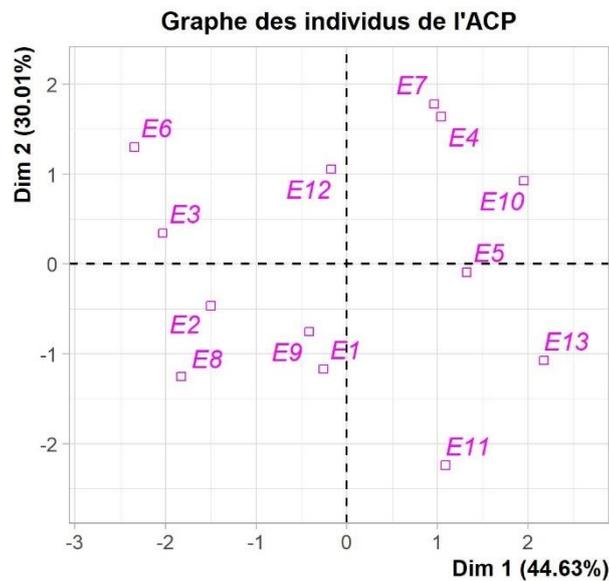


Figure 12 - Graphe ACP des 13 élèves sur 3 discours

En dehors de quelques proximités ils semblent répartis partout sur le graphe. Ces grandes différences entre eux illustrent l'absence de fiabilité statistique des données. L'hétérogénéité du groupe ne permet pas de conclure à un effet général. Cette dispersion appuie le propos de la spécificité de chaque enfant, quand bien même ils seraient classifiés selon leurs troubles (autisme, dyspraxie...). Une approche individuelle s'impose.

3. Interprétation quantitative

Dès la session 1, certains indicateurs révèlent l'effet de la VR sur l'amélioration de la prise de parole en public. Les deux études de référence, pour conclure quant à l'efficacité de la VRET, n'avaient pris en compte que des indicateurs psychométriques. Nos mesures physiologiques sont autant de révélateurs de cette amélioration.

L'évolution de l'indicateur SUDS nous a surpris, car il a été très compliqué à mettre en œuvre, tout comme le test SATI abandonné. Il est difficile pour ces élèves de donner une mesure d'un état d'esprit à l'aide d'une échelle. Pour certains d'entre eux, ils étaient stressés ou pas du tout. Il pouvait passer de la note 9 à 2 directement. La notion de nuance était complexe même avec des représentations iconographiques. Il a fallu leur expliquer, qu'à partir d'un point de départ, qu'ils nous montraient visuellement, ils pouvaient exprimer une amélioration en faisant glisser leur position vers la gauche. L'un d'entre eux pensait même qu'une amélioration de

l'état de stress allait de pair avec une note croissante, par analogie avec l'évaluation scolaire : 0 ne pouvait pas être la note de l'état le plus détendu.

Comme l'indicateur SUDS, le contact visuel avec l'auditoire s'est amélioré au fil du temps pour se stabiliser. Cet indicateur nous semble particulièrement révélateur de la capacité à surmonter un stress face au public. Il n'est pas aisé de fixer dans les yeux des interlocuteurs, y compris dans un décor virtuel, face à des images ou des avatars. Beaucoup d'élèves nous ont fait part des impressions ressenties avec la diffusion de ces images, en se demandant parfois pourquoi certains personnages semblaient mal les regarder ou se disaient gênés quand le logiciel mettait en scène des acteurs regardant ailleurs, de trois quarts tournés ou debout à prendre des notes. Mais l'absence d'agressivité dans les regards les a encouragés à s'adresser à ce public silencieux. Un élève a mentionné le fait que le public paraissait « gentil » et qu'il était donc plus facile de s'adresser à eux. L'empathie de l'auditoire semble avoir joué un rôle important pour ce profil d'élève.

Contrairement au contact visuel, la fluence verbale a peu augmenté et reste beaucoup moins significative. L'élève, même s'il se sent plus à l'aise, n'accroît pas pour autant sa capacité à parler de plus en plus rapidement. Nous restons sur des scores assez faibles - 65 mots à la minute - quand un bon locuteur peut aisément atteindre 150 mots. Ce type d'amélioration nécessite un apprentissage long et une répétition fréquente d'exercices. Il était illusoire de penser que sur six prises de parole, ce score augmenterait considérablement.

De manière analogue, le volume de voix n'a que très peu varié. Là encore nous ne sommes pas surpris car chacun possède un volume de voix naturel, celui qu'il utilise au quotidien. Il n'est pas aisé d'augmenter ce volume, même si l'auditoire est important ou si la salle est profonde. Les enseignants le savent bien. Ils ont besoin de temps de pratique pour ajuster le volume de voix à leurs classes. D'autre part il serait intéressant de confirmer ou d'infirmer que la profondeur d'une salle, donnée par la VR, impacte autant qu'une salle réelle. La perception est peut-être différente et le locuteur ne ressent pas alors le besoin d'élever la voix.

L'indicateur le plus inattendu, fut le rythme cardiaque. Contrairement aux deux études référentes, il n'y eut aucune baisse durant les discours. Certains rythmes ont même augmenté entre deux discours, selon l'émotion et l'engagement de l'élève. Voici par exemple le relevé cardiaque d'un élève généralement calme :



Figure 13 - Variation du rythme cardiaque d'un élève sur 3 discours

Le rythme cardiaque des discours 1 et 2 était en moyenne à moins de 67 bpm (battements par minute). Lors du discours 3 il est monté brutalement à 98 bpm. Or durant le discours 3 l'élève s'est complètement livré à l'immersion de la VR, pour raconter la noirceur de sa vie, les professeurs malveillants, son école qu'il n'aimait pas du tout ... Le rythme cardiaque nous a semblé être un excellent indicateur émotionnel, mais qui intègre beaucoup de facteurs extérieurs et qui ne peut se lire uniquement comme un indicateur de stress par rapport à la prise de parole en public. Cette réflexion interroge les études qui l'ont très souvent enregistré comme un excellent indicateur de stress, avec une baisse au fur et à mesure des pratiques.

4. Conclusion de la réplique expérimentale

Sur cinq indicateurs, deux ont montré une amélioration significative liée à l'usage de la réalité virtuelle, et un de manière moins accentuée. Les deux derniers sont restés stables ou non adaptés pour une mesure de stress. Il y aurait donc bien, dans la lignée des expériences référencées, une amélioration de la prise de parole par des exercices répétés, via un casque VR. Cet appareil peut donc être utilisé comme espace d'exercices, évitant le recours à des expériences réelles parfois traumatisantes ou onéreuses, et ce y compris sur un public d'élèves souffrant de troubles des fonctions cognitives.

Ces résultats encourageants confirment aussi l'approche particulière que nous avons adoptée, en mixant une vision thérapeutique et une vision d'apprentissage. La proximité des méthodes utilisées le permettait et le résultat s'avère correct. Nous autoriser à accompagner l'élève tout au long de l'expérience, par des conseils, des échanges sur les émotions perçues, aura sans doute créé un biais expérimental, mais aura rendu possible l'amélioration de la prise de parole pour ces élèves. Il aurait été erroné de les laisser seuls gérer l'enchaînement des discours. La deuxième session d'autonomie a été complexe pour beaucoup, ne sachant absolument pas formuler des choix en fonction de difficultés qu'ils n'arrivaient pas à mesurer. Durant toutes ces phases d'échanges, l'enseignante coordonnatrice de l'ULIS a joué un rôle

considérable. C'était une présence rassurante dans l'expérience et elle intervenait quand le dialogue ne passait pas bien. Elle apportait à l'élève la garantie que cette expérience ne serait pas traumatisante.

Nous n'avons pas réalisé de questionnaire sur leur perception de l'immersion psychologique ou du sentiment de présence sociale, telle que définie par Lee (2004) : « état psychologique par lequel les acteurs sociaux (para-authentiques ou artificiels) virtuels sont considérés comme des acteurs sociaux réels, de manière sensorielle ou non. ». Pour la clarté de l'exposé nous utiliserons par la suite le terme de présence, dans son sens large, pour désigner cet état psychologique.

De nombreuses remarques spontanées ont montré que, très rapidement, les élèves répondent à ce sentiment de présence de la réalité virtuelle. Lors de la visite de New York, plusieurs nous ont mentionné le regard dur d'un passant, en se demandant « ce que cette personne leur voulait ». Malgré nos rappels rassurants pour confirmer que le public ne pouvait interagir avec eux, certains nous ont affirmé que leurs auditeurs hochaient la tête uniquement quand ils prenaient la parole, et qu'ils le vivaient comme une approbation. Certaines poses de personnages les ont dérangés, comme une femme debout à prendre des notes. Ils nous ont demandé ce qu'elle avait bien pu écrire sur leur discours. Une grande majorité ont salué la bienveillance et la gentillesse apparentes de ces personnages, qui les aidaient à prendre la parole. C'est un élément important à considérer dans le choix des situations virtuelles. Un des élèves avait un rapport particulier à l'imaginaire. Il était persuadé que tout ce qu'il voyait à la télévision existait forcément quelque part. Pour lui le château de Poudlard (Harry Potter) existait vraiment. Il nous a fallu minimiser la présence, en lui précisant fortement que tout ce qu'il allait voir était virtuel, et basé uniquement sur des personnages filmés. Nous avons déconstruit l'immersion pour éviter un traumatisme.

De cette première étape expérimentale, nous retenons un enseignement important : la difficulté pour des élèves ULIS de verbaliser une anxiété et d'en donner une mesure. Nous avons pu développer ce propos avec l'aide d'une psychologue clinicienne, à orientation psychanalytique (A. Hulin, communication personnelle, 10 mai 2022), qui nous a indiqué combien une thérapie ne pouvait fonctionner sans l'engagement total du patient. Un patient contraint ne peut espérer une guérison. Or les deux expériences qui nous ont servi de cadre de référence, et plus généralement les études psychologiques, font appel à des volontaires. Les étudiants anglais de Premkumar *et al.* ont été choisis sur la base d'un stress mesuré, face à

une prise de parole en public, mais sans qu'aucun d'eux ne soit diagnostiqué comme TFC. C'était un préalable. Les chercheurs travaillaient donc avec un public nourri d'un vrai désir de perfectionnement. La VRET permettait à ces étudiants de mieux préparer leurs futurs oraux d'examens. Daniels *et al.* (2020) mettaient d'ailleurs en garde les chercheurs face à une auto-évaluation biaisée par un désir de se perfectionner.

Peut-on considérer qu'un élève en inclusion scolaire, souffrant de troubles des fonctions cognitives, présente le même engagement, la même volonté à progresser ? Nous avons questionné quelques-uns d'entre eux sur la perception de leur handicap, et la conscience qu'ils avaient d'avoir des troubles de la prise de parole en public. Rares ont été ceux qui pouvaient affirmer clairement avoir des progrès à réaliser. La majorité se contentait de réponses évasives, voire de surprises. Ils nous ont semblé vivre avec leur handicap comme une part d'eux-mêmes, sans chercher ni à l'effacer ni à l'améliorer. Cette difficulté à évaluer leur handicap se retrouve dans la mise en œuvre laborieuse du questionnaire SATI. Au-delà des difficultés langagières, les élèves étaient surpris que nous puissions considérer qu'ils pouvaient être dans les états décrits dans le questionnaire, au moment de prendre la parole. C'est un questionnement sur eux-mêmes qu'ils n'avaient jamais fait. La professeure coordonnatrice nous indiquait les mêmes problématiques, au moment de l'inscription en ULIS, de reconnaissance du handicap, tant par l'élève que par les parents, avec une tentation de déni pour des troubles plus profonds (autisme).

Nous avons pris conscience, au regard de ces premiers résultats et observations, de facteurs intervenant dans l'étude et qui pourraient expliquer l'absence d'évolution ou la contradiction de certaines mesures, entre autres au travers de l'hétérogénéité du groupe. Pour ce faire il nous fallait connaître davantage le public expérimental et ses spécificités. C'est l'objet de notre deuxième partie.

2^e partie : spécificités des élèves TFC

Comme conclu précédemment, l'hybridation des deux approches, thérapeutique et d'apprentissage, a donné des résultats mitigés. Les élèves à troubles des fonctions cognitives ne sont ni exclusivement des patients, ni des lycéens répondant à des standards d'apprentissage. Dans la première partie, orientée données quantitatives, nous avons occulté les spécificités individuelles au profit d'un groupe considéré homogène, dans la ligne des démarches expérimentales. L'analyse ACP a montré l'absence de cette homogénéité supposée. Cette deuxième partie va explorer les particularités de chaque enfant pour expliciter la diversité des résultats. Mais dans cette approche qualitative, il nous est nécessaire de comprendre en amont les mécanismes cognitifs de la prise de parole. À cette fin nous allons faire appel à l'éclairage des sciences cognitives, via une revue de littérature. À la suite de cette présentation, nous pourrions croiser la connaissance des mécanismes fondamentaux avec le retour verbal des élèves et les descriptions de leurs handicaps qui nous ont été rapportées. Au terme de cette partie nous serons alors à même de formuler un protocole approprié, qui maximiserait l'efficacité de la VR.

