



Etude sur les facteurs déterminants à l'implémentation de l'Immersive Learning dans l'activité des formateurs et des organismes de formation.

Quentin Jordahn

► To cite this version:

Quentin Jordahn. Etude sur les facteurs déterminants à l'implémentation de l'Immersive Learning dans l'activité des formateurs et des organismes de formation.. Sciences cognitives. Université Paris Cité, 2024. Français. <NNT : 2024UNIP7341>. <tel-05458194>

HAL Id: tel-05458194

<https://theses.hal.science/tel-05458194v1>

Submitted on 14 Jan 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Université Paris Cité

ED 261-3CH : Cognition, Comportements, Conduites Humaines

LaPEA – Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquée (UMR-7708T)

Mimbus

Etudes sur les facteurs déterminants à l'implémentation de l'Immersive Learning dans l'activité des formateurs et des organismes de formation

Par **Quentin Jordahn**

Thèse de doctorat en **Psychologie**

Dirigée par **Philippe Cabon** et encadrée par **Laurent Da Dalto**

Présentée et soutenue publiquement le 18/12/2024

Devant un jury composé de :

Philippe Cabon	<i>Maître de conférences HDR, Université Paris Cité</i>	Directeur de thèse
Laurent Da Dalto	<i>PhD, Tuteur d'entreprise, Mimbus</i>	Membre invité
Stéphanie Mailles-Viard-Metz	<i>Professeure des Universités, Université d'Aix-Marseille</i>	Rapporteuse
Jacques Béziat	<i>Professeur des Universités, Université de Caen Normandie</i>	Rapporteur
Franck Zenasni	<i>Professeur des Universités, Université Paris Cité</i>	Examinateur
Paule Dupraz-Lagarde	<i>Responsable de projets innovants, DRAFPICA Occitanie</i>	Examinatrice
Sylvain Fleury	<i>Enseignant-Chercheur PhD, ENSAM</i>	Examinateur

« Il est fort dangereux Frodon de sortir de chez soi, on prend la route et si on ne regarde pas où l'on met les pieds, on ne sait pas jusqu'où cela peut nous mener »

(Bilbon à Frodon dans La communauté de l'Anneau, J. R. R. Tolkien).

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	7
Abstract.....	8
Remerciements.....	9
Notifications	11
Lexique	12
Liste des Tableaux.....	13
Liste des Figures.....	15
PARTIE 1 : INTRODUCTION THEORIQUE.....	18
Introduction générale	20
Chapitre 1 : Les Technologies Immersives	24
1. La petite histoire des technologies immersives.....	25
2. Définition et concepts clés des technologies immersives	31
3. La réalité virtuelle, la réalité augmentée, et la réalité mixte	34
4. Quelques limites à l'immersif.....	38
5. Synthèse.....	40
Chapitre 2 : L'Immersive Learning	42
1. L'Immersive Learning, une mise à jour du concept.....	43
2. Les apports techniques de l'Immersive Learning	45
3. Les apports psychologiques de l'Immersive Learning	46
4. Les apports pédagogiques de l'Immersive Learning.....	48
5. Synthèse.....	50

Chapitre 3 : Le changement et l'Immersive Learning	52
1. L'Immersive Learning comme changement organisationnel	53
2. Le processus du changement organisationnel	57
3. Les agents du changement organisationnel.....	63
4. Les receveurs du changement organisationnel.....	68
5. Synthèse.....	77
PARTIE 2 : CONTRIBUTIONS EMPIRIQUES	78
Chapitre 4 : Contexte, problématique, et objectifs de la thèse	80
Chapitre 5 : Etude 1 – Les agents du changement et l'Immersive Learning	84
1. Objectifs et Questions de recherche	84
2. Méthode.....	85
3. Résultats.....	89
4. Synthèse.....	99
Chapitre 6 : Etude 2 – Le projet de changement et l'Immersive Learning.....	104
1. Objectifs et Questions de recherche	104
2. Méthode.....	105
3. Résultats.....	107
4. Synthèse.....	134
Chapitre 7 : Etude 3 – Les prédicteurs à l'acceptation de l'Immersive Learning par les formateurs	138
1. Objectifs et Questions de recherche	138
2. Méthode.....	140
3. Résultats.....	145
4. Synthèse.....	158

Chapitre 8 : Etude 4 – La formation des formateurs à l'Immersive Learning	162
1. Objectifs et Questions de recherche	162
2. Méthode.....	163
3. Résultats.....	168
4. Synthèse.....	174
PARTIE 3 : DISCUSSION GENERALE.....	178
Chapitre 9 : Synthèse des quatre études exploratoires	180
1. L'intégration de l'Immersive Learning par les Agents du Changement.....	180
2. L'Immersive Learning comme un projet de Changement Organisationnel	182
3. Les formateurs en tant que receveurs de l'Immersive Learning	184
Chapitre 10 : Une approche multifactorielle du changement.....	187
Chapitre 11 : Une focale sur les équipes pédagogiques	194
Chapitre 12 : Un changement organisationnel à Mimbus.....	198
Conclusion	202
BIBLIOGRAPHIE	204
ANNEXES.....	246
Etude 1 : Annexes.....	247
Etude 3 : Annexes.....	261
Etude 4 : Annexes.....	278

Résumé

La réalité virtuelle, augmentée, et mixte redeviennent depuis quelques années un sujet de société. Elles s'intègrent progressivement dans nos secteurs d'activité. Celui de la formation n'en fait pas exception. Quand elles sont appliquées à un contexte d'apprentissage et de développement de compétences, on les désigne par le concept d'Immersive Learning. Possédant de multiples avantages, elles rencontrent pourtant des difficultés à s'intégrer dans l'activité des organismes de formation et les pratiques pédagogiques des formateurs. La compréhension de ces résistances, et des leviers facilitant leur utilisation, fait partie des objectifs de l'entreprise financeuse de cette thèse CIFRE, Mimbus. En collaboration avec le laboratoire LaPEA de l'Université Paris Cité, ce travail de recherche vise à identifier quels sont les facteurs déterminants à l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques des organismes de formation français. Pour répondre à cette problématique, nous abordons l'Immersive Learning comme un changement organisationnel. Celui-ci suppose une modification, aussi bien individuelle qu'organisationnelle, de l'activité des formateurs et de celle de leurs organismes de formation. Dans ce travail, nous étudions l'Immersive Learning à travers trois principaux axes du changement organisationnel et la conduite de quatre études exploratoires. L'Immersive Learning implémenté dans les organismes de formation par les agents du changement (étude 1). L'Immersive Learning comme un processus de changement organisationnel et prenant la forme d'un projet (étude 2). Les formateurs en tant que receveurs de ce changement organisationnel et devant intégrer l'Immersive Learning dans leur activité (études 3 et 4). Nos résultats montrent que les facteurs facilitant l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques des formateurs et des organismes de formation sont multifactoriels. Les agents du changement possèdent différents facteurs individuels de réussite pour conduire ce changement (étude 1). Le projet de changement génère de multiples réactions auprès des membres d'un organisme de formation et requiert l'accomplissement de plusieurs étapes pour être mené à bien (étude 2). Plusieurs facteurs expliquent l'acceptation des formateurs pour intégrer l'Immersive Learning dans leurs pratiques pédagogiques (études 3 et 4). A travers les études exploratoires de cette thèse, nous supposons que l'Immersive Learning provoque un changement organisationnel et qu'il a le potentiel de générer un développement organisationnel. A cette fin, nous encourageons la poursuite de l'étude de ce concept afin d'observer si ce changement organisationnel peut être maintenu sur la durée et provoquer un développement organisationnel auprès des membres des organismes de formation.

Mots clé : Technologies Immersives, Immersive Learning, Changement Organisationnel, Agent du Changement, Receveurs du Changement, Analyses Factorielles.

Abstract

Title: Studies on the key factors to the implementation of Immersive Learning in the activity of trainers and training organizations.

In these past few years, virtual, augmented, and mixed reality have once again become the talk of the town. They are gradually becoming an integral part of many aspects of our everyday lives. The training sector is no exception. When applied to a learning and skills development context, they are referred to as Immersive Learning. Although Immersive Learning offers numerous benefits, there are still barriers to their integration into the training centers' activities and the trainers' pedagogical practices. Mimbis, the company funding this CIFRE thesis, aims to understand these resistances, and the drivers facilitating its use. In partnership with the LaPEA laboratory at the Université Paris Cité, this research project aims to identify the factors driving the implementation of Immersive Learning in the practices of French training organizations. To address this research question, we approach Immersive Learning as an organizational change. It implies both individual and organizational changes in the pedagogical practices of trainers and their training centers. In this work, we study Immersive Learning through three main axes of organizational change and the conduct of four exploratory studies. Immersive Learning implementation within training centers by change agents (study 1); Immersive Learning as an organizational change process structured as a project (study 2); trainers as recipients of this organizational change, expected to integrate it into their daily work (study 3 and 4). Our findings reveal that the factors facilitating the Immersive Learning's implementation in the training centers' practices are multifaced. Change agents possess various individual success factors to drive this change (study 1). The change project elicits multiple reactions among the members of a training center and necessitates several steps for a successful completion (study 2). Several factors explain trainers' acceptance of Immersive Learning in their teaching practices (study 3 and 4). Through these exploratory studies, we hypothesize that Immersive Learning initiates an organizational change with the potential to drive organizational development. We advocate for further research to study whether this change can be sustained over time, fostering continuous growth within training centers.

Key words: Immersive Technologies, Immersive Learning, Organizational Change, Change Agents, Change Recipients, Factorial Analyses.

Remerciements

A l'image d'un changement organisationnel, cette thèse n'a pas pu se faire avec la seule force de mes petits bras ! Nombreuses sont les personnes qui m'ont soutenu pendant ces cinq années, et je ne pourrais pas toutes les remercier. La liste est bien trop longue ! Mais sachez que si nos chemins se sont croisés pendant cette période de ma vie, c'est que vous avez sûrement contribué à me faire avancer.

Ma première pensée va à vous deux, Philippe et Laurent. Vous m'avez tellement apporté.

A toi, Philippe, pour m'avoir écouté et accompagné dans ce long travail de thèse. Ta bonne humeur m'a fait relativiser et m'a donné la volonté d'avancer. Sans toi, rien n'aurait été possible. Ces quelques lignes annoncent la fin d'une longue aventure mais je sais que tu feras partie de la suivante.

A toi, Laurent, pour m'avoir connecté à ce monde merveilleux qu'est la *Matrice* ! Tu as cru en moi et tu m'as fait découvrir un travail qui me passionne. Grâce à toi j'ai pu rencontrer des personnes de tout horizon mais qui se rejoignent dans leurs envies de transmettre, de partager, de donner. Tu m'as laissé la liberté d'observer et d'agir à ma guise tout en me faisant confiance. Quelle chance pour un psy !

A Emma, Emilie, et Nicolas pour m'avoir accueilli à bras ouverts. A vous aussi Mary, Nicolas (le deuxième du nom), Pierre, Amine, Sébastien, Alphonse, Sarah, Marie, Farah, Mamadou, William, Laura, Marion, Clémence, Saad, Salim, et bien d'autres encore. Sans vous, cette aventure n'aurait jamais été la même. Avec vous, il fait bon vivre à Mimbus.

A toi bien sûr, Cory, mon collègue toulousain. A chaque fois que je descends par chez toi, j'ai le sourire aux lèvres en pensant au Wallace qui nous attend.

A David pour m'avoir guidé, et supporté, dans mon envie d'apprendre à transmettre.

A Marion, Maxence, Kacper, Florent, et Sephora pour votre aide précieuse dans mes péripéties de laborantin. Vous étiez toujours là pour me conseiller quand me je me posais la question fatidique : « Mais en fait, comment je vais bien pouvoir analyser ça... ». Grâce à vous, j'ai pu trouver des réponses et plus important, le sommeil.

Un grand merci à Franck, Paule, Sylvain, Stéphanie, et Jacques pour avoir accepté de relire ce travail. J'ai hâte de vous retrouver pour discuter ensemble de ce sujet captivant.

Rentrons maintenant un peu dans le pathos. A mon papa, à ma maman, à mon Léo. A notre amour inconditionnel et intemporel.

Comme le dit si justement mon oncle, et qu'il faut imaginer avec l'accent du pays des cigales : « Il y a les frères de sang, et il y a les frères de cœur ». A vous trois, Clément, Yann, et Emeline. Comme Odin, vous êtes mon œil gauche qui me permet de voir le chemin qui nous reste à parcourir.

A Samy, Téo, Eliot, Octavia, Romain, Valo, et Mariam pour tous ces moments et encouragements qui m'ont fait conserver un semblant de santé mentale.

A Emelyne et Nicolas parce que je voudrai toujours vous échanger du mouton.

Avec tout mon amour,

GG, WP

Notifications

Ce travail a été soutenu par un financement de l'Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT) française dans le cadre du dispositif de thèse CIFRE et par l'entreprise Mimbus.

Il a été encadré par le laboratoire LaPEA (UMR-7708T) et l'Ecole doctorale Cognition, Comportements, et Conduites Humaines (ED-261) de l'Université Paris Cité.

Les opinions exprimées sont celles de l'auteur et non des organisations financeuses ou encadrantes de ce travail de thèse.

Les données recueillies dans ce travail de thèse sont la propriété de ces organisations et de l'auteur. Les liens fournis sont destinés à une consultation et une compréhension des méthodes de traitement de donnée utilisées, et non pour une éventuelle réutilisation, quelle qu'en soit la forme. Toute utilisation de ces données par un tiers doit faire l'objet d'une demande manuscrite et d'une autorisation explicite de la part de l'auteur et de ses encadrants.

Les logiciels web Chatgpt et Scribens ont été utilisés pour une relecture de texte uniquement.

Lexique

Les définitions présentées ci-dessous couvrent les termes les plus utilisés dans ce manuscrit. Elles permettent une compréhension commune des concepts abordés dans ce travail de recherche.

Pour simplifier la lecture, le mot complet est utilisé à chaque début de partie avec un rappel de son abréviation entre parenthèses. L'abréviation est ensuite utilisée jusqu'à la fin de la partie.

Les mots complets sont systématiquement privilégiés dans les titres, les abstracts, l'introduction générale, les introductions et les synthèses de chaque chapitre théorique, la conclusion, ainsi que dans les tableaux et les figures.

Changement Organisationnel (CO) : Toute action, ou groupe d'action, entraînant une modification dans la façon dont une organisation fonctionne, que ce soit à un niveau individuel, collectif, ou organisationnel.

Agents du Changement (AC) : Toute personne dont l'objectif est de mettre en œuvre un changement organisationnel dans le fonctionnement d'une organisation.

Receveurs du Changement (RC) : Les individus impactés par un changement organisationnel mais qui n'en sont pas pour autant les initiateurs ou ceux désignés pour le mettre en œuvre. Dans ce manuscrit, ils désignent principalement les équipes pédagogiques des organismes de formation (e.g., formateurs, enseignants, professeurs, ...).

Organismes de Formation (-) : Une structure, publique, semi-publique, ou privée, dont l'objectif est de dispenser des formations visant à développer ou à renforcer les compétences des individus (e.g., salariés, demandeurs d'emploi, étudiants, élèves). Les organismes de formation peuvent donc désigner des centres de formation traditionnels, des universités, des associations, des entreprises...

Technologies Immersives (TI) : Ensemble de technologies qui provoquent chez leurs utilisateurs un sentiment de présence à travers une expérience d'immersion. Elles regroupent les technologies de réalité virtuelle, de réalité augmentée, et de réalité mixte.

Immersive Learning (LI) : Utilisation des technologies immersives dans un contexte d'apprentissage et de développement des compétences.

Liste des Tableaux

Tableau 1. Statistiques descriptives des items conservés du NEO-PI-3 et du F-JAS-II.....	90
Tableau 2. Analyse de contenu dirigée : Les facteurs individuels de l'Agent du Changement.	91
Tableau 3. Corpus 1 – Classification Descendante Hiérarchique : Le changement amené par l'Immersive Learning.	109
Tableau 4. Corpus 2 – Classification Descendante Hiérarchique : Les résistances générées par l'Immersive Learning.	115
Tableau 5. Corpus 3 – Classification Descendante Hiérarchique : Les étapes inhérentes à l'implémentation de l'Immersive Learning.	119
Tableau 6. Corpus 4 – Classification Descendante Hiérarchique : Les facteurs critiques de réussite impactant positivement l'implémentation de l'Immersive Learning.....	127
Tableau 7. Corpus 5 – Classification Descendante Hiérarchique : Les facteurs critiques de réussite impactant négativement l'implémentation de l'Immersive Learning.	131
Tableau 8. Fréquences des disciplines enseignées par les participants.	140
Tableau 9. Description des échelles utilisées pour mesurer l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.	143
Tableau 10. Statistiques descriptives des items de l'étude 3.....	146
Tableau 11. Corrélations inter-facteurs de l'étude 3.	149
Tableau 12. Résultats de l'AFE de l'étude 3 sur la contribution des facteurs.....	150
Tableau 13. Variance expliquée des facteurs (diagonale), covariance des facteurs (triangle supérieur), et corrélation inter-facteurs mis au carré (triangle inférieur).	151
Tableau 14. Résultats de l'AFC de l'étude 3 sur la contribution des facteurs.	152
Tableau 15. Corrélations partielles inter-facteurs de l'étude 3.	153
Tableau 16. Résumé des résultats des chemins de régression de l'analyse principale du modèle d'équation structurelle de l'étude 3.....	155

Tableau 17. Résumé des résultats des chemins de régression de l'analyse complémentaire du modèle d'équation structurelle de l'étude 3.	156
Tableau 18. Résultats des indicateurs de normalité des variables de l'étude 4.	168
Tableau 19. Moyennes et Ecart-Types des groupes de l'étude 4.	168
Tableau 20. Statistiques descriptives des items restants du NEO-PI-3 et du F-JAS-II.	247
Tableau 21. Définitions et références des items supplémentaires du FJAS-2.	248
Tableau 22. Analyse de contenu dirigé : les facteurs individuels de réussite restant de l'Agent du Changements.	260
Tableau 23. AFE initiale - Corrélations inter-facteurs et variance expliquée par facteur.	266
Tableau 24. AFE initiale - Test de sphéricité de Bartlett.	266
Tableau 25. AFE initiale - Contributions des facteurs.	267
Tableau 26. AFC - Informations du modèle utilisé sur Jamovi.	268
Tableau 27. AFC - Corrélations entre les facteurs et les variables démographiques.	269
Tableau 28. AFC - Indicateurs additionnels de la contribution des items aux facteurs.	270
Tableau 29. AFC - Variances et Covariances des items.	271
Tableau 30. AFC - Variances et Covariances des facteurs.	272
Tableau 31. AFC - Matrice des résidus des covariances (diagonale supérieure) et des corrélations (diagonale inférieure).	273
Tableau 32. Informations du premier modèle MES utilisé sur Jamovi.	274
Tableau 33. Indices de modification du premier Modèle d'Equation Structurelle.	275
Tableau 34. Informations du modèle MES complémentaire utilisé sur Jamovi.	276
Tableau 35. Items remaniés de l'étude 3.	277
Tableau 36. Fréquences des disciplines des participants de l'étude 4.	278
Tableau 37. Table des contingences de l'étude 4.	281

Liste des Figures

Figure 1. Le stéréoscope de Sir Charles Wheatstone (Gauche), le flight simulator d'Edwin Link (Droite), et la vue de Londres de Robert Barker (Bas).....	25
Figure 2. Le Theater Experience (Gauche), le Sensorama (Milieu), et le Telesphere Mask (Hut Droite) de Morton Heilig.....	26
Figure 3. Frise chronologique de la XR (début).....	29
Figure 4. Frise chronologique de la XR (fin).....	30
Figure 5. Le continuum de la Réalité Etendue de Milgram et Kishino (1994).	31
Figure 6. Exemple de la réalité mixte avec le casque HoloLens et l'entreprise l'Oréal.	35
Figure 7. Exemple de la réalité augmentée avec l'application StarWalk2.....	36
Figure 8. Exemple d'un jeu collaboratif en réalité virtuelle immersive avec l'entreprise EVA.	37
Figure 9. Le modèle du CAMIL de Makransky et Petersen (2021).....	44
Figure 10. Les trois critères de Burke et Noumair (2015) du développement organisationnel.	53
Figure 11. L'Immersive Learning étudié selon trois axes du Changement Organisationnel.	56
Figure 12. Le phasage d'un projet selon le PMBOK Guide (2013).....	60
Figure 13. Le phasage d'un projet de Changement Organisationnel avec l'Immersive Learning.	61
Figure 14. Les profils de l'Agent du Changement.	67
Figure 15. Les antécédents, les réactions, et les conséquences d'un Changement Organisationnel sur les Receveurs d'un Changement (Oreg et al., 2011).....	70
Figure 16. Le Technology Acceptance Model de Davis (1989).	71
Figure 17. Le modèle de l'UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).	72

Figure 18. Le modèle du TPACK de Mishra et Koehler (2006).	74
Figure 19. Variables reliées à l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.....	76
Figure 20. Les trois approches de l'Immersive Learning comme Changement Organisationnel à travers quatre études exploratoires.	83
Figure 21. Analyse Factorielle des Correspondances : Les facteurs individuels de l'Agent du Changement.....	93
Figure 22. Dendrogramme et Plan Factoriel de la Classification Ascendante Hiérarchique : les facteurs individuels de l'Agent du Changement.	95
Figure 23. Les activités de l'Agent du Changement lors de l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation.....	102
Figure 24. Corpus 1 – Analyse des similitudes : Le changement amené par l'Immersive Learning.	110
Figure 25. Corpus 2 - Analyse des similitudes : Les résistances générées par l'Immersive Learning.	116
Figure 26. Corpus 3 - Analyse des similitudes : Les étapes inhérentes à l'implémentation de l'Immersive Learning.	121
Figure 27. Corpus 4 - Analyse des similitudes : Les facteurs de réussite critiques impactant positivement l'implémentation de l'Immersive Learning.	128
Figure 28. Corpus 5 - Analyse des similitudes : Les facteurs de réussite critiques impactant négativement l'implémentation de l'Immersive Learning.....	132
Figure 29. Les 6 étapes projet à l'implémentation de l'Immersive Learning dans les organismes de formation.	135
Figure 30. Modèle supposé de l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.	139
Figure 31. Matrice de corrélation des items de l'étude 3.	147
Figure 32. Modèle d'équation structurelle de l'analyse principale de l'étude 3.	154
Figure 33. Modèle d'équation structurelle de l'analyse complémentaire de l'étude 3.	157
Figure 34. Plaquette descriptive des objectifs de la formation DFI-RV.....	164

Figure 35. Plaquette descriptive du programme de formation DFI-RV.	165
Figure 36. Effet de la formation sur l'intention d'utilisation la réalité virtuelle.	169
Figure 37. Effet de la formation sur l'auto-efficacité à utiliser la réalité virtuelle.	170
Figure 38. Effet de la formation sur l'utilité perçue à utiliser la réalité virtuelle.	171
Figure 39. Effet de la formation sur l'anxiété à utiliser la réalité virtuelle.	172
Figure 40. Effet de la formation sur le facteur général du TPACK pour utiliser la réalité virtuelle.	173
Figure 41. Les activités de l'Agent du Changement lors de l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation (rappel).	181
Figure 42. Les 6 étapes-projet à l'implémentation de l'Immersive Learning dans les organismes de formation (rappel).	182
Figure 43. Modèle d'équation structurelle des facteurs déterminants à l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.	184
Figure 44. Effet de la formation sur les dimensions de l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.	186
Figure 45. L'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques des organismes de formation, un Changement Organisationnel de nature multifactorielle.	191
Figure 46. Matrice de corrélation des items de l'étude 3 : partie 1.	264
Figure 47. Matrice de corrélation des items de l'étude 3 : partie 2.	265

PARTIE 1 : INTRODUCTION THEORIQUE

Introduction générale

Souvenez-vous d'Adibou. Ce personnage interactif qui accompagne les plus petits à développer leurs compétences en français, en mathématiques, et en langues étrangères. Pour ma part, c'est à travers ce logiciel que mon frère et moi avons eu notre première expérience éducative avec un ordinateur. Cette franchise était l'un des premiers jeux éducatifs commercialisé à grande échelle. Aujourd'hui, il compte plusieurs millions d'utilisateurs à travers le monde (Wiloki, 2024). On ne le retrouve plus uniquement dans les foyers, utilisé sous la supervision des parents. Il commence également à être utilisé dans certaines salles de classe pour développer le socle des compétences élémentaires chez les enfants de 4 à 7 ans (Chabot, 1994 ; Michel et Jobert, 2008 ; Raby et al., 2006). Ce logiciel éducatif est l'un des premiers témoignages montrant que l'on peut apprendre avec la technologie. Également appelées *technologies éducatives*, elles recouvrent un large panel d'outils, de process, et de ressources numériques destinées à l'apprentissage. Employées en cours, elles possèdent un impact positif sur l'engagement, l'acquisition des compétences, et la réussite académique (Chauhan, 2017 ; Huang et al., 2019b ; Malkawi, 2017). L'appropriation de ces technologies éducatives par les équipes pédagogiques est l'un des enjeux du 21^e siècle afin d'améliorer la qualité, l'accessibilité, l'égalité, et l'individualisation de la formation aux futures générations (Al-Adwan et al., 2024 ; Chauhan, 2017 ; Huang et al., 2019b ; OECD, 2023a ; OECD, 2023b ; UNESCO, 2020 ; UNSECO, 2023 ; UNICEF, 2021).