Notre point de départ est la définition d'une ULIS telle que mentionnée par l'Éducation nationale : une structure prenant en charge des élèves TFC.

A. L'élève TFC

Si les TFC correspondent à des dysfonctionnements des fonctions cognitives, il convient de différencier troubles et difficultés. Ces dernières sont généralement temporaires et se corrigent avec la multiplication d'exercices de pratique, contrairement aux troubles qui sont persistants et permanents. L'approche de réponse à intervention (Fuchs & Fuchs, 2006), auprès d'élèves en difficultés, va permettre cette distinction. Selon une approche pyramidale à trois niveaux, l'élève va être suivi et dépisté avec une intensification des interventions. Si celles-ci n'aboutissent pas, une cause cognitive pourra alors être évoquée. Cette approche de Fuchs illustre la frontière poreuse entre pédagogie par apprentissage et thérapie par soin cognitif.

Il convient d'être prudent avec le regroupement sémantique de la terminologie TFC. La diversité de ces fonctions est telle qu'il est nécessaire de différencier chacune d'elles. Comme le rappelle Vincent Des Portes (2019) cette appellation « regroupe un champ beaucoup plus large que les troubles du développement intellectuel » (p. 1). L'Éducation nationale, bien qu'utilisant cette terminologie globale, l'a déclinée sous de nombreuses spécificités. Ainsi le bulletin officiel n°28 du 15 juillet 2010 a tenu à clarifier les besoins des élèves et en a établi une cartographie en dressant une classification des handicaps (cité dans Lacaille, 2012, p. 21) :

- Troubles des fonctions cognitives dont les troubles spécifiques du langage écrit et de la parole
- Troubles envahissants du développement dont l'autisme
- Troubles des fonctions motrices dont les troubles dyspraxiques
- Troubles de la fonction auditive
- Troubles de la fonction visuelle
- Troubles multiples associés, conséquences de pluri-handicap ou de maladie invalidante

Cette classification surprend car elle semble différencier les fonctions cognitives des fonctions motrices ou sensorielles. Le même bulletin rappelle que l'ULIS a pour vocation de répondre à l'ensemble de ces handicaps. L'école propose une double approche : globale et détaillée. Les élèves que nous décrivons couvrent ce spectre de troubles jusqu'à l'autisme. Pour la suite de l'exposé nous conserverons ce terme de TFC pour recouvrir l'ensemble des handicaps, malgré cette différenciation. Pour bon nombre d'auteurs des instances éducatives, les fonctions cognitives des élèves intègrent non seulement les fonctions de haut niveau, dites exécutives, mais aussi le langage, les savoir-faire, la reconnaissance visuelle, les mémoires et l'attention, voire les gnosies et les praxies. D'autres appellent à différencier les troubles cognitifs spécifiques (troubles des apprentissages) des troubles globaux des fonctions cognitives (déficience intellectuelle). L'expression « fonctions cognitives » et ses troubles associés ont ainsi plusieurs significations. Les fonctions exécutives sont parfois différenciées des fonctions cognitives ayant trait à l'efficacité des opérations mentales. Sur la base de cette distinction, Diamond (2013) classe l'attention dans cette dernière catégorie, quand d'autres la considèrent comme une fonction cognitive. La sémantique de ces fonctions et des troubles associés reste donc ouverte et nous la prendrons dans son sens le plus large.

À titre d'illustration voici quelques difficultés typiques rencontrées par des élèves souffrant de TFC, des difficultés impactant la prise de parole en public :

- Organiser sa pensée
- Établir des liens de causalité
- Gérer ses actions
- Mémoriser des informations
- Fixer son attention
- S'exprimer et communiquer facilement

- Anticiper et planifier
- Prendre en compte le contexte
- Agir aisément face à une situation donnée
- S'adapter à des changements

B. Mécanismes cognitifs

Qu'entend-on par fonction cognitive ? La littérature est abondante quant à la connaissance des procédés cérébraux des fonctions d'apprentissage. Il n'est pas question ici de rappeler l'intégralité des savoirs, mais simplement d'en dresser les grandes lignes.

1. Les fonctions cognitives

Schématiquement, les fonctions cognitives nécessaires à l'apprentissage se regroupent en quatre familles : les fonctions spécifiques, les capacités attentionnelles, les capacités mnésiques et les fonctions exécutives (Miri, 2020, p. 55).

La première famille intègre le langage ainsi que les praxies, les capacités visuo-perceptives et visuo-spatiales, les gnosies. Le langage est identifié par cinq types de représentations mentales : phonétique et phonologie, morphologie, syntaxe, sémantique, pragmatique. Le langage active des aires cérébrales qui coopèrent entre elles : hémisphère gauche, aire temporale supérieure (perception), pariétale inférieure et régions frontales inférieures (moteur de la parole) (Miri, 2020, p. 59).

Les capacités attentionnelles jouent le rôle de filtre des informations du monde extérieur, et permettent de sélectionner les données utiles pour un objectif précis. Selon le modèle de Dehaene (2018) l'attention est le premier pilier de l'apprentissage.

Les capacités mnésiques sont un système complexe de mémoires spécialisées, communiquant entre elles. Le principe de mémorisation se fait en trois étapes : l'encodage, le stockage et le rappel. La durée est un facteur de classement des types de mémoire. La mémoire immédiate ou sensorielle retient les informations de notre environnement. Il existe une unité de mesure de la mémoire à court terme : le schunk. Le schunk est un groupe de base, composé d'un mot, d'une phrase ou d'une proposition (Rossi, 2014). La capacité de la mémoire à court terme est limitée à sept (plus ou moins deux) schunks.

La mémoire de travail retient les informations pour un temps court, le temps d'une opération exécutée en simultané. C'est elle qui est impliquée dans des tâches cognitives complexes comme le langage oral. La mémoire à long terme est celle des souvenirs, du stockage

de l'information sur des durées importantes. L'étape de rappel sollicite la mémoire à long terme alors que l'encodage et le stockage travaillent initialement sur du court terme. La capacité attentionnelle a un effet direct sur la mémoire immédiate. Les fonctions cognitives reposent sur des interactions massives entre ces capacités.

La mémoire à long terme est découpée en mémoire déclarative (explicite) et la mémoire procédurale (implicite). La mémoire déclarative se découpe en une part sémantique (les connaissances) et une part épisodique (événements) alors que la mémoire procédurale est celle des automatismes (savoir-faire et conditionnement).

Enfin la dernière famille des fonctions cognitives regroupe celles de plus haut niveau, qui ont un rôle de coordination des différentes fonctions. « Les fonctions exécutives [sont définies] comme l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts. » (Chevalier, 2010, p. 149). C'est un système de supervision capital dans un processus de raisonnement, d'organisation de la pensée, de confrontation à des situations nouvelles ... Observer les élèves ULIS permet de détecter un éventuel dysfonctionnement de cette supervision car « la perturbation des fonctions exécutives peut se révéler par des manifestations comportementales ou socio-émotionnelles telles que le défaut d'initiative, l'indifférence, les difficultés d'empathie, d'adaptation à l'autre et à l'environnement" (Miri, 2020, p. 89). Leurs difficultés de mémorisation, de récupération de l'information, de raisonnement, leur défaut d'attention ou leur limite d'abstraction sont autant de conséquences d'un dysfonctionnement des fonctions exécutives. Parmi les composantes de ces fonctions on trouve l'inhibition des distracteurs, la planification, la mise en place de stratégies, la concentration.

2. Cerveau et apprentissage

Miri insiste sur la difficulté et le risque du recours aux neurosciences pour expliquer tous les processus d'apprentissage. Elle s'inquiète de certaines démarches ou protocoles labellisés neurosciences, qui ont une vision très réductrice de la relation enseignant-élève, la dépouillant de sa complexité et sa richesse. Elle préfère parler de suggestion de concepts ou de compétences à cibler plutôt qu'un transfert des connaissances neurologiques (2020, p. 191).

Fort de cet avertissement nous reprendrons quelques grandes lignes du livre de Dehaene (2018). Contrairement à la vision de Piaget qui pensait que l'enfant ignorait le concept de nombres ou la permanence des objets, les neurosciences proposent aujourd'hui la théorie d'un cerveau statisticien. Le bébé posséderait tous les mécanismes pour réaliser des inférences

probabilistes. Citant Bachelard dans « La philosophie du non » (Bachelard, 2012) Dehaene rappelle que « l'enfant naît avec un cerveau inachevé et non pas, comme le postulat de l'ancienne pédagogie l'affirmait, avec un cerveau inoccupé » (Dehaene, p. 114). Cette vision du cerveau propose une alternative entre le tout inné et le tout acquis. « Telle est la nouvelle vision du cerveau : un immense modèle génératif, massivement structuré, capable d'imaginer des myriades de règles et de structures hypothétiques, d'halluciner d'immenses espaces de pensées – mais qui se contraint progressivement à ne produire que celles qui s'ajustent à la réalité » (Dehaene, 2018, p. 86). Dans le domaine du langage, Rossi (2014) opte pour une capacité de catégorisation, plutôt qu'un pouvoir d'abstraction. Le réseau neuronal serait capable de classer des stimuli, une propriété fondamentale pour l'apprentissage de la parole. Le cerveau considérerait comme équivalents des objets ayant des propriétés similaires.

C'est sur cette vision que Dehaene (2018) propose sa théorie des quatre piliers de l'apprentissage, largement reprise dans la littérature (Dehaene, p. 207). Ces piliers représentant quatre fonctions majeures pour l'analyse de notre environnement correspondent à : l'attention, l'engagement actif (curiosité), le retour sur erreur (comparaison entre prédiction et réalité) et la consolidation (passage en mémoire à long terme). L'apprentissage se fait selon deux modes, qui doivent fonctionner en compromis : actif et réceptif (Dehaene, p. 240). Le premier met à l'épreuve du réel des hypothèses, quand le second se limite à recevoir les informations d'autrui.

Dehaene insiste sur l'erreur consistant à confondre l'engagement avec les pédagogies constructivistes ou de découverte (Dehaene, p. 247). L'autonomie totale d'un apprenant est un obstacle à une connaissance des concepts les plus profonds. S'il rappelle Aristote dans sa conviction que « l'homme a naturellement passion de connaître » (Dehaene, p. 250), il ajoute que l'apprenant se détourne des stimuli trop complexes, pour ce qu'il estime être en mesure d'apprendre (faculté métacognitive). Un enseignant se doit de redonner le goût d'apprendre à un enfant découragé ou en difficulté.

Le retour sur erreur serait une condition nécessaire à l'apprentissage. « Le cerveau n'apprend que s'il perçoit un décalage entre ce qu'il prédit et ce qu'il reçoit. » (Dehaene, p. 267) Il y a anticipation du cerveau sur les entrées d'information attendues, et correction selon la différence. « Apprendre c'est réduire l'imprévisible. » (Dehaene, p. 269)

Citons, entre autres, ses recommandations sur l'espacement des apprentissages pour multiplier notre capacité de mémorisation, couplé au poids de la répétition. Karaki (2021) insiste, par exemple, sur l'importance de pratiquer la prise de parole afin de l'automatiser, en

utilisant la plasticité cérébrale. Les expériences modifient notre structure neuronale selon la loi de Hebb : deux neurones activés en même temps renforcent les cellules qui s'activent ensemble, se connectent ensemble. Ainsi l'activation de l'une des cellules engendrera l'activation des autres.

Le dernier pilier d'apprentissage, la consolidation, consiste, via des périodes de sommeil, à transférer des traitements appris en automatismes pour libérer les capacités cérébrales. Le sommeil profond alimenterait la mémoire sémantique alors que le sommeil paradoxal renforcerait la mémoire procédurale.

Concernant les spécificités de l'apprentissage du langage, il convient de rappeler le cas du bilinguisme. Certains élèves qui ont pris part à notre expérience étaient d'origine étrangère ou bien issus d'un milieu familial où le créole était la langue utilisée au quotidien. Leur manque d'aisance, dans l'utilisation de la langue française, est un élément explicatif de leurs difficultés à parler en public. Néanmoins une étude menée par Genesee et Delcenserie (2016) sur le mythe du bilinguisme chez l'enfant, conclut que des enfants présentant des troubles spécifiques du langage « peuvent acquérir des compétences fonctionnelles dans deux langues en même temps, mais dans la limite de leur déficit » (Genesee & Delcenserie, 2016, p. 119). Les auteurs concluent que, raisonnablement, la condition d'acquisition d'une langue étrangère soit celle d'une exposition minimale (40%), continue et régulière. Un propos qui rejoint celui de Dehaene quant au rôle de la répétition et qui nous amènera à nuancer l'impact d'une langue non maternelle dans une expérimentation VR.

C. Relecture qualitative

À l'appui de ces descriptions, nous allons parcourir le récit de l'expérience VR pour mesurer les impacts positifs et négatifs de cette particularité TFC. Quels sont les éléments ayant joué un rôle favorable et ceux qui, au contraire, ont été des obstacles à une progression ? Nous citerons des exemples de récits d'expérimentation, doublés des résultats et des données personnelles qui nous ont été confiées, pour éclairer les propos majeurs.

Les treize prénoms qui suivent sont des prénoms d'emprunt, afin de respecter l'anonymat des élèves tout en conservant une écriture plus vivante.

1. Volontaires ou résistants ?

Comme évoqué *supra*, l'engagement est un pilier de la réussite de l'apprentissage. Les élèves ULIS sont-ils volontaires pour un apprentissage par la VR ? Les élèves ont offert une double approche. D'un côté nous avons constaté une résistance à se lancer et de l'autre une envie de bien faire. La résistance trouve son origine dans la dévalorisation de l'élève de son estime de soi. Il souffre d'échecs à répétition qui lui rappellent son incompetence. Il va fuir la nouveauté. L'imprévu est une source d'angoisse.

Nous avons établi, avec la coordonnatrice ULIS, un protocole de présentation de l'expérience. Les élèves avaient été mis au courant en amont. Le jour de la découverte de la VR nous attendions à l'extérieur du local qu'on nous fasse signe d'entrer. Nous ne devions pas troubler l'ordre établi dans le local dédié à l'ULIS, en nous asseyant à des emplacements que les élèves se réservaient, le tout pour ne pas perturber les règles et habitudes. Malgré ces précautions d'approche et d'introduction, certains résistèrent fortement à la 1^e session, très rarement à la 2^{de}.

Léo, par son attitude, affichait un désintérêt apparent à tout exercice. Entre deux discours il s'allongeait sur la table, comme pour dormir, avec un rythme cardiaque qui s'effondrait instantanément (passage de 88 bpm à 54). En cours il lui arrivait fréquemment de s'endormir. Léo refusa d'abord de mettre la montre à son bras. Ses réponses se faisaient par un seul mot, jamais de phrases. Son contact visuel variait entre 4 et 6, sa fluence verbale ne dépassait pas 45 mots/min et son volume de voix était en moyenne de 51%. Ne sachant que très peu lire (origine étrangère), il déchiffrait les mots par similitude, et ne savait pas régler sa communication. Il pouvait être brutal dans ses réponses, tutoyer des enseignants ou poser des questions familières. Or Léo changea complètement d'attitude lors de la 2^e session. Tous les indicateurs repartirent à la hausse. Il présentait beaucoup moins de stress cardiaque (moyenne de 63 contre 86 bpm). Son contact visuel avait atteint les valeurs les plus hautes (7 et 9). Sa fluence verbale avait commencé à 77 mots/min pour progresser jusqu'à 95 et son volume de voix était passé en moyenne à 87%. La résistance initiale était dépassée car Léo connaissait les enjeux.

Hugo, lui, refusa le casque, de peur de paraître ridicule, alors que paradoxalement il venait d'affirmer qu'il en achèterait bien un pour lui. Après avoir accepté de le porter, Hugo prétextait qu'il voyait flou, car nous avions évoqué un réglage possible des lentilles. Nous sentions Hugo

à la limite de l'énerverment, attitude qu'il prenait en classe en cas d'inconfort ou quand il se sentait non respecté. Contrairement à Léo, cette résistance se prolongea sur la deuxième session.

Dans leur rapport à l'accompagnement par les AESH, les élèves ULIS ont des attitudes similaires. Ils peuvent le refuser dans un premier temps, comme le fit Gabriel qui n'assumait pas son statut et qui au fil du temps devint demandeur.

Dans cette estime de soi affaiblie, le déni trouve toute sa place. Il est compliqué pour un enfant ULIS de reconnaître et verbaliser son handicap. Une des difficultés de l'inclusion scolaire réside dans le regard des autres élèves de la classe. De peur d'être vu travaillant dans le local ULIS, Léo, tout comme Adam, nous demandait souvent de fermer la porte, à peine entrouverte, et de tirer les rideaux de la salle, deux élèves qui donnaient une fausse impression d'apathie et qui cachaient probablement une anxiété intérieure.

Cette résistance passée, l'engagement peut alors être total. L'élève ULIS est un enfant qui aime bien faire, pour faire plaisir à ses accompagnants (AESH, enseignants). Le retour positif de satisfaction lui permet de se valoriser. *A contrario*, une spirale de découragement peut se mettre en place, car l'enfant TFC a la conscience de décevoir enseignants et parents, d'où son attitude parfois colérique, une frustration que les enseignants peinent à comprendre. Le stress en classe irait jusqu'à altérer l'hippocampe, siège de l'apprentissage et de la mémoire. Le volume de certaines structures cérébrales s'en trouveraient amoindri (Miri, 2020, p. 219).

Raphaël nous avait été décrit comme un enfant souvent absent, qui se démobilitait vite, que les parents ne suivaient pas, un enfant qui n'articulait pas bien et qui n'aimait pas être seul. Nous retrouvions là les symptômes typiques des enfants TFC. Pourtant Raphaël se prit au jeu et suivit parfaitement nos consignes. Les six discours furent source d'amélioration. Son contact visuel passa de 4 à 7 (3 premiers discours) puis de 7 à 9. Il démarra avec une fluence verbale à 56 mots/min pour finir à 98 au 6^e discours. Son implication dans l'exercice était telle que son cœur resta à 116 battements/min sur les 3 premiers discours. Nous avons même rajouté une consigne qu'il respecta scrupuleusement. Le casque permettait d'enregistrer, pour le contact visuel, la répartition gauche-droite de la salle. Beaucoup d'élèves ne parvenaient pas à balayer du regard l'assemblée, et l'on obtenait rapidement des valeurs de type 90%-10%. Sur cette indication Raphaël parvint à rééquilibrer son regard, sur la base de notre unique demande.

Raphaël était l'exemple type d'engagement spontané, par volonté de bien faire. D'autres facteurs peuvent aider l'apprenant. Le contexte ou le thème du discours peuvent, par exemple, suffire à déclencher l'implication. Ils doivent être choisis en conséquence.

Gabriel était un passionné de football. L'épreuve de la conférence de presse a été reconnue compliquée, car la scène possédait des facteurs anxiogènes : les avatars étaient relativement proches, les visages étaient fermés, des accessoires perturbaient (caméras, flashes...). Or ce fut l'épreuve que Gabriel réussit le mieux. Le sujet était libre et le décor le projeta tout de suite dans une conférence d'après match de football. Il s'incarna dans la peau d'un joueur commentant le résultat du match. Son débit de parole augmenta considérablement, par rapport aux cinq autres discours, passant de 40 mots/minute à 104. Son volume de voix suivit passant de 34%, lors du discours précédent, à 59%.

Les facteurs d'implication peuvent être multiples et à l'initiative de l'élève. L'expérimentation s'est déroulée parfois avec deux ou trois élèves présents. Jules s'était mis au défi de faire aussi bien que son ami qui passait avec lui, en comparant son score de contact visuel. Il ne tenait pas à paraître en retrait, au point de fausser l'indicateur SUDS en s'octroyant une valeur à 2 sur les trois premiers discours, alors que son cœur battait à 95 bpm. Une motivation particulière qui l'amena à progresser dans le contact visuel (de 3 à 8). Cette implication se retrouvait dans son quotidien scolaire, puisque Jules était décrit comme un élève appliqué, ayant des cahiers toujours propres et qui se souciait exclusivement de la forme, par incompréhension du fond. Le passage de groupe n'est donc pas forcément une solution à écarter.

Néanmoins des élèves n'ont pu dépasser leurs facteurs de blocage et sont restés dans un repli prudent. D'autres, bien que volontaires, n'ont pu progresser. Le spectre des troubles peut être large, il convient de prendre en compte leur profondeur. Certains blocages cognitifs ne peuvent être traités par une simple activité d'apprentissage.

Alors que Noah comprenait parfaitement les instructions écrites, le passage à l'oralité restait un obstacle quasi insurmontable. En début d'année il était tétanisé car il ne connaissait personne. Ce n'étaient pas seulement des difficultés d'élocution (Noah avalait ses mots) mais des troubles cognitifs (fonctions exécutives) qui l'empêchaient de rassembler des idées sur des sujets les plus simples. Il nous avait été présenté comme ne pouvant faire des phrases que sur des sujets où il était à l'aise. Il portait un maillot du PSG, qu'il venait d'acheter la veille. Il ne put jamais nous dire où il l'avait acheté, nous dire un seul mot sur cette équipe de football dont il regardait les matchs, ni citer un seul nom de joueur. Lors d'un blocage logiciel du casque, il nous montrait du doigt, sans un seul mot, des zones qu'il voyait (nous n'avions pas de retour d'écran) en espérant que nous comprendrions. Une enseignante d'anglais bienveillante avait

pourtant réussi à le faire participer à force d'attentions. Dans ces conditions extrêmes, il était illusoire d'obtenir des résultats avec Noah qui n'obtint que les plus basses valeurs pour les trois indicateurs et sans aucune évolution. L'utilisation de la VR ne peut répondre à tous les élèves TFC.

L'angle d'analyse via les neurosciences ne doit pas faire oublier les composantes psychologiques de tout apprenant. Miri rappelle que « les troubles d'apprentissage vont s'entrecroiser avec d'autres aspects de l'identité sociale de l'enfant » (2020, p. 208). Il convient d'avoir une vision globale de l'apprenant, sans se limiter à l'angle rééducatif ou pédagogique. Les conditions expérimentales ou pédagogiques, en particulier l'état d'esprit de l'élève le jour de l'immersion, sont des facteurs de réussite importants pour des élèves TFC et qui doivent être pris en compte, sous peine de fausser la lecture des résultats.

L'état d'esprit de Gabriel changea radicalement entre deux sessions. Il avait eu des propos très sombres lors de son premier passage, évoquant « sa vie pourrie », « les profs plus bas que terre », une école qu'il n'aimait pas du tout, jusqu'à s'oublier complètement par l'effet de la présence virtuelle. L'empathie du public, qui ne le jugeait pas, a sans doute joué un rôle déclencheur dans cette prise de parole intime, qui dépassait très largement la seule prise de parole en public. Son attitude bascula diamétralement lors du deuxième passage, avec des propos uniquement positifs « tout va bien dans ma famille et à l'école », « je me sens bien ». Comment, dans ces conditions, comparer les deux sessions et postuler à une évolution positive ?

Nous avons évoqué le cas de Léo qui avait changé radicalement d'attitude entre la 1^{re} et la 2^e session. Tout comme pour Gabriel, nous n'excluons pas l'intervention de facteurs extérieurs. La première session s'était faite un lundi matin de retour de week-end. De bonnes nouvelles avaient pu précéder la 2^e session le rendant euphorique, la répétition de l'expérience l'avait rassuré ... À notre interrogation, Léo n'a pu le verbaliser. Les élèves ULIS auront toujours du mal à éclairer les contextes expérimentaux.

Parmi les acteurs extérieurs à l'enfant, les parents jouent un rôle prépondérant. Ils peuvent souffrir du handicap de leur enfant au point de le croire, par découragement, totalement incapable. Certains parents peuvent aller jusqu'au déni ou rejet de l'enfant. *A contrario* d'autres persévèrent dans la bienveillance et la revalorisation. Or « le sentiment d'efficacité personnelle est l'un des principaux moteurs du développement psychologique de l'enfant » (Miri, 2020, p. 207). On mesure ainsi l'impact parental sur la construction d'une estime de soi et l'amélioration des processus d'apprentissage.