Parmi elles, nous pouvons retrouver les technologies immersives. Se répartissant sur le continuum de la réalité étendue, elles provoquent chez leurs utilisateurs une expérience d'immersion et un sentiment de présence. Elles ont pour effet de rendre floue la frontière entre l'environnement virtuel et le monde réel (Milgram et Kishino, 1994 ; Skarbez et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018). Quand ces technologies immersives sont utilisées à des fins d'apprentissage et de développement des compétences, nous les désignons par le concept d'immersive learning (Dengel et Mägdefrau, 2018 ; Dupain et al., 2023 ; Fernandes et al., 2023). L'intérêt de l'immersive learning dans un contexte de formation est pluriel. Il permet de rattacher les apprentissages à des reproductions réalistes de situations professionnelle, de faciliter la capitalisation sur ses erreurs à travers la répétition, ou encore d'améliorer la concentration, l'engagement, et la rétention des apprenants (Hamilton et al., 2018 ; Howard et al., 2021 ; Kaplan et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018 ; Wu et al., 2020 ; Yu et Duan, 2023). Malgré ces avantages, l'acquisition d'une technologie immersive ne se traduit pas toujours par son utilisation effective car elle sous-tend la volonté des formateurs de l'intégrer dans leurs pratiques pédagogiques. Cette volonté peut se traduire en résistances et ralentir, voir interrompre, l'intégration de l'immersive learning dans un dispositif de formation (Alfalah, 2018).

; Berger et Thomas, 2011 ; Dupain et al., 2021 ; Carpenter et al., 2023 ; Khukalenko et al., 2022 ; Lasry et al., 2014 ; Lee et al., 2021 ; Wilson et al., 2019).

La compréhension de ces résistances, et des leviers facilitant l'utilisation de l'immersive learning, fait partie des objectifs de l'entreprise finançant cette thèse CIFRE, Mimbus. En collaboration avec le laboratoire LaPEA de l'Université Paris Cité, un projet de recherche a été mis en place afin de comprendre pourquoi les simulateurs ne sont pas utilisés par les formateurs. Plus précisément, cette thèse vise à identifier quels sont les facteurs déterminants à l'implémentation de l'immersive learning dans les pratiques des organismes de formation français. Pour répondre à cette problématique, cette thèse CIFRE aborde l'immersive learning comme un changement organisationnel car il suppose une modification tant individuelle, collective, qu'organisationnelle des pratiques des organismes de formation (Abd Majid et Mohd Shamsudin, 2019 ; Alfaisal et al., 2024 ; Cawsey et al., 2012 ; Garcia, 2012 ; Khukalenko et al., 2022). L'étude des déterminants à l'acceptation d'un changement organisationnel prend son origine dans les travaux de Kurt Lewin (Burnes et Cooke, 2012). Désormais riche de plus de sept décennies de recherche, l'étude d'un changement organisationnel se décline en trois principaux axes : le changement comme un processus (1 ; Burke, 2017 ; Kotter, 1996 ; Schein, 1961), les receveurs d'un changement (2 ; Endrejat et al., 2021 ; Oreg et Sverdlík, 2011 ; Scherer et al., 2019), et les agents du changement (3 ; Gerwing, 2016 ; Mansaray, 2019 ; Ulrich et al., 2013). Dans le contexte de l'immersive learning, le processus s'incarne dans un projet (1 ; Alhogail et Mirza, 2011 ; Hornstein, 2015 ; PMBOK Guide, 2013), les receveurs sont les formateurs (2 ; Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; Khukalenko et al., 2022 ; Thohir et al., 2023), tandis que les agents sont toutes les personnes visant à intégrer l'usage de ces technologies au sein des organismes de formation (3 ; Acton, 2021 ; Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024 ; Lee et al., 2022). L'objectif de cette thèse CIFRE est ainsi d'étudier, en fonction de ces trois axes de recherche d'un changement organisationnel, les facteurs déterminants à l'implémentation de l'immersive learning au sein des pratiques d'un organisme de formation.

Ce manuscrit de thèse s'articule autour de trois parties : l'introduction théorique qui explicite les différents concepts associés à ce travail de thèse (1), les contributions empiriques qui présentent les études réalisées (2), et la discussion générale qui synthétise nos résultats afin de proposer de nouvelles perspectives de recherche (3). L'introduction théorique comprend trois chapitres. Le premier chapitre aborde les technologies immersives. Il retrace leur histoire, définit leurs concepts clés, distingue leurs trois réalités, et identifie quelques limites à leur utilisation. Le deuxième chapitre se focalise sur l'immersive learning. Il définit ce concept et explicite ses apports tant techniques, psychologiques, que pédagogiques. Le troisième chapitre se concentre sur le changement organisationnel. Après avoir explicité en quoi l'immersive learning provoque un changement organisationnel, il présente les trois axes

utilisés dans cette thèse pour l'étudier : le processus du changement organisationnel (1), les agents du changement organisationnel (2), et les receveurs du changement organisationnel (3). La partie des contributions empiriques est composée de cinq chapitres. Le quatrième chapitre rappelle le contexte de cette thèse, formule sa problématique, et présente les objectifs de recherche des quatre études exploratoires conduites. Le cinquième chapitre présente une étude sur l'activité des agents du changement pour intégrer l'usage des technologies éducatives dans les pratiques des organismes de formation. Le sixième chapitre détaille la forme que prend ce processus de changement organisationnel lors de la mise en place de l'immersive learning dans les pratiques d'un organisme de formation. Le septième chapitre identifie les facteurs déterminants à l'acceptation des formateurs de l'immersive learning. Le huitième chapitre démontre l'importance de former les formateurs à utiliser ces nouvelles technologies éducatives. La discussion générale est constituée de quatre chapitres. Le neuvième chapitre synthétise nos quatre études exploratoires et rappelle leurs principaux résultats. Le dixième chapitre aborde l'aspect multifactoriel de ce changement organisationnel et préconise quelques perspectives de recherche pour contourner les limites de ce travail. Le onzième chapitre met l'accent sur les formateurs et appuie sur l'importance de les accompagner pour s'approprier ces technologies émergentes. Enfin, le douzième chapitre présente un changement organisationnel réalisé au sein de l'entreprise Mimbus et conduit en parallèle de ce travail de thèse.

Chapitre 1 : Les Technologies Immersives

« Mais imagine, un film qui donne la vue et le son. Supposons maintenant que j'ajoute le goût, l'odorat, et même le toucher. Supposons que je fasse en sorte que tu sois dans l'histoire, que tu parles aux ombres et que les ombres te répondent. Supposons qu'au lieu d'être sur un écran, l'histoire tourne autour de toi, et que tu en fasses partie. Ne serait-ce pas rendre un rêve réel ? » (Weinbaum, 2016, p. 4-5).

Dans cette fiction parue en 1935, Stanley G. Weinbaum imagine la première expérience de réalité virtuelle. Il y dépeint *Paracosma*, un univers par-delà le monde réel et accessible via une paire de lunettes futuriste. Dan, le protagoniste principal, rencontre Galatea et découvre avec elle un nouveau monde qu'il pensait jusqu'alors impossible. A travers cette œuvre emblématique, Stanley G. Weinbaum nous initie aux concepts de casque de réalité virtuelle, d'environnement virtuel, d'immersion, d'agent virtuel, et de Cybersickness (Weinbaum, 2016). Près d'un siècle plus tard, cette fiction est devenue réalité. Les technologies immersives font partie de nos sociétés. Ces technologies qui mélangent la virtualité à la réalité. Ces technologies qui reproduisent nos cinq sens pour nous immerger. Ces technologies qui nous transposent dans un nouvel environnement. Ces technologies qui nous proposent de percevoir le monde différemment. Possédant de multiples visages, on peut désormais les retrouver dans nos écoles, nos musées, nos hôpitaux, nos industries, et même dans notre poche. Mais quelles sont-elles réellement ? Pour appréhender le changement que ces technologies provoquent dans nos manières de former et d'apprendre, il semble nécessaire d'en comprendre leurs fondements. Ce premier chapitre théorique a pour objectif de répondre à cette question. Dans une première partie, il retrace l'origine de ces technologies immersives et relate les principaux événements qui ont marqué son histoire. Dans une seconde partie, il définit leurs concepts clés tels que le continuum de la réalité étendue (Milgram et Kishino, 1994), le sentiment de présence (Lee, 2004), et le degré d'immersion (Cummings et Bailenson, 2016). Dans une troisième partie, il différencie leurs trois réalités : la réalité virtuelle, la réalité augmentée, et la réalité mixte (Speicher, 2019). Enfin, il présente trois limites actuelles à l'utilisation de ces technologies : les populations à risques (Genet, 2021), le *Cybersickness* (Davis et al., 2014), et l'utilisation des données collectées (McGill et Mark, 2021).

1. La petite histoire des technologies immersives

L'origine des Technologies Immersives (TI) remonte jusqu'en 1787 avec l'invention des peintures panoramiques par Robert Barker. Considéré par certains puristes comme l'ancêtre du CAVE¹, cette technique de peinture réaliste consiste à reproduire à 360° une scène réelle. La première connue fut *La vue de Londres* (1792-1793). Elle a d'abord été exposée dans une rotonde temporaire à Londres pour ensuite être déplacée, à partir de 1793, au *Panorama Bulding* sur le Leicester Square. Les visiteurs entraient dans l'exposition via un tunnel débouchant sur une salle circulaire où était installée la peinture panoramique (Benosman et Kang, 2001). Quelques décennies plus tard, Sir Charles Wheatstone invente en 1838 le premier stéréoscope. Composé d'un ensemble de miroirs reliés à des images légèrement différentes, cet appareil offre à son utilisateur une impression de profondeur en recréant une scène en 3-Dimensions (Wade, 2002). C'est le début de la stéréoscopie, principe fondamental des TI modernes (King, 2013). Il faudra alors attendre un peu moins d'un siècle pour que le premier simulateur d'apprentissage commercialisé apparaisse : le flight simulator d'Edwin Link. Créé en 1929, ce simulateur était utilisé pour la sélection et l'entraînement des pilotes de l'armée de l'air américaine. A l'aube de la seconde guerre mondiale, il connut un rapide succès. Jusqu'à la fin des années 2000, la formation par simulation s'est alors étendue sur différents corps de métiers (e.g., militaire, spatiale, nucléaire, médical ; Aebersold, 2016).



Figure 1. Le stéréoscope de Sir Charles Wheatstone (Gauche), le flight simulator d'Edwin Link (Droite), et la vue de Londres de Robert Barker (Bas).

¹ Le CAVE est une salle immersive où sont projetées des images 3D sur les murs, le sol, et le plafond, créant chez ses utilisateurs une expérience d'immersion et un sentiment de présence (Manjrekar et al., 2014).

L'idée du casque de réalité virtuelle, similaire à celle que nous connaissons aujourd'hui, a été mentionnée pour la première fois en 1935 par l'écrivain Stanley G. Weinbaum dans sa fiction *Pygmalion's spectacles* (Cruz-Neira et al., 2018 ; Weinbaum, 2016). Il y décrit des lunettes futuristes permettant à son porteur de vivre des expériences immersives multisensorielles (e.g., vision, son, odeur). Une dizaine d'année plus tard, les travaux du cinéaste et inventeur Morton Heilig commencent. Précurseur pour son époque, il développe à partir des années cinquante le *Theatre Experience*, le *Sensorama*, et le *Telesphere Mask*. Ces inventions font partie des premiers prototypes connus du cinéma 4D, du simulateur lourd, et du *Head Mounted Display* (HMD), respectivement (Balet, 1998 ; Gutierrez, 2023 ; Heilig, 1969 ; Kumawat et al., 2020). En 1968, c'est au tour de la réalité augmentée de voir le jour. L'informaticien Ivan Sutherland développe le prototype *Sword of Damocles* qui projette des images numériques sur le monde réel (Balet, 1998 ; Kumawat et al., 2020 ; Sutherland, 1968). La même année, il crée avec David C. Evans la société Evans & Sutherland, entreprise pionnière dans le développement de simulation informatique et toujours en activité aujourd'hui (Evans et Sutherland, 2024). Peu de temps après, Myron W. Krueger invente en 1974 le *Videoplace* permettant de capturer, de numériser, et de projeter sur un écran les mouvements d'un utilisateur pendant sa manipulation d'objets virtuels (Balet, 1998 ; Lowood, 2024). Il publie ensuite le livre *Artificial Reality* (Krueger, 1983) qui explique comment construire des expériences interactives et immersives.

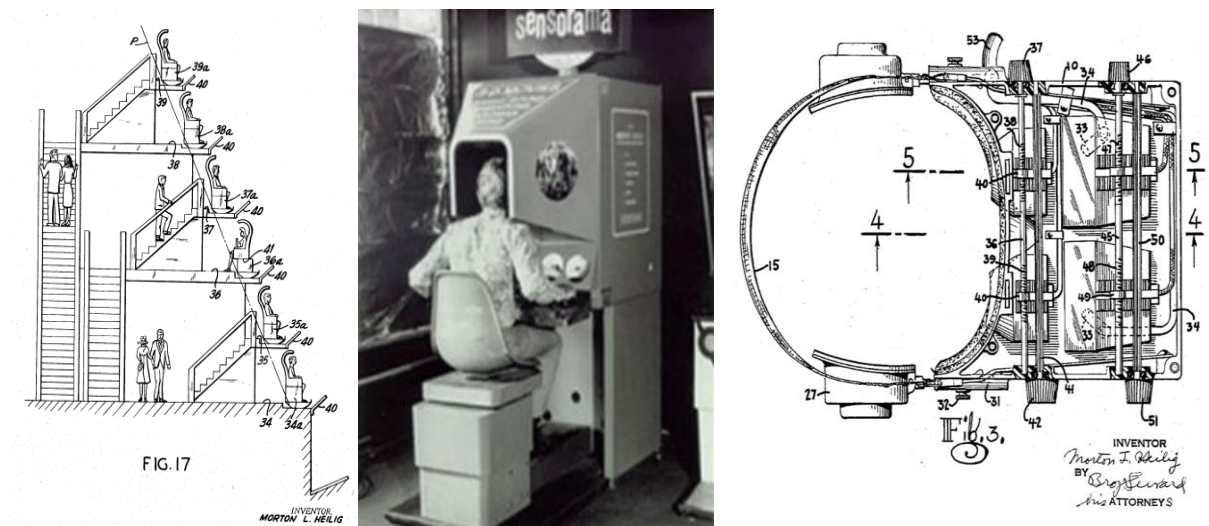


Figure 2. Le Theater Experience (Gauche), le Sensorama (Milieu), et le Telesphere Mask (Hut Droite) de Morton Heilig.

C'est la création de l'entreprise VPL Research en 1984 qui va marquer un tournant dans le développement des TI. Elle commercialise les casques de réalité virtuelle auprès d'institutions de recherche spécialisées (e.g., militaire, médicale, spatiale), développe les premiers gants haptiques, et fait connaître le concept de *Réalité Virtuelle* au grand public (Balet, 1998 ; Chesher, 1994 ; Lowood, 2024). Le développement des TI va alors s'accélérer et devenir un sujet de recherche à part entière. Le premier CAVE est développé en 1992 par des chercheurs de l'Université de l'Illinois à Chicago (Cruz-Neira et al., 1992 ; Manjrekar et al., 2014), Paul Milgram et Fumio Kishino définissent en 1994 la taxonomie des TI (Milgram et Kishino, 1994 ; Suh et Prophet, 2018), tandis que les technologies de vidéo 360° commencent à se diversifier et s'optimiser (Chen, 1995 ; Mann et Picard, 1995 ; Zhu et al, 1999). A la fin du 20^e siècle, la réalité virtuelle s'étend au domaine des jeux vidéo. *Virtuality* (1991) par W Industries, *Sega VR* (1993) par Sega, et *Virtual Boy* (1995) par Nintendo, en sont les plus connus. Leurs coûts importants, les limites technologiques, et la gêne occasionnée auprès de ses utilisateurs empêchent néanmoins leur adoption par le grand public. Les TI étaient encore loin d'être matures.

A l'aube du 21^e siècle, la communauté scientifique s'organise autour de la thématique de l'immersif. Des logiciels gratuits comme ARToolKit (1999 ; Kato et al., 1999) et Second Life (2003 ; Rymaszewski, 2007) permettent aux laboratoires de recherche de créer leur propre matériel expérimental. Plusieurs ouvrages de référence paraissent tels que *Understanding Virtual Reality* (Sherman et Craig, 2003), *Virtual Reality Technology* (Burdea et Coiffet, 2006), *Augmented Reality : principles and practices* (Schmalstieg et Hollerer, 2016), ou encore *Le traité de la Réalité Virtuelle* (Fuchs et al., 2006). Des revues de littérature sont également publiées pour synthétiser les différentes recherches qui ont été conduites jusqu'alors. Swan et al. (2004) identifient plus de 250 articles sur la réalité augmentée, Azuma (1997) détaille les utilisations et fonctionnalités les plus courantes de la réalité augmentée, Burkhardt (2003) synthétise les différents courants de recherche portant sur la réalité virtuelle, tandis que Mikropoulos et Natsis (2011) recensent plus de 50 articles sur l'utilisation de la réalité virtuelle dans le domaine de l'éducation. Ces auteurs s'accordent sur le fait que ces technologies sont prometteuses mais qu'elles leur manquent des standards de fait pour guider ce type de travaux interdisciplinaires (Burkhardt, 2003 ; Dünser et al., 2008 ; Mikropoulos et Natsis, 2011 ; Swann et al., 2004). En parallèle, des associations et conférences émergent pour favoriser le développement des TI. La fondation *The Virtual Reality Society* (2001), L'*Association Française de la Réalité Virtuelle* (2005), ou encore les conférences annuelles *IEEE VR* (1993), *Laval Virtual* (1999), et *ISMAR* (2002), en sont quelques exemples.

Il faudra ensuite attendre l'année 2011 pour que Palmer Luckey crée le prototype du premier casque *HMD* autonome et commercialisable destiné au grand public, l'Oculus Rift. La

diffusion de l'Oculus Rift par Meta en 2016 annoncera un nouveau départ pour la filière et posera les bases d'un marché mondial (Oculus Rift, 2024). La course des TI commence. HTC sort le Vive en 2016, Microsoft son Hololens en 2017, PICO le NEO en 2017, HP le Reverb en 2019, et Apple le Vision en 2023. Aujourd'hui, plus d'une vingtaine de constructeurs de matériel de réalité augmentée, virtuelle, et mixte peuvent être recensés à travers le monde (Kumawat et al., 2020 ; List of virtual reality headsets, 2024 ; Santos et Peslak, 2022). Pour faciliter l'utilisation de ces technologies, des plateformes de diffusion de contenu apparaissent comme Steam VR, Windows Mixed Reality, et les stores de Meta, de PICO, et de PlayStation. Les TI redeviennent ainsi un sujet de société que l'on peut rencontrer dans les secteurs de la culture (e.g., musée, tourisme ; Fan et al., 2022 ; Komianos, 2022 ; Pratisto et al., 2022), du divertissement (e.g., jeux vidéo, films ; Ansari et al., 2022 ; Hamad et Jia, 2022 ; Marto et Gonçalves, 2022 ; Pallavicini et al., 2019), de la formation (Chang et al., 2022 ; Chiang et al., 2022 ; Coban et al., 2022 ; Dengel et Mägdefrau, 2018 ; Fleury et al., 2023 ; Garzón et al., 2019 ; Hamilton et al., 2021 ; Lewis et al., 2021 ; Lin et Yu, 2023 ; Pellas et al., 2021 ; Radianti et al., 2020 ; Wu et al., 2013), du médical (Liberatore et Wagner, 2021 ; Teh et al., 2024 ; Yeung et al., 2021), ou encore de l'industrie (Cardenas-Robledo et al., 2022 ; Fleury et al., 2023 ; Chen et al., 2022a). Les organisations, publiques comme privées, s'intéressent également au sujet et des rapports sur les thématiques de l'éthique et de la santé (Genet, 2021 ; Middleton, 2022 ; Santos et Peslak., 2022), de l'éducation (Chaudhary et Saini, 2018 ; Lee et al., 2021), et de son économie, sont publiés aussi bien à une échelle nationale qu'internationale (Basdevant et al., 2022 ; CNXR, 2023 ; Cohen, 2018 ; Goldman Sachs, 2018 ; GVR, 2023 ; OECD, 2024 ; Silva et al., 2024). Ces divers rapports sont les témoignages d'un intérêt croissant pour ces technologies et de leurs potentiels à s'intégrer dans de nombreuses activités humaines sur les prochaines années.

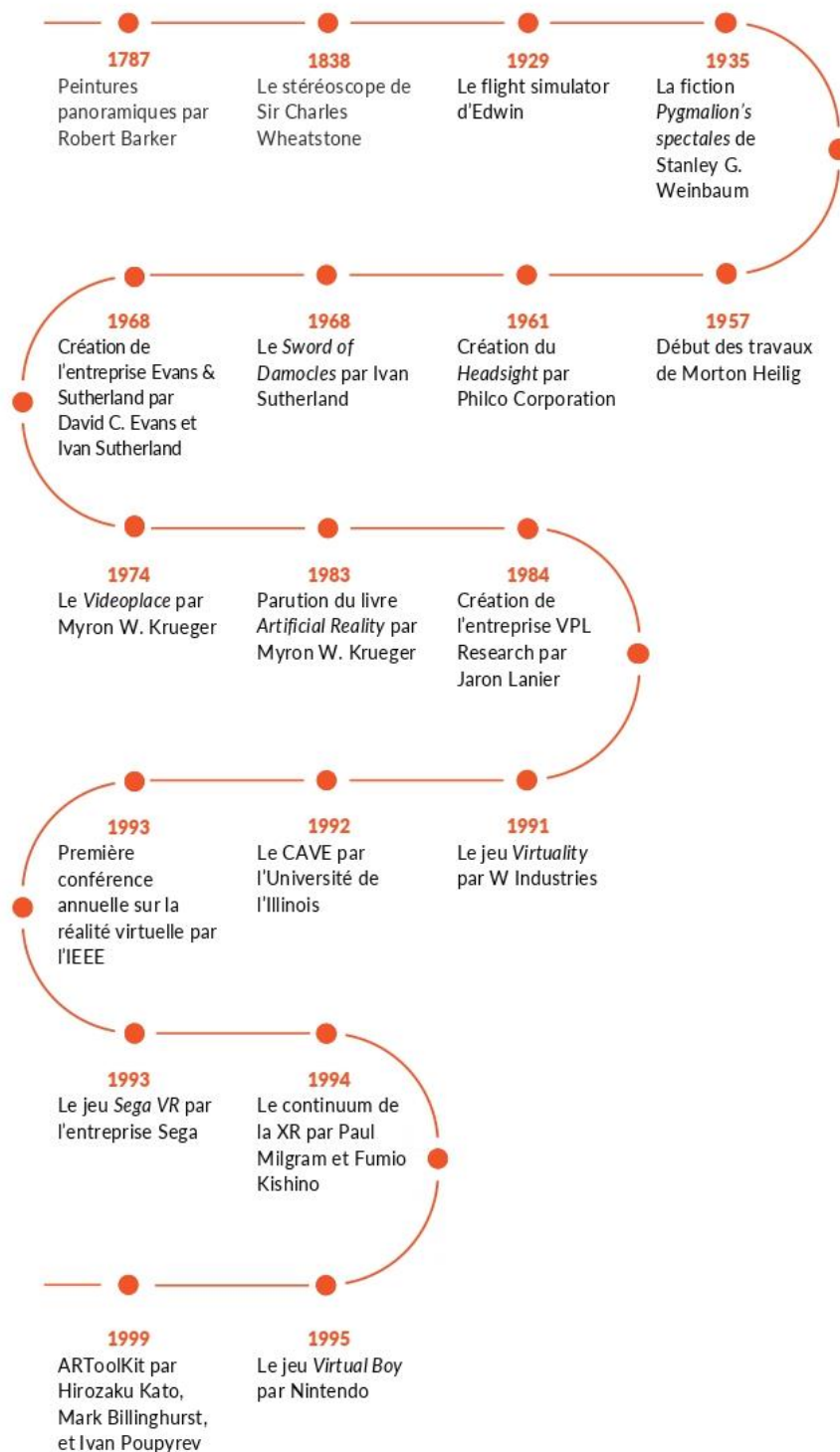


Figure 3. Frise chronologique de la XR (début).