Dans ce constat d'influences extérieures et d'identité psychique, les neurosciences se sont ouvertes à des champs de recherche qui dépassent le simple cadre cérébral. On parle aujourd'hui de neurosciences affectives et sociales. À ce titre, l'émotion a été intégrée comme un élément déterminant du développement de l'intelligence. Les fonctions exécutives font l'objet d'études qui mettent en évidence l'interaction entre émotion et cognition. Pour Miyake *et al.* (2000) il y aurait égale répartition entre émotion et raison lors d'une prise de décision, élément central des fonctions exécutives. La décision ne se limite pas à un processus cognitif, mais fait appel à l'émotion, dans le rappel des souvenirs et l'anticipation du résultat futur. Dans la même ligne, la mémoire et ses performances seraient très impactées par l'émotion. Or les élèves TFC ont une sensibilité et une émotivité qui peuvent être à fleur de peau. Une bonne gestion de cette qualité peut favoriser l'apprentissage.

2. Encadrement et consignes.

Quand l'engagement est acquis, l'élève ULIS doit être accompagné par des consignes simples et clarifiant l'objectif à atteindre. Les enfants TFC ont besoin d'un sens marqué lié à l'apprentissage. Pour les élèves présentant des troubles du déficit de l'attention, la clarté des instructions, l'adéquation des tâches, la gestion de la réussite, de la persévérance et l'opportunité de différer une tâche ou d'offrir un moment de pause sont des facteurs de réussite dans les apprentissages scolaires (Bader, 2016).

Maël était l'exemple de l'enfant qui avait besoin de consignes claires et de maîtrise d'un sujet pour s'exprimer pleinement. Alors qu'il manquait d'estime de soi et se croyait souvent incompetent, au point de refuser de venir au lycée en début d'année, il fut capable de présenter l'établissement et son atelier devant un groupe de dix collégiens et trois adultes. Maël était très soucieux des règles et appréhendait les modifications de programmation, comme le changement d'un lieu de stage. Il était demandeur de l'aide ULIS alors que les enseignants le considéraient compétent et l'appréciaient comme tel. Nous avons donc pris un temps important pour lui expliquer l'objectif de ce test de prise de parole, en évitant les termes d'expérimentation, au profit d'exercices qui lui seraient bénéfiques. Bien encadré, Maël profita pleinement de la VR en s'y impliquant massivement. Ce fut un des meilleurs élèves. Son score de contact visuel monta jusqu'à 9 sur 10, sa fluence verbale passa de 30 mots par minute à 104, et son volume de voix de 50% à 81%. Les consignes et la mise en confiance fonctionnèrent parfaitement. Néanmoins nous nous sommes laissé surprendre par un excès d'instructions. Nous ne connaissions pas les limites mnésiques des élèves TFC. Cette abondance d'informations devint

un facteur de stress pour Maël, dont le rythme cardiaque augmenta pendant la phase de préparation : moyenne de 90 avec deux pics à plus de 100, alors que le cœur resta à 82 pendant les trois premiers discours. Si les consignes jouent un rôle primordial, leur contenu et leur dosage doivent être pensés avec justesse.

La répétition, autant des instructions que des exercices, peut être déterminante pour certains élèves TFC. Elle renforce la consolidation mnésique qui peut parfois être défaillante. Certains élèves TFC peuvent donner le sentiment d'oublier très vite. Parmi ses recommandations à destination des AESH, Dupré (2018, p. 73) rappelle que l'apprentissage se fera par répétition de situations maîtrisées avec une progression des variantes de contexte et qu'il est recommandé de partir du connu pour progresser vers de nouvelles notions. Les rappels des notions vues précédemment doivent être systématiques pour conduire à des automatismes.

Jules, du fait de sa lenteur à comprendre, exigeait dans ses apprentissages que les mêmes consignes lui soient redonnées plusieurs fois. Alors qu'il avait été très dynamique lors de la 1^e session, il ne fut que très peu présent à la seconde (volume de voix et fluence très basses). La coordonnatrice confirma qu'il n'était pas dans un bon jour. Lors de son choix de trois scènes, il fut le seul élève à préférer reprendre des exercices déjà pratiqués (salle de classe et bureau) qui lui offraient un cadre plus rassurant. Son implication était toujours aussi haute (même rythme cardiaque) et il sut garder une bonne performance de contact visuel (moyenne de 7). Ce besoin de répétition, préconisé par les neurosciences, se confirme, mais il est aussi à définir en fonction de l'état d'esprit de l'apprenant, qui pourra ou non le solliciter.

Il serait hâtif de conclure que les fonctions de mémorisation à long terme sont toujours faibles chez des enfants TFC. Il est vrai que ces élèves répondent parfaitement à des apprentissages ritualisés, et qu'ils sont d'excellents techniciens sur des tâches répétitives. Pourtant une mémoire de travail limitée n'est pas obligatoirement synonyme de faibles performances cognitives. Bray *et al.* (cité dans Büchel & Paour, 2005) ont montré qu'une déficience intellectuelle légère pouvait être compensée par des stratégies, comme le recours à une mémoire externe.

Liam, autiste, avait une passion, celle des films. Il lui fut extrêmement facile de construire des discours sur ce thème, alors qu'il était assez angoissé au départ. C'était un enfant qui ne parlait qu'à des personnes qu'il connaissait bien. Sa familiarité avec l'univers cinématographique fut source d'implication dans l'expérience. Il obtint les plus grands scores de contact visuel, 9 et 10, lorsqu'il parlait des films, alors qu'il se limitait à 3 quand il parlait

de son stage. Nous avons été impressionné par sa mémoire des noms de films et d'acteurs, tous référents d'une époque qui n'était pas la sienne, mais celle de sa mère qui lui avait transmis cette passion.

La question des consignes a été centrale dans l'expérience de Lindner *et al.* , puisqu'elle a montré qu'un patient en autonomie obtenait des résultats identiques, voire meilleurs, que ceux d'un patient encadré. Nous avons constaté que gérer un plan d'apprentissage ou une stratégie n'était pas possible pour un grand nombre d'élèves ULIS, par déficit des fonctions cognitives exécutives. L'absence de consignes est un handicap, même si tous ne sont pas dans l'incapacité à auto-organiser leur apprentissage.

La 2^e session était laissée en libre choix aux élèves, selon les principes de la thérapie en autonomie. Sur les 13 élèves, trois d'entre eux ont tout de même eu des choix qui nous ont semblé cohérents : Maël, Gabin et Adam (autiste). Il convient d'être prudent dans cette qualification de cohérence, qui n'est peut-être que le fruit du hasard ou répondant à d'autres critères que les nôtres. Néanmoins nous leur demandions non seulement de choisir trois scènes mais ensuite de les ordonner. Il y a donc bien eu un choix conscient, que certains n'ont d'ailleurs pas pu verbaliser.

Maël demanda ainsi à faire deux fois la scène conférence de type TED en ajoutant des perturbateurs sonores (téléphones qui sonnaient, personnages qui toussaient ...). Des élèves étaient même passés à proximité en hurlant pendant son discours. Maël les avait bien entendus mais sans pourtant être perturbé (fluence verbale en amélioration de 64 à 91). Il nous expliqua qu'enfant il était sujet à distraction, mais qu'on lui avait appris à se recentrer. Avait-il besoin d'être rassuré dans son acquisition de cette compétence ? Il n'a pu verbaliser cette recherche de difficulté, arguant même qu'il ne recherchait que la nouveauté. Pourtant il avait choisi de rejeter les scènes décrites comme les plus compliquées (commentaire d'images).

Gabin put verbaliser les points qui représentaient pour lui des éléments perturbants : un homme debout avec un café, une femme qui prenait des notes et le volume de la salle de conférence. Son choix de progression s'est porté sur la conférence de presse, l'entretien à questions ouvertes puis le discours improvisé sur des images. Sur une épreuve (entretien avec trois personnes) il a d'ailleurs augmenté son indicateur SUDS, seul élève à l'avoir fait. Gabin avait donc une capacité à s'analyser et à poser des choix d'exercices, bien que souffrant de troubles cognitifs (instabilité chronique).

Mais de bonnes consignes ne garantissent pas à elles-seules la réussite d'une immersion VR. Dans la continuité de la théorie des piliers de l'apprentissage, le défaut d'attention peut être un obstacle à corriger. Or il n'est pas obligatoirement synonyme de désintérêt et désigne la capacité à se concentrer sur une tâche ou à partager son attention entre plusieurs simultanément. La vision est un bon indicateur de cette attention et un outil d'aide à la concentration.

Nous avons évoqué Léo qui pouvait s'endormir en cours ou pendant l'expérience, tout en étant extrêmement sensible au monde qui l'entourait (exigence de fermer la porte). Un travail patient avec une enseignante volontaire améliora tout de même considérablement son attention et la qualité de son travail. Son regard flou qui ne captait rien devint plus posé. Sans ce travail préliminaire, l'expérience VR avec Léo aurait été nulle.

Pour arriver à une bonne prestation, Arthur avait besoin d'une concentration importante, et il se servait de sa vue. Comme il était passé de 10 à 4 en contact visuel, nous l'avons interrogé sur une éventuelle explication. Il nous confia qu'il était très concentré sur la première scène car elle était nouvelle, alors qu'il avait déjà pratiqué (session 2) les deux suivantes. Son relâchement correspondait non pas à une dégradation de performance, mais bien plus à une baisse de son stress. À un autre score faible, il se justifia par un regard fixé au plafond de la scène, pour chercher sa concentration. L'indicateur de contact visuel ne se suffit pas à lui-même et des éléments liés à la gestion d'une tâche cognitive peuvent biaiser le résultat.

Cette attention peut très vite être parasitée par des stimuli extérieurs. La fonction cognitive de sélection de l'information (capacité attentionnelle) joue un rôle important dans leur élimination. Or les enfants atteints de troubles autistiques ne parviennent pas à focaliser leur attention et faire abstraction de leur environnement.

Si certains élèves, comme Léo, rencontraient des difficultés à filtrer les bruits extérieurs, au point d'entendre tous les sons au même niveau, d'autres parvenaient à les différencier, mais sans pouvoir les annuler. Liam voulut tester les bruits de perturbation dans la salle de conférence. Son discours s'arrêtait à chaque fois et il n'était plus à même de reprendre la suite logique de son propos. Si pour tous, les perturbations sonores rendent difficiles la prise de parole en public, pour certains élèves TFC elles peuvent devenir des éléments bloquants.

A contrario, la VR peut aider un élève à canaliser ses émotions, par la présence, et le déconnecter d'un état psychologique perturbant l'apprentissage.

Louis était un garçon perçu comme timide lors de ses stages en entreprises. Il ne comprenait pas les consignes. Il souffrait d'un problème de canalisation de ses émotions. L'année précédente il ne venait que très rarement au lycée, et dans un état d'excitation où il parlait tout le temps, fonçait, ne parvenait jamais à se calmer. Lors d'un discours il évoquait sa propension à se battre tous les jours avec ses petits frères. La virtualisation fonctionna comme élément focalisateur de son attention. À aucun des six discours il ne montra un stress de quelque nature, puisque son rythme cardiaque resta dans l'intervalle de 81 à 87 bpm. Il s'engagea tout de suite dans une démarche volontaire de progression et atteignit très vite 8 dans son score de contact visuel. Son volume de voix suivit en passant de 67% à 78%. Nous étions surpris de le voir aussi engagé et à l'aise, alors qu'il nous avait été décrit comme instable. Nous avons voulu voir si cette excitation avait disparu d'une année à l'autre. Après expérimentation nous lui avons promis de passer sur un jeu, en l'occurrence un combat de boxe. Louis s'y engagea physiquement à un niveau tel que nous dûmes éloigner les autres élèves présents autour, pour éviter un coup. Louis donna tout ce qu'il put physiquement (transpiration, essoufflement), pour vaincre un adversaire particulièrement puissant. Sa tension interne était donc toujours bien d'actualité et la VR lui permit de la canaliser.

Gabin se caractérisait par une instabilité chronique. Il parlait énormément, changeait de sujet sans arrêt, devait être ramené continuellement à sa tâche, perdait son sac dans un bus, n'avait jamais d'affaires ni même de trousse, ne rendait pas ce qu'on lui prêtait, ne gérait pas ses poches, toujours dans le besoin de toucher un objet, abandonnait un stage sans donner de nouvelles. Son extrême instabilité rendait les tâches motrices difficiles ainsi que le raisonnement. Il écrivait très mal, avec plein de fautes et devait compter sur ses doigts. Pourtant Gabin était un élève très volontaire et sympathique, qui ne craignait pas de s'exprimer. Il obtint le plus haut score de fluence verbale (213) avec une moyenne de 108 lors de la 1^e session puis de 152 à la 2^e. L'exposition à la VR joua un rôle d'isolement et permit à Gabin de se focaliser sur une tâche, en éliminant les distracteurs environnementaux.

3. Le poids de l'image

Les élèves TFC, dans leur recherche de valorisation par le regard des autres, font preuve d'aptitudes visuelles importantes. Un apprentissage privilégié par des supports visuels en lieu et place d'objets abstraits, leur est recommandé (Dupré, 2018). La virtualisation rentre dans ce registre de la représentation visuelle et les élèves peuvent y naviguer avec une aisance surprenante.

Le logiciel VirtualSpeech considérait, comme nous-même, que la séquence d'un discours improvisé, sur des images défilant toutes les 30 secondes, restait une des épreuves les plus complexes. Cette scène invitait à imaginer une histoire ou à conceptualiser les objets affichés. Or Lucas et Hugo, qui ne firent que des prestations modestes lors de la première session, choisirent et réussirent cette séquence. Il leur semblait plus aisé de décrire une image que de construire un discours. Leur description restait dans les détails qu'ils voyaient (un fût de gasoil sur une plage, des citrouilles éclairées au fond d'une forêt, un téléphone...) sans qu'ils en cherchent un sens ou une métaphore. La classification de la difficulté des exercices doit prendre en compte ce confort que l'image procure aux élèves TFC.

La prudence est néanmoins de mise quant aux images qui pourraient être mal interprétées via une sensibilité accrue. L'élève ULIS confondra rapidement les images virtuelles avec le réel. Les réactions ont été nombreuses pour exprimer ce ressenti, avec un sentiment de présence en VR parfois surprenant.

Noah nous affirma que certains visages le regardaient plus que d'autres. Lucas se sentit agressé par un personnage New-Yorkais (phase de découverte de la VR). Hugo, impressionné par la foule, gardait un regard fixe, les yeux rivés uniquement à gauche de la salle (90% de déséquilibre).

Premkumar *et al.*, dans leur expérience, avaient introduit la quantité d'auditeurs comme facteur de stress. Liam, en tant qu'autiste, réagit en ce sens. Il se dit impressionné par la scène qui regroupait le plus de monde. À l'opposé Maël préféra, comme d'autres, les grandes scènes où la foule était plus éloignée. Ils avaient l'impression d'être moins dévisagés, que lors d'entretien en petit groupe avec une distance à l'interlocuteur assez faible. Si distance et foule sont des facteurs d'anxiété, il convient de les différencier d'un enfant à l'autre, selon leurs difficultés cognitives. L'un peut l'emporter sur l'autre et vice versa.

Le poids des regards des auditeurs a été un élément significatif dans cette expérience VR. Le logiciel VirtualSpeech a pris le parti d'éviter les avatars le plus souvent possible. Seule la scène de la conférence de presse incluait des personnages dessinés. D'autre part les visages filmés étaient tous souriants et hochaient la tête pendant la durée des discours pour mimer un acquiescement. Il n'y avait pas de possibilités de choisir des réactions hostiles, comme le préconisait l'expérience de Premkumar *et al.* Ce retour positif du public aura été un facteur prépondérant de l'engagement des élèves. Par confusion avec le réel, les élèves considérèrent que ces visages approbateurs étaient des éléments d'encouragement et de félicitation de leur

prestation. Pour des élèves ULIS, dans une communication parlée, l'empathie des interlocuteurs est un facteur facilitant l'apprentissage. Les AESH sont encouragées à toujours positiver le travail de l'élève quel que soit le résultat et à l'aider à gérer son impatience de la satisfaction immédiate (Dupré, 2018). Cet encouragement touche à la dimension explicite (via un accompagnant) du retour d'information (3^e pilier d'apprentissage).

Adam, qui avait un profil autistique, nous le verbalisa comme élément l'incitant à parler. Il se prit au jeu de cette sympathie virtuelle au point d'interroger la foule sur leur connaissance des mariages à la Réunion et de la nourriture locale. Il lui arriva d'inviter la foule à patienter pour lui permettre de rassembler ses idées avec des formulations du type « laissez-moi réfléchir ». La variation de sa fluence verbale fut l'une des meilleures des treize élèves, passant de 68 mots/minute à 108 sur la première session, puis de 71 à 103 sur la deuxième. L'immersion fonctionna si bien qu'il aurait aimé s'asseoir sur la chaise de la conférence de presse. Pourtant Adam était un élève ayant souffert au collège, qui ne s'intéressait qu'à très peu de choses en dehors d'une passion pour un voyage aux USA, dont le profil scolaire correspondait au pluri-handicap, car il cumulait à un handicap autistique des problèmes de santé et de motricité. Or pendant les deux sessions il fit preuve d'un enthousiasme important, se montrant très à l'aise et enjoué dans ses discours. Ce fut un des rares élèves qu'il fallut arrêter au bout de quatre minutes de prise de parole dans une scène. Il y eut un contraste important entre le profil qui nous en avait été fait et son expérience au casque.

Des études montrent que les autistes sont assez séduits par les solutions virtuelles, avec un grand champ d'applications dans la réalité augmentée (Khowaja *et al.* , 2020). Elles représentent pour eux un espace clos dont les interactions sont codifiées et perçues comme moins anxiogènes que les interactions réelles. L'adhésion peut être renforcée, comme pour le cas d'Adam, si l'on insiste sur l'empathie des interactions.

Mais cette empathie virtuelle n'a pas eu un effet uniquement sur les profils autistiques. Jules, tout comme Adam, avait souffert d'un enseignant l'ayant forcé à un passage au tableau alors qu'il n'aimait pas du tout prendre la parole en public, une expérience qu'il avait très mal vécue. Jules n'était pas autiste mais souffrait d'une lenteur à comprendre. Il n'était à l'aise qu'avec un petit groupe et en présence d'un professeur bienveillant. L'expérience de la VR fut vécue comme un jeu, et Jules s'imposa le défi de faire aussi bien que son camarade. Très vite il se sentit à l'aise dans cet espace virtuel, sans évoquer oralement la sympathie de ses auditeurs. Pourtant la présence fut aussi complète que celle d'Adam. Jules interrogea la foule avec la

question « comment vous sentez-vous ? » et salua son auditoire en fin de discours. Son score de contact visuel passa ainsi de 3 à 8 du 1^{er} au 3^e discours.

Ce constat expérimental a été immédiatement appliqué par le lycée, qui a demandé la présence d'une AESH aux côtés du jury lors des oraux. L'AESH n'intervenait pas, mais son seul visage familier et souriant a été vécu par les élèves comme un élément encourageant au passage des épreuves. Étrangement, des étudiantes de l'université où nous enseignons, ont formulé la même demande auprès d'une enseignante-chercheuse, en lui proposant de participer à leurs oraux, assise aux côtés du jury, une présence qu'elles décrivaient comme stimulante.

D. Les éléments expérimentaux

En résumant les éléments précédents, nous répondrons, dans cette partie, à notre recherche d'explications quant aux résultats mitigés de notre expérimentation. Certaines caractéristiques propres aux TFC ont joué un rôle favorable dans cette VRET, quand d'autres étaient bloquants. On comprend ainsi que des élèves aient été particulièrement performants dans cette expérience, quand d'autres ont eu des résultats faibles, voire nuls. La moyenne qui en a découlé a ainsi donné cet effet de positivité à l'expérience, sans être parfaitement établi.

1. Les facteurs favorables à la VR

Nous avons vu comment les élèves ULIS aimaient bien faire dans l'objectif de satisfaire leurs encadrants. Cet engagement n'allait pas forcément de soi car il était contrecarré par une anxiété forte, face à la nouveauté et la crainte d'échec. Mais un contexte ou un choix de thème approprié pouvait surpasser cet obstacle. Certains élèves ont parfaitement adhéré à la VR, quand d'autres restaient bloqués.

Les aptitudes visuelles fortes sont une qualité à exploiter. Elles ont permis une bonne réussite dans les scènes de photos à commenter. Cette sensibilité particulière est un facteur très favorable à la présence dans un milieu virtuel. Dans le cadre de la prise de parole, les élèves le perçoivent tout de suite et le poids des regards de l'auditoire en est démultiplié.

Le besoin de répétition a pu trouver un écho favorable dans la deuxième session en laissant la liberté à l'élève pour reproduire des discours et scènes déjà vécus. Reproduire une série d'exercices sur le même protocole est un facteur très favorable à la diminution du stress.

L'empathie de l'auditoire a été un facteur de réussite important et a sans doute eu un poids bien supérieur à celui qu'il aurait eu avec des élèves ordinaires.

2. Les facteurs défavorables

Certaines défaillances cognitives ont joué contre l'expérimentation.

Le déficit d'attention, doublé de capacités attentionnelles faibles, a rendu les exercices laborieux. Le moindre élément perturbateur, externe ou interne au logiciel, freinait l'élaboration d'un discours.

La résistance à la nouveauté, la peur d'une potentielle source d'échecs, l'obstacle d'une langue non maîtrisée ont ralenti l'engagement dans la mise en route des exercices. Cette résistance était parfois doublée d'un état psychologique d'abattement au moment de l'expérience. Les événements extérieurs et le poids familial rendent parfois impossible la réalisation d'un exercice.

Les défaillances mnésiques et les fonctions cognitives supérieures faibles sont autant de blocages à l'élaboration d'un discours qui se limitait parfois à des mots isolés.

Majoritairement les élèves ULIS ne sont pas à même de travailler en autonomie. L'auto-organisation de leur travail nécessite des fonctions cognitives bien établies. Ces élèves ont besoin de consignes claires et succinctes, ainsi que d'un encadrement de leur progression.

Certains troubles sont trop profonds pour être corrigés par une séance d'apprentissage, et les résultats ne peuvent être attendus. Ce type d'élève relève d'une thérapie cognitive.

Enfin, pour certains, des explications sur la technique de prise de parole étaient nécessaires pour espérer une amélioration. La dimension pédagogique de l'expérimentation était incontournable.

3. Rythme cardiaque et glossophobie

L'indicateur du rythme cardiaque est le seul indicateur qui peine à trouver une explication par les neurosciences. Alors que de nombreuses expériences s'en servent abondamment comme indicateur de stress, pour constater sa diminution, *a contrario*, aucun des 13 élèves n'a vu son rythme cardiaque diminuer. L'écart type pour chacun d'eux est compris entre 1.15 et 4.35 sur les trois premiers discours. Pour tous les candidats, nous avons une stabilité maximale avérée. Les quelques variations trouvées correspondent toutes à des facteurs émotionnels externes, parfois très éloignés de l'angoisse de prise de parole. Karaki (2021) nous éclaire quant à ce cœur qui s'emballé lors d'une glossophobie. Le cerveau ne fait pas de différence entre une exclusion sociale et un mal physique. Les zones cérébrales activées sont les mêmes. Si l'analyse

visuelle d'un environnement alerte le cerveau d'un danger potentiel, il va, dans une recherche d'efficience, concentrer toute son énergie dans les éléments nécessaires à la survie, en l'occurrence la fuite. Le cœur se met à battre pour transférer l'oxygène et le sucre dans les zones qui risquent d'être sollicitées. Il n'y a alors plus aucune ressource disponible pour la gestion d'un discours ou pour une empathie coûteuse. La prise de parole devient une affaire d'ego. Au temps des chasseurs-cueilleurs l'exclusion sociale était mortelle. Notre cerveau en possède les mêmes caractéristiques et la trace. Le regard de l'autre peut être synonyme de mort. La glossophobie a donc obligatoirement un impact sur le rythme cardiaque.

Nos élèves ULIS ne connaissent aucune variation de leur rythme cardiaque alors que des indicateurs de performance sont à la hausse, en particulier le contact visuel. Cette discordance nous invite à nous extraire d'un schéma classique d'anxiété de prise de parole. Leur stress existe bien, mais il ne semble pas exclusivement tourné vers l'assemblée qui les écoute, mais plutôt axé vers un souci de plaire à leur enseignant, en s'efforçant d'exécuter correctement la tâche demandée. Il est important de se questionner sur l'objet de la mesure : sommes-nous certains de mesurer une peur de prendre la parole ou une peur de mal faire ? L'anxiété des TFC pourrait bien être celle de l'échec répété, la peur d'affaiblir une estime de soi défaillante, qui passerait avant celle du jugement social. À ces hypothèses s'ajoute une question ouverte : peut-on craindre un handicap non conscientisé ?

E. Vers un protocole de mise en œuvre

Cette étude a montré que la singularité des apprenants exige une lecture individuelle des résultats. Les moyens à mettre en œuvre pour toute action pédagogique doivent se construire autour de ces spécificités. Dans cette partie nous ne cherchons pas à catégoriser les types d'élèves ULIS rencontrés, mais simplement à lister des points saillants à ne pas oublier. Avec un corpus de 13 élèves TFC il était impossible de définir un protocole exhaustif. Nous n'évoquerons que des pistes de réflexion.