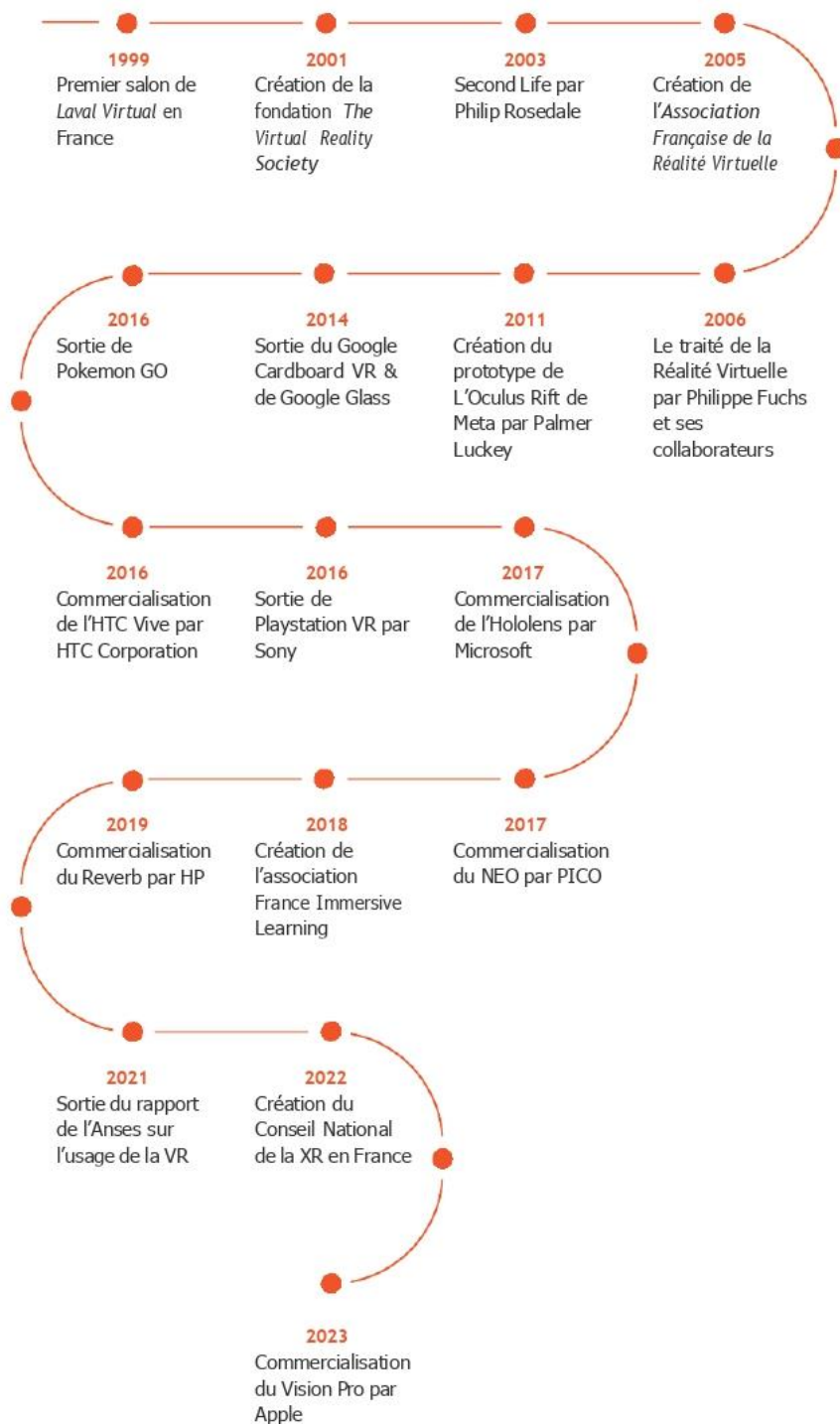


Figure 4. Frise chronologique de la XR (fin).

2. Définition et concepts clés des technologies immersives

Encore aujourd'hui, la définition des Technologies Immersives (TI) de Milgram et Kishino (1994) continue de faire référence (Motejlek et Aplay, 2021 ; Skarbez et al., 2021 ; Speicher et al., 2019 ; Suh et Prophet, 2018). Ces technologies ont la particularité de rendre floue la frontière entre le monde réel et le monde virtuel. Elles provoquent chez leurs utilisateurs un sentiment de présence à travers une expérience d'immersion (Milgram et Kishino, 1994 ; Suh et Prophet, 2018). Ces TI se positionnent sur le continuum de la réalité étendue opposant la virtualité d'un côté (i.e., *Virtuality*), à la réalité de l'autre (i.e., *Reality*). La virtualité représente un environnement complètement virtuel où l'ensemble des informations et des interactions sont simulées (e.g., objets, sons, images, odeurs). Skarbez et al. (2021) utilisent la métaphore du monde de *Matrix* pour représenter cet environnement complètement virtuel et difficilement atteignable par les technologies actuelles. A l'opposé de ce continuum, nous retrouvons un environnement constitué exclusivement d'objet réel. Ils entendent par *objets réels* des objets avec lesquels un utilisateur peut interagir directement et sans l'aide de technologies additionnelles. Par exemple, un androïde, bien que numérique, entrerait dans le cadre d'objets réels s'il est utilisé pour réaliser des actions directes comme téléphoner, prendre une photo, ou répondre à un message. Pour autant, cette même technologie serait considérée comme immersive si elle est utilisée pour interagir avec un environnement virtuel à travers un *Google Cardboard 3D*. Selon ces auteurs, ce seraient donc les caractéristiques techniques, le sentiment de présence, et son utilisation, qui rendrait une technologie *immersive* (Lee, 2004 ; Milgram et Kishino, 1994 ; Motejlek et Aplay, 2021 ; Skarbez et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018).

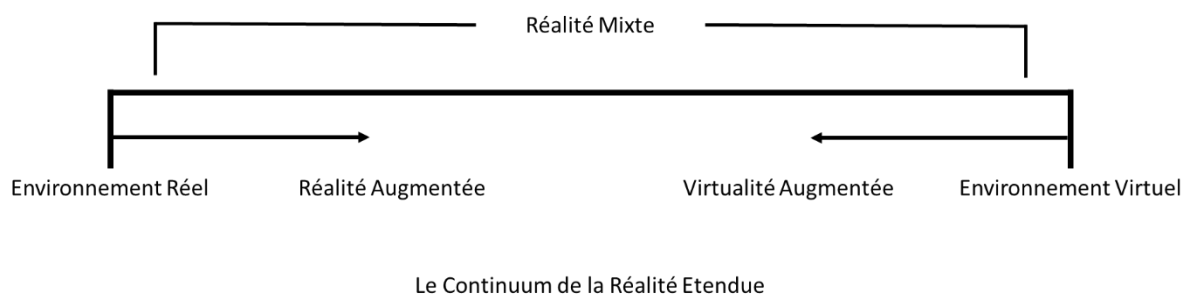


Figure 5. Le continuum de la Réalité Étendue de Milgram et Kishino (1994).

Dans ce même article, Milgram et Kishino (1994) élaborent une taxonomie des TI avec trois axes permettant de les différencier : *Extended of World Knowledge* (1), *Reproduction Fidelity* (2), et *Extent of Presence Metaphor* (3). Le premier axe réfère à ce que la TI connaît des environnements physiques et virtuels avec lesquels l'utilisateur interagit. Plus la technologie connaît la nature et la location des objets présents dans l'environnement, plus cette technologie tend à utiliser un environnement entièrement modélisé. Par exemple, un logiciel de *Building Information Modeling* possède de nombreuses informations sur les éléments d'un bâtiment et se positionnerait à l'extrémité de cet axe. Le deuxième axe concerne le réalisme de l'environnement et de ses objets. Elle se concentre donc sur la qualité de la reproduction des objets réels en objets virtuels, qu'elle qu'en soit son média. Une vidéo, une photo, ou encore la modélisation 3D sont donc incluses dans cet axe. Les auteurs précisent que cet axe est associé aux caractéristiques techniques des technologies et qu'il est donc amené à évoluer (Milgram et Kishino, 1994). Le dernier axe se rattache au sentiment de présence provoqué par la TI chez son utilisateur. Elle est directement liée à sa capacité à distinguer les objets réels des objets virtuels. Plus les objets virtuels sont indifférenciables des objets réels par l'utilisateur, plus il aura l'impression d'être présent dans un nouvel et unique environnement. Par exemple, les casques de réalité virtuelle provoquent un fort sentiment de présence car ils transposent l'utilisateur dans un nouvel environnement virtuel avec lequel il peut interagir (Milgram et Kishino, 1994 ; Motejlek et Aplay, 2021 ; Skarbez et al., 2021).

Le sentiment de présence est devenu, au cours de ces trente dernières années, un concept central lors de l'étude des TI (Berkman et Akan, 2024 ; Cummings et Bailenson, 2016 ; Felton et Jackson, 2022 ; Grassini et Laumann, 2020 ; Krassmann et al., 2023 ; Lee, 2004 ; Marto et Gonçalves, 2022 ; Oh et al., 2018). Bien que la définition de ce concept fait toujours débat entre les auteurs, nous pouvons le définir comme l'impression de faire partie intégrante d'un nouvel environnement médiatisé où l'utilisateur interagira avec les objets virtuels de la même manière qu'avec les objets réels. Il peut aussi être traduit comme le sentiment d'*être là*, d'être présent dans un nouvel environnement (Berkman et Akan, 2024 ; Biocca., 1997 ; Felton et Jackson, 2022 ; Fleury et al., 2023 ; Krassmann et al., 2023 ; Lee, 2004 ; Oh et al, 2018 ; Schuemie et al., 2001 ; Servotte et al., 2020 ; Slater, 2018 ; Wilkinson et al., 2021). L'évaluation de cet état psychologique lors de la conduite de protocole expérimentaux atteste que les participants ont bien l'impression d'interagir avec un environnement virtuel, et non pas avec un environnement que l'on pourrait strictement considérer de réel. Plusieurs méthodes sont possibles pour évaluer le sentiment de présence telles que la mesure des indices physiologiques (e.g., rythme cardiaque), l'observation des comportements (e.g., posture corporelle), ou la complétion de questionnaires auto-rapporté (e.g., le *Presence Questionnaire* ; Berkman et Akan, 2024 ; Krassmann et al., 2023 ; Witmer et al., 2005). Par

exemple, l'échelle *Multimodal Presence Scale* fait partie des questionnaires auto-rapportés les plus récemment développés pour évaluer le sentiment de présence d'un utilisateur (Grassini et Laumann, 2020 ; Hein et al., 2018 ; Makrinsky et al., 2017). Reposant sur la définition du sentiment de présence de Lee (2004), cette échelle mesure se décompose en 3 dimensions : la présence physique (1), la présence sociale (2), et la présence de soi (3 ; Biocca, 1997 ; Lee, 2004 ; Makrinsky et al., 2017). La présence physique renvoie à la perception des objets et environnements virtuels, la présence sociale à la perception des acteurs réels, artificiels et virtualisés, tandis que la présence de soi désigne la perception de sa propre individualité physique et mentale dans l'environnement virtuel. Quand la TI provoque un fort sentiment de présence chez son utilisateur, il ne fait donc pas de distinction entre la nature virtuelle ou réelle de ce qu'il perçoit (e.g., objets, environnements, acteurs, soi ; Biocca, 1997 ; Lee, 2004 ; Makrinsky et al., 2017). Comme le souligne Wilkinson et al. (2021), la plupart des définitions de la présence se rejoignent donc dans l'impression provoquée chez un utilisateur d'être présent dans un environnement alliant virtualité et réalité (Felton et Jackson, 2022).

Toutefois, le concept de présence est parfois utilisé de manière interchangeable avec celui d'immersion (Agrewal et al., 2019 ; Berkman et Akan, 2024 ; Burkhardt, 2003 ; Cummings et Bailenson, 2016 ; Felton et Jackson, 2022 ; Lee, 2004 ; Nilsson et al., 2016 ; Schuemie et al., 2001 ; Slater, 2018 ; Wilkinson et al., 2021). Plusieurs auteurs définissent l'immersion en quatre catégories où la présence serait l'une d'entre elles (Agrewal et al., 2020 ; Nilsson et al., 2016). Les trois catégories restantes étant les propriétés d'un système, la réaction à la qualité narrative du scénario, et les capacités d'actions à la réalisation d'une tâche avec un système immersif. D'autres auteurs avancent que le concept de présence renvoie à l'état psychologique d'un utilisateur tandis que celui d'immersion concerne les caractéristiques techniques objectives d'une technologie (Berkman et Akan, 2024 ; Burkhardt, 2003 ; Cummings et Bailenson, 2016 ; Felton et Jackson, 2022 ; Schuemie et al., 2001 ; Servotte et al., 2020 ; Slater, 2018 ; Wilkinson et al., 2021). Dans ce contexte, on l'appelle aussi *degré* d'immersion. Il correspond aux nombres de modalités sensorielles couvertes par le système et avec lesquelles l'utilisateur interagit. Une liste non-exhaustive de ces caractéristiques techniques comprendrait le niveau de tracking, le temps de rafraîchissement de l'image, la vision stéréoscopique, la richesse du logiciel, ou encore la qualité de l'image et du son (Burkhardt, 2003 ; Cummings et Bailenson, 2016 ; Felton et Jackson, 2022 ; Wilkinson et al., 2021). L'objectif de cette synthèse n'est pas de prendre parti pour l'un ou l'autre de ces courants de pensée, mais d'aiguiller le lecteur sur la nature des travaux qui ont été conduits jusqu'alors et des liens qui existent entre eux. Par exemple, la méta-analyse de Cummings et Bailenson (2016) attestent du lien entre le degré d'immersion, en tant que caractéristique technique d'un système, et le sentiment de présence. Le degré d'immersion d'une TI influencerait le sentiment

de présence ressenti par son utilisateur (Cummings et Bailenson, 2016 ; McMahan, 2013). Plus la technologie couvre les modalités sensorielles de l'utilisateur de manière cohérente avec le monde réel, plus elle sera considérée comme immersive, et plus elle provoquera un fort sentiment de présence. Ils soulignent par ailleurs que les capacités de tracking, la vision stéréoscopique, et le champ de vision sont les caractéristiques techniques possédant le plus grand impact sur le sentiment de présence d'un utilisateur (Cummings et Bailenson, 2016 ; McMahan, 2013).