La préparation

Comme dans toute action pédagogique, une expérimentation VR à l'école se doit de commencer par la connaissance des apprenants. Un usage généraliste de la VR ne pourra pas en tirer des profits optimums. L'enseignant ne peut se réduire à la classification administrative des élèves ULIS. Trop d'élèves sont multi handicaps et toutes ces difficultés vont interférer au cours de l'expérimentation. La coordonnatrice ULIS est sans doute la personne la plus à même d'en dresser un descriptif, car elle possède une vision pragmatique de l'élève, issue des retours

d'expériences en classe, racontées par les enseignants ou lors de conseils de classes, de la rencontre des parents, des résistances de l'élève à l'inclusion (absentéisme, rapport à l'espace ULIS dédié ...) et son évolution sur plusieurs années. Tous ces éléments sont des indicateurs du degré d'impact des troubles et de l'attitude de l'élève face à son handicap (fuite, déni, acceptation). Qu'un élève puisse formuler le besoin d'aide d'une AESH est par exemple un élément déterminant dans la conscience de soi et de son estime. Il serait très réducteur de se limiter à une vision administrative de l'élève et une catégorisation figée, telle que définie par des organismes en charge du handicap. Cette perception des troubles de l'élève est complexe à formuler car nécessairement subjective, et l'enseignant ou l'expérimentateur ne dispose pas nécessairement de compétences psychologiques pour dresser un bilan. Deux atouts peuvent néanmoins intervenir : la bienveillance et l'absence d'*a priori*. Par exemple, le statut d'élève étranger ou parlant une langue locale n'empêche pas l'acquisition de la langue française, à hauteur de pratique égale. Il serait trop rapide de prétendre que ce statut est l'objet de nombreux blocages. La bienveillance doit être comprise comme permettant le dialogue avec un élève TFC, qui pourra formuler, avec ses mots, ses facteurs de blocage et son estime de soi. Le récit est une forme importante de découverte des troubles, comme le pratiquent les thérapeutes.

Lorsque cette cartographie est dressée, l'enseignant pourra alors choisir les exercices les plus adaptés selon les profils d'élèves. Sur l'ensemble du groupe une présentation des objectifs doit précéder l'expérience ou la phase d'utilisation de la VR. Cette présentation a un double objectif : rassurer et obtenir l'adhésion. Nous savons que l'élève TFC est particulièrement anxieux vis-à-vis de la nouveauté, facteur d'échecs à répétition. Même présentée sous un aspect ludique, la VR pourra être perçue comme révélatrice d'une incompétence et faire l'objet de refus ou blocage. Échouer à un jeu ou à un exercice en classe peut être vécu de manière aussi intense. La technologie n'est pas suffisamment séductrice. Seul l'accompagnant pourra trouver les mots pour minimiser la charge émotionnelle (absence d'enjeu, base de volontariat, arrêt à tout moment ...). Il peut être intéressant de faire présenter par d'autres élèves ULIS l'usage du casque. Certains ont eu l'occasion d'y jouer. Leurs explications sont parfois laborieuses mais l'unique objectif est de montrer que cet objet n'est en rien menaçant. À l'appui de ce discours, l'étape préliminaire de découverte de la VR, via une activité neutre, est incontournable. Il faudra éviter les jeux, qui engendrent une compétition, ou les vidéos déclenchant la nausée (cybercinétose) ou le vertige. Cette étape ne sert pas de découverte technique, mais uniquement d'élément rassurant. Nous rappelons que l'excès de consignes est lui-même un facteur de stress.

Le dosage doit être précis et les répétitions ne doivent pas être écartées au profit d'un passage rapide vers le casque.

Si l'intervenant est étranger à la classe ULIS, un rituel de présentation doit être élaboré avec la coordonnatrice, comme nous avons pu l'évoquer (attente à l'extérieur, rappel une semaine avant, pas de bouleversement de l'organisation physique de la classe (chaise dédiée, table...)). Même si le local ULIS n'est pas approprié pour l'expérience, il devra être privilégié à tout autre environnement anxigène. De même la planification des passages est à calquer sur les horaires d'intervention ULIS. L'expérience est bien une activité scolaire et ne sort pas de ce cadre. Pour un enseignant, la transposition à sa salle de classe et sur des créneaux de cours est plus aisée. Avec des élèves ULIS, il convient de supprimer tous les facteurs de nouveauté (activité spéciale, dans d'autres espaces ou à d'autres horaires), propices à l'engagement pour des élèves sans troubles. La réflexion est à inverser.

Il n'est pas rare que les élèves ULIS se retrouvent par deux ou trois sur un même créneau horaire. Passer en même temps que d'autres peut être un frein ou un atout, selon l'enfant et ses troubles. Les autistes préféreront souvent la solitude expérimentale, quand d'autres se stimulent par le groupe. L'engagement dans l'activité peut s'appuyer sur un défi entre élèves. Mais l'enseignant ou l'expérimentateur devra trancher entre des initiatives personnelles des élèves ou une directive imposée. L'entraînement d'un petit groupe d'élèves qui se connaissent bien est aussi une aide à dépasser ses angoisses. La coordonnatrice confirmera la synergie de certains élèves.

L'activité

Selon la nature de l'activité d'apprentissage, des choix différents vont s'opérer. Nous nous limiterons à l'expérimentation de la prise de parole. Nous emprunterons l'approche mixte préconisée par cette étude : mêler une réflexion pédagogique à une démarche thérapeutique. Les élèves TFC doivent être considérés sous ces deux angles, mais sont à différencier individuellement. Le dosage entre les deux approches dépendra de chaque profil.

Comme dans toute démarche pédagogique, une explication des savoirs fondamentaux doit précéder une série d'exercices. Parler en public ne va pas de soi. Il existe des techniques ou des défauts récurrents dont il faut prendre conscience avant de se lancer. VirtualSpeech propose, à ses adhérents, une batterie d'exercices sous forme de tutos ou d'échanges avec un professionnel. Pratiquer ne suffit pas au seul perfectionnement. Le dosage de ces techniques dépend évidemment de chaque élève. Certains auront besoin d'être très accompagnés, y

compris dans la phase d'exercice avec un *feed-back* entre chaque scène. Attention néanmoins, dans le cadre d'une expérimentation, à ne pas fausser artificiellement les résultats par des consignes propices à l'amélioration immédiate des indicateurs. D'autres pourront se lancer rapidement au casque après quelques instructions simples. Dans les deux cas il faut garder à l'esprit de ne jamais saturer les élèves TFC de consignes ou de concepts. Ils ont besoin de manipulations pratiques.

Concernant le contenu des scènes (cas de la prise de parole), l'empathie des personnages est un élément central. La prise de parole est largement facilitée avec un public bienveillant. L'enseignant peut alors l'utiliser *a contrario*, comme dans le protocole de Premkumar *et al* ., comme élément de difficulté pour l'exercice, en introduisant des attitudes hostiles ou simplement désintéressées. La variation de difficultés, permettant une progression au cours des exercices, devra prendre en compte les éléments de blocage spécifiques aux TFC. Les bruits parasites d'une salle de conférence (téléphone, toux...) voire les lumières (éclairage, clignotements...) auront des effets très variés. Le trouble de l'attention est une difficulté commune aux élèves ULIS, mais à des degrés variés. Les autistes sont facilement perturbés par tout stimuli qu'ils n'arrivent pas à éliminer, quand d'autres s'en accommodent facilement. L'usage de la VR devient alors thérapeutique, car il dépasse la simple prise de parole, et peut offrir des effets dans tous les domaines de l'apprentissage, en améliorant la concentration. De même la distance au public doit être manipulée avec précaution. Nous avons vu que si elle était souvent vécue comme un élément de moindre anxiété, les autistes lui préféreraient la proximité d'un groupe réduit. Les deux facteurs fonctionnent souvent de pair, les grandes distances correspondent à de grandes salles avec un public nombreux. Il convient donc d'isoler les facteurs de stress pour une évolution indépendante les uns des autres.

Le recours aux images est une procédure qui plaît aux élèves ULIS, car ils se sentent plus à l'aise. Initier un discours sur la base d'images est un procédé qui leur semble plus agréable qu'un discours sur un sujet qu'ils maîtrisent pourtant.

La préparation du discours est à discuter. Pour certains chercheurs l'angoisse augmente avec l'improvisation. Mais la saturation d'informations et la faible capacité de mémorisation compliquent l'approche pour un élève ULIS. Ils ne sont néanmoins pas plus à l'aise avec l'improvisation, sauf sur des sujets qu'ils ont particulièrement à cœur (passion pour le football, le cinéma, les animaux ...). Il serait judicieux de définir, en amont, avec chaque élève un sujet qui le passionne et d'en faire le thème de ses discours, avec un rappel de quelques idées simples

à évoquer. Le recours aux prompteurs ou diapositives, comme aide au discours, fonctionne mal avec certains élèves TFC. Ils se sentent prisonniers des mots et dans l'incapacité de construire une phrase autour d'un mot affiché. Leurs réponses se limitent à des mots isolés. Là encore le recours à des images, comme support, est une voie efficace.

La durée de chaque discours est l'objet de discussions scientifiques. Un temps important crée une familiarisation propice à la diminution de l'anxiété. Mais que penser d'exercices de pratique extrêmement courts ? Peut-il y avoir perfectionnement ? La réponse est à trouver dans les participants. La durée idéale doit leur correspondre individuellement, afin d'éviter toute lassitude, qui peut être très vite bloquante.

Enfin la répétition des exercices dans le temps doit être plus importante pour des élèves TFC, avec des espacements entre chaque épreuve. Certains auront besoin de réitérer les mêmes exercices, quand d'autres chercheront la progression ou le défi. Le formateur devra mixer des approches très dirigées et une liberté de choix. Cette dernière option ne concernera qu'un petit nombre d'élèves, comme nous avons pu le constater. Elle est tout autant un élément d'implication dans l'apprentissage qu'un facteur de perturbation.

Il reste un dernier point qui ne figure pas dans cette étude mais dans celle de Lindner *et al.*, le retour au réel. Une VRET se doit d'être doublée par un retour à l'expérimentation réelle, avec un accompagnement dans cette phase de transition. Nous l'avons en partie expérimenté avec le passage des oraux de fin d'année pour les élèves de 2^e année de CAP, mais sans en faire un objet de mesure. Pour la prise de parole, une bonne transition pourrait être de rejouer un discours devant un public réel restreint, quelques élèves ULIS par exemple. Ce retour au réel ne doit pas être trop éloigné de la phase d'exposition à la VR, car l'effet n'est pas garanti dans le temps. Certains auteurs suggèrent une rémanence à six mois, alors que les thérapeutes organisent ce retour généralement dans le mois qui suit la VRET.

Limites de l'étude

Voici quelques limites de cette étude qu'il faudrait intégrer dans la conduite d'expériences similaires.

La taille du corpus est réduite (13 élèves) quand bien même bon nombre d'études portent sur des effectifs de même ampleur. La très grande diversité des troubles nous amène à penser que nous sommes loin d'avoir rencontré tous les profils possibles et que d'autres élèves ULIS auraient pu avoir des réactions très différentes. Nous avons eu écho que des lycées avaient de bien plus grandes difficultés avec leurs élèves ULIS. La structure du lycée de l'Horizon est particulièrement performante à conserver et motiver ses élèves TFC. Nous n'avons eu que très peu d'élèves pour lesquels l'élaboration d'un discours était une tâche insurmontable dans nos conditions expérimentales. Cette proportion aurait pu être très différente sur un autre établissement. Le facteur culturel de la Réunion n'a jamais été intégré à l'étude, en dehors du créole comme langue maternelle. Or les modes de vie locaux sont assez particuliers, entre autres concernant les univers familiaux, qui jouent un rôle important dans l'acceptation du handicap.

Nous regrettons de n'avoir pu mettre en place des pré-tests qui auraient permis d'écartier rapidement les échelles de mesure, comme le test SATI, et de dépister les spécificités de certains élèves. Les scènes proposées n'ont pas pu correspondre à tous, faute d'adéquation avec leurs handicaps. Du fait de sa très grande spécificité, le public ULIS nécessite une découverte importante en amont de toute expérimentation. Il aura aussi manqué un groupe de référence pour comparer l'évolution des performances. L'objet de l'étude n'était pas de mesurer le degré d'amélioration, par rapport à une normalité de progression. Mais une comparaison aurait pu aider à mettre en exergue les spécificités des ULIS face à certaines scènes.