3. La réalité virtuelle, la réalité augmentée, et la réalité mixte

Les Technologies Immersives (TI) sont donc des technologies qui provoquent chez leurs utilisateurs un sentiment de présence à travers une expérience d'immersion (Suh et Prophet, 2018). Il existe aujourd'hui trois grandes familles de TI. Plus communément, on les dénomme les technologies de réalité virtuelle, de réalité augmentée, et de réalité mixte (Kumawat et al., 2020 ; Liberatore et Wagner, 2021 ; Speicher et al., 2019). En fonction de leurs caractéristiques, elles se positionnent sur le continuum de réalité étendue opposant la réalité d'une part, à la virtualité d'autre part (Carmigniani et al., 2010 ; Skarbez et al., 2021 ; Speicher et al., 2019 ; Suh et Prophet, 2018 ; Tassinari et al., 2021). Par exemple la réalité virtuelle, qui consiste à reproduire un environnement virtuel, se positionnerait naturellement vers l'extrémité de la *Virtualité*. La réalité augmentée, quant à elle, se placerait à proximité de l'extrémité de la *Réalité* car elle se base sur un environnement réel pour fonctionner. Dans l'élaboration de leur continuum, Milgram et Kishino (1994) désignent par réalité mixte l'ensemble des TI se positionnant sur ce continuum (e.g., réalité virtuelle, réalité augmentée). Ils justifient cette classification par l'impossibilité d'atteindre un environnement complètement virtuel (Milgram et Kishino, 1994 ; Motejlek et Aplay, 2021 ; Olmedo, 2013 ; Parveau et Adda, 2020 ; Skarbez et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018 ; Tassinari et al., 2021). En effet, même les dispositifs de réalité virtuelle modernes se basent sur des informations de l'environnement réel pour pouvoir fonctionner. Le tracking des contrôleurs, la profondeur du sol, ou encore la délimitation de son espace virtuel sont des informations réelles utilisées par le système de réalité virtuelle. L'inverse pour la *Réalité* s'applique tout autant. Il est difficile d'accéder à un environnement numérique sans l'aide d'une technologie tierce (Milgram et Kishino, 1994 ; Olmedo, 2013 ; Skarbez et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018 ; Tassinari et al., 2021).

Malgré la légitimité de cette justification, le terme de réalité mixte renvoie aussi à l'une des familles des TI (Fleury et al., 2023 ; Iriqat et Vatansever, 2020 ; Liberatore et Wagner, 2021 ; Olmedo, 2013 ; Parveau et Adda, 2018 ; Parveau et Adda, 2020 ; Speicher et al., 2019). La réalité mixte permet à son utilisateur d'interagir en temps réel avec des objets aussi bien réels que virtuels, et qui coexistent dans un même espace (Fleury et al., 2023 ; Olmedo, 2013 ;

Milman, 2018 ; Parveau et Adda, 2018 ; Tang et al., 2020 ; Wu et al., 2013). Pour les distinguer des autres TI, Parveau et Adda (2018) désignent trois caractéristiques actuelles de la réalité mixte : elle inclut des objets virtuels et réels avec une contextualisation de leurs données (1), les interactions avec les objets réels et virtuels se font en temps réel par l'utilisateur (2), les objets virtuels sont spatialement cartographiés, en 3-Dimensions, et corrélés à un espace physique correspondant (3). Cette définition insiste sur la notion d'interaction, de temporalité, et de coexistence. L'utilisateur doit pouvoir agir sur les objets virtuels et réels. C'est-à-dire qu'il doit pouvoir les saisir, les déplacer, les agrandir, etc. En fonction du comportement de l'utilisateur, les objets virtuels réagissent en temps réel. Enfin, le système de réalité mixte doit être capable d'identifier les objets réels présents dans l'environnement afin d'y intégrer les objets virtuels avec cohérence (Parveau et Adda, 2018 ; Parveau et Adda, 2020). Ce concept de la réalité mixte est également repris par les industriels. Par exemple, l'entreprise Microsoft l'utilise pour désigner l'HoloLens comme une technologie de réalité mixte. Cette paire de lunettes composée de lentilles holographiques transparentes est conçue pour assister les opérateurs dans la réalisation de leurs tâches² (Cohen, 2018).



Figure 6. Exemple de la réalité mixte avec le casque HoloLens et l'entreprise l'Oréal³.

Pour certains auteurs, cette notion d'interaction avec les objets virtuels est centrale dans la distinction entre une technologie de réalité augmentée et une technologie de réalité mixte. La réalité augmentée désignerait une technologie permettant de modifier l'environnement physique proche de son utilisateur en y superposant des éléments virtuels. Ces éléments virtuels viennent ainsi enrichir l'expérience que l'utilisateur a de son environnement réel avec

² <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=cKdREGDPP0k>

des informations principalement visuelles et auditives (Kumawat et al., 2020 ; Liberatore et Wagner, 2021 ; Olmedo, 2013 ; Ozdemir et al., 2018 ; Tassinari et al., 2021 ; Wu et al., 2013). En d'autres termes, la réalité augmentée fournit des informations sensorielles pour augmenter la perception de l'utilisateur de son environnement mais elle ne lui permet pas d'agir directement sur elles. Différentes technologies de réalité augmentée sont disponibles telles que les smartphones, les tablettes, les projecteurs, et les SmartGlass. Par exemple, l'application *StarWalk2* permet d'identifier les étoiles et les constellations à travers la caméra de son téléphone portable. Toutefois, la distinction entre réalité augmentée et réalité mixte n'est pas si évidente pour d'autres auteurs (Liberatore et Wagner, 2021 ; Parveau et Adda, 2018 ; Parveau et Adda, 2020 ; Speicher et al., 2019). Dans la littérature, la réalité mixte désigne à la fois une combinaison des technologies de réalité virtuelle et de réalité augmentée, le continuum de réalité étendue de Milgram et Kishino (1994), mais aussi un synonyme, ou une version plus performante, de la réalité augmentée (Carmigniani et al., 2010 ; Iriqat et Vatansever, 2020 ; Kumawat et al., 2020 ; Motejlek et Alpay, 2021 ; Olmedo, 2013 ; Speicher et al., 2019 ; Tang et al., 2021 ; Tassinari et al., 2021 ; Wu et al., 2013). L'une des raisons à cette pluralité de sens est l'évolution progressive des technologies qui tendent à être de plus en plus interactives et diversifiées. La dernière itération de Meta, le Quest 3⁴, l'illustre en proposant à la fois des fonctionnalités typiques des réalités mixte, augmentée, et virtuelle.



Figure 7. Exemple de la réalité augmentée avec l'application *StarWalk2*.

Si les définitions de réalité augmentée et de réalité mixte divergent au sein de la communauté scientifique, celle de la réalité virtuelle tend à faire consensus (Makhkamova et al., 2020 ; Speicher et al., 2019). De nombreux auteurs s'accordent sur le fait que la réalité virtuelle désigne un environnement complètement numérique en 3-Dimensions, généré par ordinateur, et qui vise à simuler le monde réel. L'utilisateur interagit en temps réel avec cet environnement

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=Exu7r2vZpcw>

virtuel et reçoit, à travers des équipements électroniques divers (e.g., casques *HMDs*, gants haptiques, écouteurs audio), des feedbacks sensoriels (e.g., sons, vidéos, odeurs ; Abbas et al., 2023 ; Coban et al., 2022 ; Fleury et al., 2023 ; Hamilton et al., 2021 ; Krassmann et al., 2023 ; Liberatore et Wagner, 2021 ; Salatino et al., 2023 ; Shermam et Craig, 2018 ; Slater, 2018 ; Suh et Prophet, 2018 ; Tassinari et al., 2021). Nous pouvons distinguer deux types de réalité virtuelle : la réalité virtuelle immersive (1), et la réalité virtuelle non-immersive (2). La réalité virtuelle immersive désigne des dispositifs de réalité virtuelle qui possèdent un haut degré d'immersion et qui provoquent chez leurs utilisateurs un fort sentiment de présence. Les exemples les plus représentatifs sont les casques *HMDs* comme le Vive, le Pico, ou le Quest. L'environnement numérique entoure complètement l'utilisateur et occulte sa perception du monde réel. En fonction de la complexité du système, la vue, le toucher, l'ouïe, l'odorat, ainsi que le goût peuvent être simulés (Coban et al., 2022 ; Hamilton et al., 2021 ; Lee et al., 2020 ; Salatino et al., 2023 ; Shermam et Craig, 2018 ; Suh et Prophet, 2018 ; Thorp et al., 2024). La réalité virtuelle non-immersive se rattache à des environnements numériques en 3-Dimensions accessibles via un écran ou plusieurs écrans (e.g., ordinateur, smartphone, tablette). L'utilisateur reste conscient de son environnement réel et les interactions sont possibles avec des périphériques classiques tels que la souris, le clavier, un joystick, ou un écran tactile (Coban et al., 2022 ; Hamilton et al., 2021 ; Lee et al., 2020 ; Salatino et al., 2023 ; Shermam et Craig, 2018 ; Suh et Prophet, 2018). Elle provoque également chez son utilisateur un sentiment de présence mais de moindre importance que la réalité virtuelle immersive (Cummings et Bailenson, 2016 ; McMahan, 2003 ; Pallavicini et al., 2019). Les jeux vidéo *World of Warcraft*, *League of Legends*, et *Fortnite* sont des exemples d'environnements numériques interactifs en 3-Dimensions.



Figure 8. Exemple d'un jeu collaboratif en réalité virtuelle immersive avec l'entreprise EVA.

Afin de mieux distinguer les TI entre elles, prenons l'exemple d'un apprenti électricien qui intervient sur une armoire électrique. Dans le cadre de la réalité augmentée, l'apprenant réalise son intervention sur une armoire électrique réelle. Des informations numériques (e.g., images, texte, symboles) sont superposées à son champ de vision pour le guider. Pour la

réalité mixte, l'armoire électrique aura aussi une identité virtuelle qui sera calquée sur la réalité. L'apprenti pourra interagir avec les différentes composantes virtualisées de l'armoire électrique. Par exemple, il pourra sélectionner un disjoncteur réel, obtenir des informations virtuelles sur son état de fonctionnement, et être guidé s'il souhaite le remplacer. Avec la réalité virtuelle, c'est un environnement complètement numérique et en 3-Dimensions qui sera proposé à l'apprenti. Le local, l'armoire électrique, ou encore l'avatar qu'il incarnera seront des objets virtuels présent dans un environnement numérique. L'apprenti aura accès à cet environnement via un casque de réalité virtuelle si c'est de la réalité virtuelle immersive, ou par un écran classique si c'est de la réalité virtuelle non-immersive. En résumé, la réalité augmentée superpose des éléments virtuels à la réalité, la réalité mixte intègre à la réalité des éléments virtuels interactifs, et la réalité virtuelle occulte la réalité avec un environnement entièrement numérique (Milman, 2018 ; Speicher et al., 2019).

4. Quelques limites à l'immersif

Lors du développement d'un logiciel de réalité virtuelle, il n'est pas rare que l'environnement soit conçu pour faire varier le degré d'immersion. C'est-à-dire qu'il existe une version du logiciel fonctionnant à la fois sur un ordinateur et sur un casque de réalité virtuelle. Dans le cadre de projet de recherche, cela permet d'établir des protocoles expérimentaux permettant d'observer l'effet d'immersion sur le sentiment de présence, la performance, ou encore la motivation (Cummings et Bailenson, 2016 ; Dengel et Mägdefrau, 2018 ; Lee et al., 2020 ; Lewis et al., 2021 ; Marto et Gonçalves, 2022 ; Morélot et al., 2021 ; Pallavicini et al., 2019 ; Thorp et al., 2024). Pour les industriels, cette double version permet d'éviter le *Cybersickness* et de contourner une première limite aux Technologies Immersives (TI) : l'accessibilité à certaines populations à risque. En effet, les TI sont déconseillées aux personnes photosensibles, enceintes, présentant des troubles cardiaques, âgées de moins de 13 ans, ou possédant une phobie spécifique et présente dans l'environnement virtuel (Genet, 2021). Le port d'un casque peut favoriser le déclenchement d'une crise d'épilepsie pour les personnes photosensibles et le risque de chuter pour les femmes enceintes. Les TI tendent également à impacter le rythme cardiaque (e.g., palpitation, ralentissement) ce qui peut être dangereux pour les personnes possédant des pathologies associées (e.g., hypertension, insuffisance cardiaque). La restriction concernant l'âge pour utiliser ces technologies provient principalement de la sensibilité des enfants aux rayonnements lumineux et à leur impact sur le développement de leur système visuel (Genet, 2021 ; Iskander et al., 2021). Enfin, l'utilisation des TI dans le traitement des phobies est prometteuse quand elles sont utilisées dans un cadre thérapeutique, et non à des fins de divertissement (Albakri et al., 2022 ; Elphinston et al., 2023 ; Freitas et al., 2021).

Une deuxième limite à l'utilisation des TI est le *Cybersickness*. Il est considéré comme le mal des transports de la réalité virtuelle, car il provoque des symptômes qui lui sont similaires. La nausée, le vertige, des maux de ventre, une fatigue oculaire, des migraines, ou encore un sentiment de fatigue en sont divers exemples (Davis et al., 2014 ; Duan et al., 2024 ; Martirosov et Kopecek, 2017 ; Silva et Fernando, 2019). L'explication la plus courante de l'origine du *Cybersickness* est qu'il est dû à un conflit sensoriel entre les informations perçues par notre système visuelles et celles ressenties par notre système vestibulaire (i.e., oreille interne) et proprioceptif (i.e., corps ; Caserman et al., 2021 ; Drazich et al. 2023 ; Silva et Fernando, 2019). La chute du dernier étage d'un bâtiment en réalité virtuelle l'illustre. Nos yeux nous dirons que nous tombons alors que notre corps ne bougera pas pendant toute l'expérience. Ce décalage dans les perceptions de notre système sensoriel provoquerait alors l'apparition de symptômes aussi bien avec la réalité virtuelle (Caserman et al., 2021 ; Martirosov et Kopecek, 2017), qu'avec la réalité augmentée et la réalité mixte (Duan et al., 2024 ; Hughes et al., 2020). Leurs différences résident dans la nature de leurs symptômes et leurs intensités. La réalité virtuelle provoque davantage de symptômes liés à la désorientation (e.g., vertiges, étourdissement ; Caserman et al., 2021 ; Palmisano et al., 2020), tandis que les symptômes liés à la vue sont prédominants pour la réalité augmentée et la réalité mixte (e.g., fatigue oculaire, migraine ; Davis et al., 2014 ; Duan et al., 2024 ; Hughes et al., 2020 ; Kennedy et al., 1993). Pour diminuer l'apparition de ces symptômes, il est préconisé lors des premières utilisations de réaliser des sessions inférieures à 20 minutes et qui sont espacées dans le temps. Une fois survenus, les symptômes disparaissent à partir de 15 minutes (Caserman et al., 2021 ; Lawson et Stanney, 2021 ; Liao et al., 2020 ; Martirosov et Kopecek, 2017 ; Palmisano et al., 2020). Caserman et al. (2021) précisent que l'apparition des symptômes de *Cybersickness* tend à s'amenuiser avec l'évolution des TI car ils proviennent majoritairement de dysfonctionnements d'ordre technique (e.g., incohérence, latence, déplacements).

Une troisième limite des TI est d'ordre éthique et légal (Cox et al., 2024). Elle concerne principalement la collecte, la sauvegarde, et l'utilisation des données produites par les TI (Cox et al., 2024 ; Dick, 2021 ; Fernandez et Hui, 2022 ; Genet, 2021 ; McGill et Mark, 2021 ; Middleton, 2022 ; Santos et Peslak, 2022). Pour fonctionner, ces technologies récupèrent un large panel de données permettant d'identifier directement, ou indirectement, leurs utilisateurs. Elles peuvent être de nature personnelles (e.g., âge, e-mail), physiologiques (e.g., rythme cardiaque, saccades oculaires), cognitives (e.g., prise de décision, temps de réaction), comportementales (e.g., conversations, performance), ou environnementales (e.g., salon, bureau ; Cox et al., 2024 ; Dick, 2021 ; Genet, 2021 ; McGill et Mark, 2021). Le croisement de ces données fait de ces TI un outil puissant dans l'analyse et la prédiction du fonctionnement

humain, tant pour des fins académiques que commerciales. C'est la raison pour laquelle l'emploi des données générées par ces technologies entre en écho avec un besoin de transparence de la part de ses utilisateurs (Cox et al., 2024 ; McGill et Mark, 2021). Plusieurs institutions proposent des recommandations pour favoriser un usage éthique de ces technologies et mettent en garde sur la nécessité de réguler leurs usages (Cox et al., 2024 ; McGill et Mark, 2021). Un exemple européen est le RGPD qui fournit un cadre légal dans l'usage de ces technologies ainsi que dans la manipulation des informations personnelles qu'elles collectent (Genet, 2021 ; McGill et Mark, 2021). Cette question de l'utilisation éthique des TI reste néanmoins récente, tend à évoluer sur les prochaines années (e.g., développement durable, criminalité, inclusivité), et requière la collaboration d'un ensemble d'acteurs pour pouvoir y répondre (e.g., constructeur, développeurs, représentants institutionnels, chercheurs ; Cox et al., 2024 ; Dick, 2021 ; Fernandez et Hui, 2022 ; McGill et Mark, 2021).

5. Synthèse

Depuis la création du Sensorama par Morton Heiling, les technologies immersives n'ont cessé de se perfectionner et de s'immiscer dans différents pans de notre société (Kumawat et al., 2020). Ces technologies, qui mélangent des environnements virtuels au monde réel, provoquent un sentiment de présence chez leurs utilisateurs à travers une expérience d'immersion (Suh et Prophet, 2018). Elles se divisent en trois grandes familles : la réalité augmentée, la réalité mixte, et la réalité virtuelle. La réalité augmentée superpose des éléments virtuels à la réalité, la réalité mixte intègre à la réalité des éléments virtuels interactifs, et la réalité virtuelle occulte la réalité avec un environnement entièrement numérique (Milman, 2018 ; Speicher et al., 2019). Ces technologies immersives commencent à atteindre un stade de maturité technologique. On se demande désormais comment optimiser leurs usages plutôt que de savoir si elles sont viables (Caserman et al., 2021 ; Cummings et Bailenson, 2016). Mais peut-on appliquer le même constat quand ces technologies sont utilisées à des fins d'apprentissage ? Pour répondre à cette question, nous aborderons dans le deuxième chapitre théorique les apports techniques, psychologiques, et pédagogiques de ces technologies quand elles sont utilisées à des fins d'apprentissage.

Chapitre 2 : L'Immersive Learning

« Dis-moi, et j'oublierai. Enseigne-moi, et me souviendrai. Implique et moi, et j'apprendrai »
(Xunzi, 2014, p96).

Cette citation prend racine dans le texte philosophique de Xunzi, un philosophe chinois du III^e siècle avant J.C. Elle partage deux points communs avec les technologies immersives quand elles sont appliquées à des fins d'apprentissage. Le premier est qu'elle suppose que l'on apprend mieux à travers une pédagogie active. Les technologies immersives, qui proposent des environnements interactifs pour développer des compétences, privilégient également l'apprentissage par l'action. L'apprenant se retrouve engagé dans des environnements immersifs où il peut s'initier au développement de ses compétences. Il n'est plus spectateur, mais acteur de son apprentissage (Marougkas et al., 2023). Le deuxième point commun est le mysticisme recouvrant autant cette citation que les technologies immersives quand elles sont appliquées à des fins d'apprentissage. Maintes fois retransformée et faussement attribuée, les apports pédagogiques des technologies immersives empruntent le même chemin (Grosshans, 2019). On apprendrait quatre fois plus rapidement avec les technologies immersives, les performances seraient augmentées de 230%, la confiance en soi de 300%, et la concentration de 400% (EDU, 2023). En bonus, elles feraient aussi le café... Alors, mythe ou réalité ? Qu'apportent-elles vraiment à l'apprentissage ? Car si les technologies immersives n'améliorent pas notre pédagogie, pourquoi devrions-nous les utiliser ? Dans ce deuxième chapitre théorique, la question de la plus-value de ces technologies pour l'apprentissage est donc abordée. Nous commençons par définir le concept d'immersive learning. Nous résumons ensuite trois types d'apports que ces technologies immersives possèdent quand elles sont utilisées à des fins d'apprentissage : les apports techniques, les apports psychologiques, et les apports pédagogiques (Fernandes et al., 2023 ; Makransky et Petersen, 2021).

1. L'Immersive Learning, une mise à jour du concept

L'éducation, la formation, et l'enseignement, emploient les Technologies Immersives (TI) depuis maintenant plusieurs dizaines d'années. La réalité virtuelle, la réalité augmentée, comme la réalité mixte, ont démontré leur efficacité pour développer les compétences des populations apprenantes (Haque et Srinivasan, 2006 ; Lin et al., 2023 ; Luo et al., 2021 ; Merchant et al., 2014 ; Ozdemir et al., 2018 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2013). Cette pédagogie singulière se traduit par un investissement croissant dans ces technologies innovantes et un regain des travaux de recherche sur le domaine (Asoodar et al., 2024 ; CNXR, 2023 ; Cohen, 2018 ; Goldman Sachs, 2018 ; GVR, 2023 ; Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022 ; OECD, 2024). Ce nouveau souffle entraîne aussi la réactualisation d'un terme : l'Immersive Learning (IL). Auparavant, il était utilisé pour signifier l'apprentissage par l'immersion. Ce concept d'immersion ne se cantonnait pas aux TI car il renvoyait au sentiment d'être immergé dans un scénario, une tâche, ou un environnement (Agrewal et al., 2020 ; Mystakidis et Lympouridis, 2023 ; Nilsson et al., 2016). Un jeu de rôle, la lecture, ou encore une pièce de théâtre, pouvaient provoquer ce fameux sentiment d'immersion chez une personne. Avec l'évolution de la définition du concept d'immersion, et de son association aux caractéristiques techniques d'une TI, le terme d'IL a lui aussi changé. Aujourd'hui, il désigne le fait d'apprendre avec une TI. L'IL englobe donc les technologies de réalité augmentée, virtuelle, et mixte, quand elles sont employées à des fins d'apprentissage. C'est cette définition que nous conserverons dans la suite de ce manuscrit et que nous pouvons désormais retrouver dans la littérature contemporaine (Dengel, 2022 ; Dengel et Mägdefrau, 2018 ; Dupain et al., 2023 ; Fernandes et al., 2023 ; Makransky et Petersen, 2021 ; Mystakidis et Lympouridis, 2023).

Cependant, il n'existe pas encore de théorie spécifique à l'IL. Plusieurs raisons justifient cette absence. La première est due à la prolifération récente des études sur le domaine et qui est étroitement liée à la démocratisation des casques *HMDs* depuis 2016 (Asoodar et al., 2024 ; Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022 ; Makransky et Petersen, 2021). Une deuxième raison est que ces études portent en grande majorité sur des environnements de réalité virtuelle immersifs. Les casques *HMDs* sont plus facilement acquérables par les laboratoires de recherche que d'autres TI (e.g., simulateurs lourds, réalité augmentée). Il en résulte qu'il existe moins d'études sur l'efficacité pédagogique de la réalité augmentée et mixte permettant d'élaborer un modèle applicable à l'ensemble des TI (Asoodar et al., 2024 ; Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022). Une troisième raison est que ces études comparent des technologies, ou méthodologies, entre elles afin d'observer leurs plus-values sur l'apprentissage. Les méta-analyses de Coban et al. (2022), ou celle de Wu et al. (2020), le démontrent en étudiant l'effet du degré d'immersion sur l'apprentissage. On est donc

davantage sur des comparaisons d'ordres techniques que la synthèse des process psychologiques impliqués dans l'IL.