Ayant dupliqué prioritairement le protocole de Premkumar *et al.* , nous n'avons pas systématisé des échanges oraux avec les participants, l'échelle SUD devant se suffire à elle-même comme mesure de stress. Or nous avons beaucoup appris avec des retours spontanés ou dirigés des élèves ULIS. Il aurait été intéressant de programmer cette collecte d'informations orales, via un *feedback* entre chaque scène, comme l'avaient choisi Lindner *et al.* , pour décrire l'émotion ressentie et les facteurs l'influençant. De même un enregistrement des échanges, avant et après chaque séance, aurait pu constituer une base plus complète de données qualitatives. Dans cet ordre d'idée, un descriptif de l'état d'esprit avant expérience permettrait d'intégrer l'influence des facteurs extérieurs (mauvaise humeur, fatigue, contrariété...) qui ont joué un rôle sur la performance.

Le logiciel choisi nous a contraint à n'utiliser que les scènes fournies, sans pouvoir œuvrer sur certains paramètres (distance, animosité du public, ...). Premkumar *et al* . avaient choisi l'option d'une programmation qui offrait cette possibilité, mais qui réduisait la scène à un unique espace graphique, sans doute au vu du coût et du temps de développement. Nous n'avons discuté le choix de l'éditeur d'utiliser des personnages filmés, plutôt que des avatars (sauf dans quelques scènes particulières), vidéos qui ont parfaitement fonctionné. Le facteur clé de l'empathie ressentie aurait-il été le même ? Le logiciel mériterait aussi un étalonnage sur les mesures affichées. Il nous a semblé que le contact visuel était plus généreusement noté sur des grandes salles, où le locuteur pouvait se limiter à balayer les silhouettes des gens présents, alors que face à un groupe de trois ou quatre auditeurs, le regard devait se porter sur les yeux des personnages pour maximiser la note. L'auto-évaluation par un test SATI ou SUDS ayant présenté de lourdes limites, il pourrait être intéressant de compléter les indicateurs physiologiques par d'autres outils de mesure (sudation, ...).

Nous avons signalé l'importance en VRET de l'aménagement d'un retour au réel. Outre qu'il a manqué ici, il serait important d'en établir un protocole assez fin, en cherchant des outils de mesure du stress et la perception de l'anxiété à prendre la parole, à la fois sur le court terme de l'expérimentation, mais aussi à plus long terme pour mesurer une éventuelle rémanence. Le retour au réel serait aussi l'opportunité d'une mesure d'efficacité, avec recueil de l'avis des enseignants participant aux jurys des examens, qui pour certains voient ces élèves tout au long de l'année. Il est probable que l'obtention d'un résultat significatif serait conditionnée par un plus grand nombre de répétitions de ces pratiques en VR. Les études non cliniques se limitent à deux ou trois séances longues, quand l'approche thérapeutique parle de séances par dizaine. Les élèves ULIS sont sans doute plus proches de cette option thérapeutique.

Enfin les pistes de protocole proposées ici trouveraient leur sens à être testées puis améliorées, via un partage avec d'autres enseignants. Un protocole VR, comme tout acte pédagogique, n'est jamais une fin en soi et appelle un enrichissement permanent.

Conclusion : le recours aux outils numériques

Cette étude a confirmé que l'usage de la VR auprès d'un public aux troubles cognitifs devait s'inspirer à la fois d'une approche pédagogique et thérapeutique. Apprendre à s'exprimer en public n'est pas du simple ressort d'une technique ou d'une série d'exercices d'apprentissage. Les troubles des fonctions cognitives qui font blocage à cet apprentissage doivent être atténués, ce qui profitera plus largement à tout enseignement. Contrairement aux approches de recherche scientifique, la connaissance personnelle des individus est incontournable, à la fois pour optimiser l'efficacité de la VR et pour définir un protocole adapté. C'est le propre de la démarche pédagogique.

C'est aussi l'esprit de l'approche inclusive. Le dispositif d'inclusion scolaire est bâti autour de l'idée efficace de replacer ces élèves dans des contextes scolaires ordinaires, pour les aider à vivre avec leurs handicaps. L'inclusion leur permet de minimiser l'obstacle à surmonter. Il y a un paradoxe apparent à vouloir ensuite travailler exclusivement sur ce handicap. Pourtant le fonctionnement ULIS offre bien des plages de travail réservées au suivi exclusif de ces élèves, avec des méthodes de travail adaptées. Ce dispositif a bien deux aspects : d'un côté une inclusion facilitant l'acceptation du handicap, de l'autre une attention pédagogique particulière. La VR doit s'en inspirer et ne peut proposer une démarche exclusivement thérapeutique. Elle doit intégrer des exercices pouvant être pratiqués avec d'autres élèves, même si l'objectif initial est bien celui de l'amélioration d'une fonction cognitive.

Ce constat nous amène à une réflexion plus large concernant le recours aux outils numériques dans un cadre pédagogique. Cette réflexion sur les conditions d'application de la VR, remet en exergue l'importance d'initier la démarche par l'analyse d'une difficulté pédagogique pour aboutir à des outils novateurs, et non un cheminement inverse. Les outils numériques ne sont pas des solutions miracles. En revanche, ce sont des facilitateurs pédagogiques. Beaucoup de sociétés commerciales ont développé des produits d'apprentissage à orientations industrielles, qui souffrent d'un manque de réflexion autour de l'apprenant. Ces outils sont attractifs par leur dimension innovante (technologie, design) mais sont-ils toujours bien pensés dans leurs fonctions d'apprentissage ? Il convient de résister à cette attractivité. De beaux outils peuvent avoir une efficacité minimale. Mais tous ont un mérite : ouvrir la discussion autour des contenus et méthodes pédagogiques, pour redécouvrir l'importance des interactions réelles avec les apprenants. Le numérique remet en lumière la fonction enseignante.

Bibliographie

- Bachelard, G. (2012). *La philosophie du non : Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique* (7e éd). Presses universitaires de France.
- Bader, M. (2016). Trouble du déficit d'attention -hyperactivité (TDA- H) de l'enfant et de l'adolescent : Nouvelles perspectives. In É. Tardif & P.-A. Doudin (Éds.), *Neurosciences et cognition : Perspectives pour les sciences de l'éducation* (p. 189-220). De Boeck supérieur.
- Büchel, F. P., & Paour, J.-L. (2005). Déficience intellectuelle : Déficiences et remédiation cognitive. *Enfance*, 57(3), 227. <https://doi.org/10.3917/enf.573.0227>
- Carreon, A., Smith, S. J., Mosher, M., Rao, K., & Rowland, A. (2022). A Review of Virtual Reality Intervention Research for Students With Disabilities in K–12 Settings. *Journal of Special Education Technology*, 37(1), 82-99. <https://doi.org/10.1177/0162643420962011>
- Cheng, Y., & Ye, J. (2010). Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment – The pilot study. *Computers & Education*, 54(4), 1068-1077. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.011>
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 51(3), 149-163. <https://doi.org/10.1037/a0020031>
- Cottraux, J. (1995). *Les thérapies comportementales et cognitives* (2e éd. rev. et augm). Masson.
- Daniels, M. M., Palaoag, T., & Daniels, M. (2020). Efficacy of virtual reality in reducing fear of public speaking : A systematic review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 803(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/803/1/012003>
- Dehaene, S. (2018). *Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob.
- Des Portes, V. (2019). *Les troubles des fonctions cognitives* [Interview]. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/Cap_ecole_inclusive/troubles_fonctions_cognitives_itw_expert.pdf
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dupré, F. (2018). *Les troubles des fonctions cognitives formation AESH* [Diaporama].
- Ferreira Marinho, A. C., Mesquita de Medeiros, A., Côrtes Gama, A. C., & Caldas Teixeira, L. (2017). Fear of Public Speaking : Perception of College Students and Correlates. *Journal of Voice*, 31(1), 127.e7-127.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.12.012>

- Fuchs, D., & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to response to intervention : What, why, and how valid is it? *Reading Research Quarterly*, 41(1), 93-99. <https://doi.org/10.1598/RRQ.41.1.4>
- Gega, L. (2017). The virtues of virtual reality in exposure therapy. *The British Journal of Psychiatry*, 210(4), 245-246. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.116.193300>
- Genesee, F., & Delcenserie, A. (2016). Les mythes entourant le bilinguisme chez les enfants. In É. Tardif & P.-A. Doudin (Éds.), *Neurosciences et cognition : Perspectives pour les sciences de l'éducation* (p. 103-134). De Boeck supérieur.
- Goberman, A. M., Hughes, S., & Haydock, T. (2011). Acoustic characteristics of public speaking : Anxiety and practice effects. *Speech Communication*, 53(6), 867-876. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2011.02.005>
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings : A review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33-55. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x>
- Hofmann, S. G., & DiBartolo, P. M. (2000). An instrument to assess self-statements during public speaking : Scale development and preliminary psychometric properties. *Behavior Therapy*, 31(3), 499-515. [https://doi.org/10.1016/S0005-7894\(00\)80027-1](https://doi.org/10.1016/S0005-7894(00)80027-1)
- Karaki, S. (2021). *Glossophobie : Quand le cerveau s'en mêle !* [Interview]. <https://podcast.ausha.co/parle-bien/4-special-neurosciences-glossophobie-quand-le-cerveau-s-en-mele>
- Khowaja, K., Banire, B., Al-Thani, D., Sqalli, M. T., Aqle, A., Shah, A., & Salim, S. S. (2020). Augmented Reality for Learning of Children and Adolescents With Autism Spectrum Disorder (ASD) : A Systematic Review. *IEEE Access*, 8, 78779-78807. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986608>
- Klinger, E. (2006). *Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge de troubles cognitifs et comportementaux*. 229.
- Lacaille, A. (2012). *L'expérience scolaire en Ulys (Unité localisée pour l'inclusion scolaire) d'élèves souffrant de troubles des fonctions cognitives*. 327.
- Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27-50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Lindner, P., Miloff, A., Fagnäs, S., Andersen, J., Sigeman, M., Andersson, G., Furmark, T., & Carlbring, P. (2018). Therapist-led and self-led one-session virtual reality exposure therapy for public speaking anxiety with consumer hardware and software : A randomized controlled trial. *Journal of Anxiety Disorders*, 61, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.07.003>
- McCroskey, J. C., & McCroskey, L. L. (1988). Self-report as an approach to measuring communication competence. *Communication Research Reports*, 5(2), 108-113. <https://doi.org/10.1080/08824098809359810>

- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education : A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments : A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Miri, I. (2020). *Cerveau et apprentissage*. EDP sciences.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks : A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Nabavi, R. T. (2012). *Bandura's Social Learning Theory & Social Cognitive Learning Theory*. 24.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. (1997). Virtual reality therapy : An effective treatment for psychological disorders. *Studies in Health Technology and Informatics*, 44, 59-70.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. (1998). Virtual reality therapy : An effective treatment for phobias. *Studies in Health Technology and Informatics*, 58, 112-119.
- Premkumar, P., Heym, N., Brown, D. J., Battersby, S., Sumich, A., Huntington, B., Daly, R., & Zysk, E. (2021). The Effectiveness of Self-Guided Virtual-Reality Exposure Therapy for Public-Speaking Anxiety. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 694610. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.694610>
- Riva, G., Wiederhold, B. K., & Mantovani, F. (2019). Neuroscience of Virtual Reality : From Virtual Exposure to Embodied Medicine. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1), 82-96. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.29099.gri>
- Rossi, J.-P. (2014). *Les mécanismes de l'apprentissage : Modèle et applications*. De Boeck-Solal.
- Roy, S. (2001). L'utilisation de la réalité virtuelle en psychothérapie. *Champ psychosomatique*, 22(2), 39. <https://doi.org/10.3917/cpsy.022.0039>
- RStudio, P. (2022). *RStudio* (2022.02.01 Build 461) [C++],[logiciel open source] <https://www.rstudio.com/>
- Seyama, J., & Nagayama, R. S. (2007). The Uncanny Valley : Effect of Realism on the Impression of Artificial Human Faces. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(4), 337-351. <https://doi.org/10.1162/pres.16.4.337>
- Tart, C. T. (1990). *Multiple personality, altered states and virtual reality : The world simulation process approach*. 12.

- Tumanova, V., Conture, E. G., Lambert, E. W., & Walden, T. A. (2014). Speech disfluencies of preschool-age children who do and do not stutter. *Journal of Communication Disorders*, 49, 25-41. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.01.003>
- Unity Technologies. (2022). *Unity* (2021.2.19).[logiciel 3D] <https://unity.com>
- University of Amsterdam. (2022). *Jeffrey's Amazing Statistics Program* (0.16.2) [C++, R, Java], [logiciel open source] <https://jasp-stats.org/>
- Vasquez, E., Nagendran, A., Welch, G. F., Marino, M. T., Hughes, D. E., Koch, A., & Delisio, L. (2015). Virtual Learning Environments for Students with Disabilities : A Review and Analysis of the Empirical Literature and Two Case Studies. *Rural Special Education Quarterly*, 34(3), 26-32. <https://doi.org/10.1177/875687051503400306>
- Vincelli, F. (1999). From imagination to virtual reality : The future of clinical psychology. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 2(3), 241-248. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.241>
- VirtualSpeech Ltd. (2016). *VirtualSpeech* (2.392). <https://virtualspeech.com>
- Walker, D., & Myrick, F. (2006). Grounded Theory : An Exploration of Process and Procedure. *Qualitative Health Research*, 16(4), 547-559. <https://doi.org/10.1177/1049732305285972>

Liste des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1- Test de Cronbach sur indicateur SATI	25
Tableau 2- Test de Shapiro-Wilk sur indicateur SUDS (6 discours).....	25
Tableau 3- ANOVA à mesures répétées sur SUDS (4 premières valeurs).....	26
Tableau 4- Test de Wilcoxon – indicateur SUDS sur discours 1-3 et 1-6.....	26
Tableau 5- Test de Shapiro-Wilk sur contact visuel (6 discours).....	28
Tableau 6- Test de Student sur contact visuel sur discours 1-2 et 1-3.....	28
Tableau 7- ANOVA à mesures répétées sur contact visuel (6 discours).....	28
Tableau 8- Test de Wilcoxon sur la fluence verbale entre les discours 1-2, 1-6 et 1-3..	29
Tableau 9- ANOVA à mesures répétées sur fluence verbale (discours 1-3).....	29
Tableau 10- Test de Wilcoxon sur volume de voix entre discours 1-2 et 1-6	30
Tableau 11- Résumé des valeurs des indicateurs quantitatifs.....	30

FIGURES

Figure 1 - Principe de la CBT sur empreinte mémorielle	11
Figure 2- Echelle SUDS avec iconographie	21
Figure 3- Copies d'écran de la salle de classe et de réunion	23
Figure 4 - Evolution de l'indicateur SUDS sur 6 discours	25
Figure 5 - QQ plots des valeurs SUDS discours 3 et 6.....	26
Figure 6- Moyennes du rythme cardiaque sur 6 discours.....	27
Figure 7 - Diagramme en boîte du rythme cardiaque	27
Figure 8 - Evolution du contact visuel sur 6 discours.....	27
Figure 9 - Variation de la fluence verbale (6 discours)	29
Figure 10 - Evolution du volume de voix sur 6 discours.....	30
Figure 11 – Graphe ACP des 5 variables sur les 3 premiers discours	31
Figure 12 - Graphe ACP des 13 élèves sur 3 discours.....	32
Figure 13 - Variation du rythme cardiaque d'un élève sur 3 discours	34

Annexes

ANNEXE A : SIGLES

Liste des principaux sigles utilisés dans ce mémoire :

- AESH : Accompagnant d'Élève en Situation de Handicap
- CBT : Cognitive Behavioral Therapy
- OST : One Session Treatment
- PSA : Public Speaking Anxiety
- PSAD : Public Speaking Anxiety Disorder
- PSAS : Public Speaking Anxiety Scale
- SAD : Social Anxiety Disorder
- SATI : Speaking Anxiety Thoughts Inventory
- SUDS : Subjective Units of Distress Scale
- TCC : Thérapie cognitive comportementale
- TFC : Troubles des Fonctions Cognitives
- ULIS : Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire
- VR : Virtual Reality
- VRET : Virtual Reality Exposure Therapy

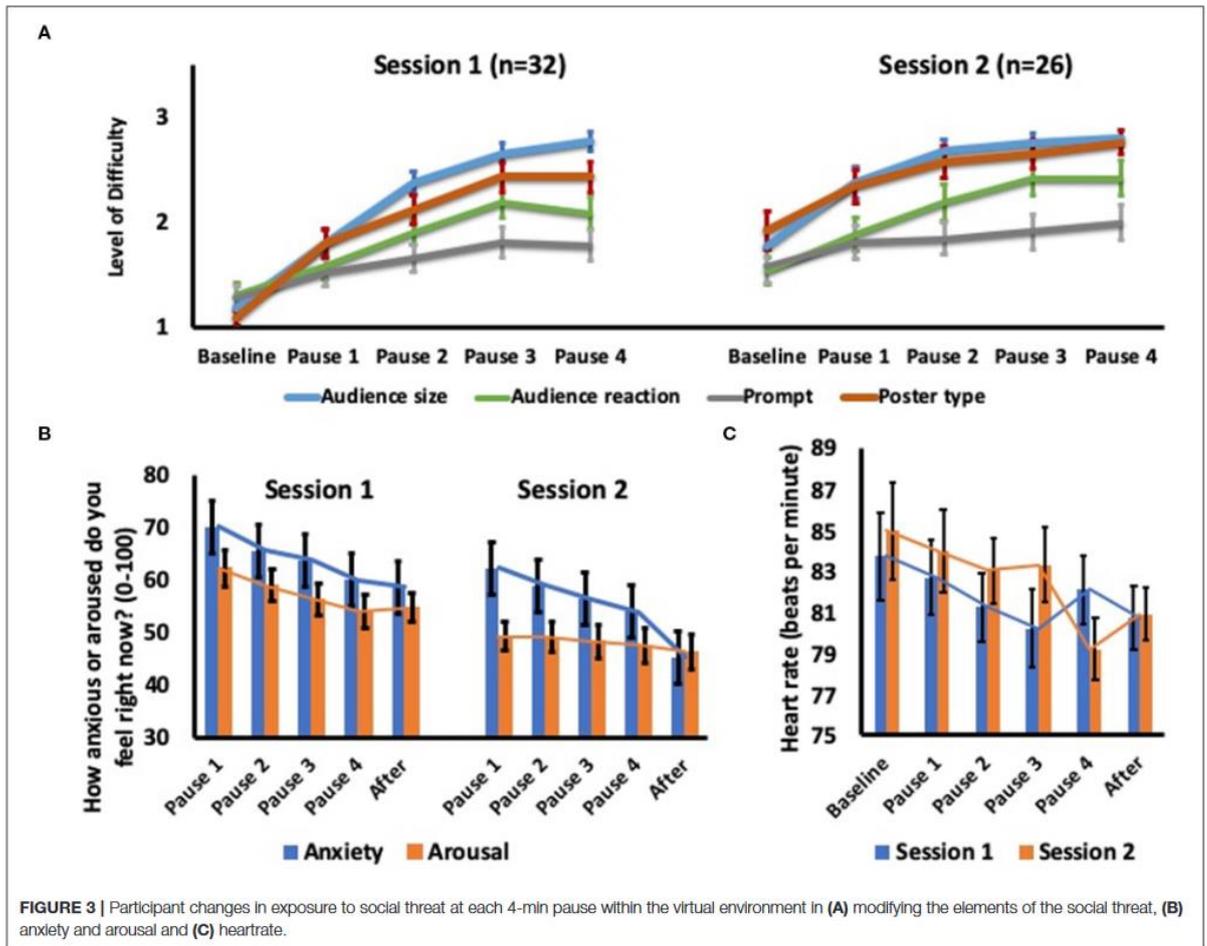
ANNEXE B : TEST SATI (SPEECH ANXIETY THOUGHTS INVENTORY)

Items

- 1 I'll get tongue-tied.
- 2 My speech won't impress the audience.
- 3 My speech will be incoherent.
- 4 I won't be able to speak as well as others.
- 5 When others are not paying attention to my speech, I worry that the audience is thinking poorly of me.
- 6 If I perform poorly, then the audience will remember me negatively.
- 7 It would be terrible if my voice will tremble.
- 8 If I make a mistake, the audience will think I'm stupid.
- 9 If I am anxious in this situation, the audience will not like me.
- 10 I won't know what to say when I'm called on to make a speech.
- 11 If I don't speak well, the audience will reject me.
- 12 What I say will sound stupid.
- 13 It would be terrible if others think I'm not intelligent.
- 14 It would be terrible if I make a mistake during my speech.
- 15 I will not be able to control my anxiety.
- 16 It would be terrible if people notice that I'm anxious.
- 17 My behavior will appear awkward to the audience.
- 18 I will be unable to give a good speech.
- 19 I won't be able to complete my speech.
- 20 My mind will go blank.
- 21 I must deliver a good speech in order to gain approval from the audience.
- 22 I worry that I will be asked to give a speech.
- 23 I won't be able to answer questions from the audience.

ANNEXE C : RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE DE PREMKUMAR ET AL. (2021)

Les résultats sont les suivants pour les deux sessions de 4 séquences de 5 minutes. Selon le niveau de difficulté choisi par le participant (4 leviers), variation de l'anxiété, de l'excitation, et du rythme cardiaque :



Une méthode statistique de comparaison par paires avec correction de Bonferroni a montré la significativité des écarts obtenus (temps et session) sur l'anxiété mais pas sur l'excitation. Pour le rythme cardiaque il y a eu un effet du temps mais pas de la session.

Pour les indicateurs psychométriques, les valeurs selon les tests sont les suivantes, avec des p-values inférieures à 0.1% :

TABLE 3 | Change in PSA from baseline, to Session 1, Session 2 and one-month follow-up.

Measure	Baseline (A)	Session 1 (B)	Session 2 (C)	1-month follow-up (D)	F (df)	P-value	Effect size (η^2)	Pairwise comparisons
SATI	96.65 (7.77)	84.81 (19.00)	78.84 (20.06)	71.18 (17.99)	21.80 (3, 93)	<0.001	0.41	A>B*, A>C and D***, B>D**, C>D*
PSAS	4.29 (0.45)	3.76 (0.65)	3.42 (0.73)	3.54 (0.69)	18.9 (3, 93)	<0.001	0.38	A>B, C and D***, B>C**
PRCS-SF	1.17 (0.14)	1.28 (0.21)	2.15 (0.24)	1.36 (0.22)	214.1 (3, 93)	<0.001	0.87	A<C and D***, B<C***, D<C***
Speech avoidance	89.69 (19.10)	55.62 (21.99)	53.77 (23.59)	47.48 (20.82)	38.19 (3, 93)	<0.001	0.55	A>B, C and D***
BFNE	49.68 (9.73)	-	46.70 (9.59)	43.10 (9.31)	8.93 (2, 62)	0.002	0.22	A>D**, C>D*

ANNEXE D : RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE DE LINDNER *ET AL.* (2018)

Les résultats montrent qu'il n'y avait pas d'effet de groupe de traitement mais un effet d'interaction. Les participants du groupe encadré par un thérapeute ont décroché leur score PSAS, pendant la phase de traitement (71.32 à 64.71), alors que le groupe autonome qui était en attente (waiting-list) a montré une baisse plus importante (69.28 à 59.95). La transition in vivo a produit un effet assez similaire dans les deux cas : 64.71 à 56.29 et 59.95 à 52.90

Time 1	Time 2	Description	Therapist-led OST (n=25)			Waiting-list / self-led OST (n=25)		
			M	SD	N missing	M	SD	N missing
0	0	Baseline	71.32	5.50	0	71.36	5.35	0
1	0	After therapist-led OST, or equivalent waiting time	64.71	8.93	1	70.88	5.36	0
1.25	0	First week of in-vivo transition, or equivalent waiting time	61.00	10.30	5	71.00	4.61	1
1.50	0	Second week of in-vivo transition, or equivalent waiting time	58.60	8.56	5	70.26	6.30	2
1.75	0	Third week of in-vivo transition, or equivalent waiting time	56.11	10.32	7	69.32	6.41	0
2	0	After in-vivo transition program, or equivalent waiting time	56.29	10.49	4	69.28	5.80	0
3	1	After self-led OST				59.95	8.97	4
3.25	1.25	First week of in-vivo transition				60.21	10.43	6
3.5	1.50	Second week of in-vivo transition				58.22	10.87	7
3.75	1.75	Third week of in-vivo transition				55.33	11.11	7
4	2	After in-vivo transition program				52.90	11.14	5

ANNEXE E : CAPTURES D'ÉCRANS DES DEUX SESSIONS :

Session 1 :

Ex1 : Une petite classe d'étudiants

Ex2 : Une salle de réunion de professionnels



Small Training Room



Meeting Room

Ex3 : Une salle de conférence de 80 personnes.



Conference Room

Session 2 :

Une salle de presse (micros et caméras)

Une salle de réception assimilée mariage



Press Conference



Literary Techniques

Une scène de spectacle



TEDx Styled Theatre

Un entretien avec 4 personnes (questions orales)



Un bureau avec improvisation sur des images aléatoires projetées 30 secondes chacune.



Impromptu Speech Training