Une quatrième raison est que les études conduites jusqu'à présent reposent essentiellement sur des théories préexistantes et non spécifiques à l'IL (Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022 ; Maroukhas et al., 2023). Maroukhas et al. (2023) en recensent les principales telles que le constructivisme, l'apprentissage expérientiel, le flow, la charge mentale, ou encore l'apprentissage par le jeu. Bien que ces théories aient démontré leurs pertinences pour étudier l'apprentissage avec les TI, elles ne leurs sont pas exclusives (Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022 ; Maroukhas et al., 2023). Une dernière raison est la diversité des termes s'associant à un même concept : l'IL. Ce phénomène est courant en sciences humaines et sociales, en particulier sur des concepts récents ou peu étudiés (Gonzalez et al., 2021 ; Hanfstingl et al., 2024). Les termes *Virtual Learning Environment*, *Educational Virtual Environment*, *Immersive Virtual Reality*, *Head-Monted Displays*, *Immersive Learning* ou encore *Immersive Game-Based Learning* sont représentatifs de ce *jingle-jangle fallacies*. Malgré plus de trente années de recherche sur l'IL, ce domaine d'étude en est donc encore à son commencement. Cette étape de divergence et d'expérimentation foisonnante est naturelle avant l'élaboration d'une théorie commune permettant de synthétiser les résultats récoltés.

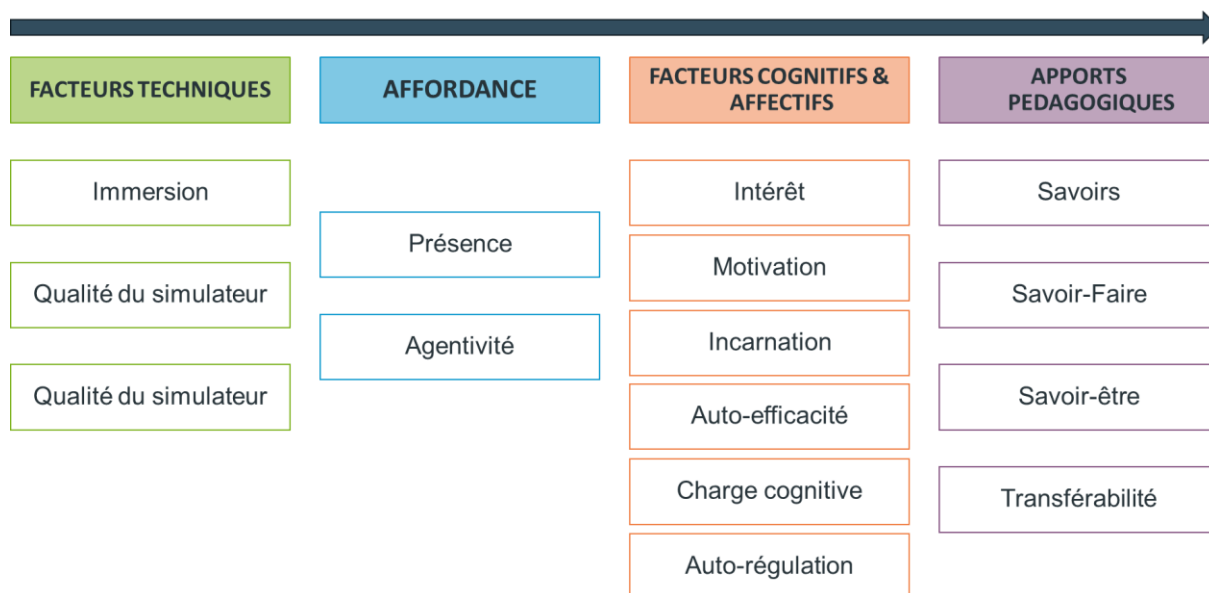


Figure 9. Le modèle du CAMIL de Makransky et Petersen (2021).

Pour simplifier la compréhension et la conduite des études sur l'IL, Makransky et Petersen (2021) ont proposé le modèle *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* comme cadre théorique (CAMIL). Se basant sur les résultats d'études expérimentales, ce modèle hypothétique regroupe les principales variables impactant l'apprentissage lors de l'utilisation des TI. Il les divise en 4 catégories qui se prédisent de manière successive : les facteurs techniques (1), l'affordance (2), les facteurs affectifs et cognitifs (3), et les apports pédagogiques (4). L'élaboration de ce modèle de l'IL est prometteuse car il manque un modèle consensuel à l'apprentissage avec les TI. Ce cadre théorique est encore à valider expérimentalement afin d'observer sa pertinence lors de l'étude de l'efficacité pédagogique de ces outils (Petersen et al., 2022 ; Stirzel, 2023). Il permet néanmoins de poser un cadre théorique commun que les auteurs supposent applicable aux technologies de réalité virtuelle, augmentée, et mixte (Makransky et Petersen, 2021). Dans les paragraphes suivants, nous définissons ces quatre catégories de l'IL du modèle CAMIL en les répartissant en 3 types d'apports : les apports techniques (1), les apports psychologiques (2), et les apports pédagogiques (3 ; Fernandes et al., 2023).

2. Les apports techniques de l'Immersive Learning

La première catégorie du modèle CAMIL concernent les facteurs techniques de l'Immersive Learning (IL). Ils regroupent le degré d'immersion proposé par le simulateur (e.g., sons, images), les possibilités d'actions sur l'environnement immersif, et la qualité de la technologie développée (e.g., graphisme, réalisme, fidélité). Plus simplement, cette première catégorie renvoie à ce que l'IL octroie d'un point de vue purement technique (Makransky et Petersen, 2021). Elle englobe aussi bien les composantes matérielles des simulateurs (i.e., hardware) que les logiciels d'apprentissage qui leurs sont associés (i.e., software). Un premier apport technique de l'IL est la reproduction d'environnements virtuels réalistes, personnalisables, et contrôlés. Lors du développement d'un simulateur, les concepteurs choisissent les éléments, informations, situations, ou personnes avec lesquels l'apprenant est amené à interagir quand il est en simulation (e.g., missions, équipements, collaborateurs). C'est donc la reproduction de situations entièrement contrôlées qu'offre l'IL aux apprenants ; un bac à sable paramétrable qui contextualise le développement de leurs compétences (Häfner, 2020 ; Naranjo et al., 2020). Un deuxième apport technique de l'IL est la reproduction de situations exceptionnelles ou dangereuses. Pouvoir réagir à des événements inattendus est l'apanage de nombreux métiers (e.g., pompier, chimiste, couvreur, menuisier). Il semble difficilement concevable de mettre intentionnellement un apprenant en danger afin qu'il puisse tirer les leçons de cette situation et savoir comment y réagir si elle se présente à nouveau devant lui. L'IL fait découvrir ces situations à risque, leurs origines, et leurs conséquences sans mettre les apprenants en danger (Häfner, 2020 ; Naranjo et al., 2020).

Un troisième apport technique de l'IL est l'intégration de capteurs sensoriels et comportementaux. Le degré d'immersion permet de proposer un panel de stimuli sensoriel aux apprenants afin de rendre l'expérience plus réaliste (e.g., olfactif, auditif, visuel ; Burkhardt, 2003 ; Cummings et Bailenson, 2016). L'inverse est également possible. Le simulateur peut récupérer des informations physiologiques et comportementales de l'apprenant lors de son immersion (e.g., rythme cardiaque, manipulation d'objet, communication verbale). Par exemple, un simulateur de taille de pierre⁵ peut enregistrer la vitesse, l'angle, ou la force du geste réalisé par l'apprenant. Quand ces données sont récoltées, analysées, et contextualisées à une situation d'apprentissage, on les appelle les *Learning Analytics* (Fernandes et al., 2023 ; Leitner et al., 2017 ; Reis et Marques, 2020). Un dernier apport que nous pouvons citer est la réduction des coûts temporels, matériel, et spatiaux. En effet, l'IL permet de réduire le temps de préparation d'une activité pédagogique et d'économiser les consommables qui lui sont associée. Un simulateur de peinture industriel⁶ permet d'obtenir une pièce prête à l'emploi et la recouvrir d'autant de peinture que souhaité. L'IL permet aussi une réduction spatiale car un simulateur peut reproduire plusieurs machines ou situations professionnelles dans un même espace physique. Les espaces de formation, tels que les plateaux techniques ou les salles de classe, ont la possibilité d'être repensés afin de proposer aux apprenants un ensemble d'environnements d'apprentissage complémentaires dans un espace physique contraint (Häfner, 2020 ; Naranjo et al., 2020).

3. Les apports psychologiques de l'Immersive Learning

La deuxième catégorie du modèle CAMIL est l'affordance. Elle regroupe le sentiment de présence et d'agentivité ressentis par l'utilisateur. C'est-à-dire à quel point il a l'impression d'être une partie intégrante de l'environnement immersif (i.e., présence physique, sociale, identitaire), et de pouvoir agir dessus (i.e., agentivité). Le sentiment de présence et le sentiment d'agentivité sont directement provoqués par les facteurs techniques de l'environnement immersif (Chang et al., 2022 ; Chen et al., 2022b ; Cummings et Bailenson, 2016 ; Makransky et Petersen, 2021 ; Petersen et al., 2022). Ces deux variables psychologiques permettent à l'apprenant de contextualiser son apprentissage dans un environnement qu'il juge comme réaliste, interactif, riche, et cohérent. Elle favorise également la compréhension et l'acquisition de compétences en permettant l'apprentissage par l'action plutôt que la simple réception d'informations (Marougkas et al., 2023). L'apprenant peut essayer, se tromper, et recommencer autant de fois que nécessaire. Les *Learning Analytics* favorisent la compréhension de ses erreurs et le guident jusqu'à l'acquisition d'un premier

⁵ <https://mimbus.com/produit/mimbus-stone-edu-up/>

⁶ <https://mimbus.com/produit/simspray/>

niveau de compétence. Ils viennent aussi enrichir le débriefing du formateur afin d'individualiser son apprentissage en lui proposant des exercices adaptés à ses performances (Fernandes et al., 2023 ; Leitner et al., 2017 ; Reis et Marques, 2020). Le sentiment de présence et d'agentivité sont étroitement liés à la troisième catégorie du modèle CAMIL : les facteurs cognitifs et affectifs. Ces deux catégories se rejoignent dans les états psychologiques provoqués chez l'apprenant. Dans le cadre théorique du CAMIL, Makrasky et Petersen (2021) les distinguent car plusieurs études mettent en avant le rôle médiateur du sentiment de présence et du sentiment d'agentivité. L'affordance serait ainsi la passerelle entre les caractéristiques techniques d'un environnement immersif et les états psychologiques provoqués chez les apprenants (Chang et al., 2022 ; Chen et al., 2022b ; Makrasky et Petersen, 2021).

La troisième catégorie du modèle CAMIL regroupe donc un ensemble de variables psychologiques provoquées par un haut niveau d'affordance lors de l'utilisation d'un environnement immersif. Parmi les plus récurrentes, ils listent l'intérêt, la motivation intrinsèque, l'auto-efficacité, et l'incarnation. Makrasky et Petersen (2021) précisent que ces variables ne sont pas les seules provoquées par un fort niveau d'affordance mais qu'elles en sont les plus étudiées. Par exemple, l'Immersive Learning (IL) suscite l'intérêt des apprenants en leur proposant des environnements stimulants, nouveaux, et dans lesquels ils sont autonomes. Cette curiosité de vouloir en connaître davantage, se traduit dans leur intérêt à utiliser l'IL pour développer leurs compétences (Cheng et al., 2022). La motivation intrinsèque désigne la volonté de s'impliquer dans une activité afin de susciter de la satisfaction et du plaisir. Quand la motivation est suscitée en IL, elle provoque un cercle vertueux chez l'apprenant. Ils sont plus concentrés et engagés dans l'atteinte des objectifs pédagogiques, ce qui a pour conséquence d'améliorer l'apprentissage (Howard et al., 2021 ; Huang et al., 2019a). L'IL favoriserait ainsi l'apprentissage en augmentant l'engagement, la motivation, la curiosité, et la satisfaction (Chen et al., 2024 ; Cheng et al., 2022 ; Huang et al., 2019a ; Huang et al., 2023 ; Makrasky et Petersen, 2021 ; Oprean et Balakrishnan, 2020 ; Poupard et al., 2024). Toutefois, ces auteurs mettent en garde sur le besoin d'outils de mesure standardisés et discriminants lors de l'étude de ces concepts. En effet, ces variables psychologiques sont conceptuellement proches entre elles et peuvent parfois se confondre dans leurs mesures.

Un autre apport psychologique de l'IL concerne l'auto-efficacité et l'augmentation de la confiance en soi des apprenants. L'auto-efficacité désigne la confiance que l'on a dans ses performances lors de la réalisation d'une tâche ou l'atteinte d'un objectif (Bandura, 1986 ; Liaw et Huang., 2013). L'IL donne l'occasion aux apprenants de s'entraîner dans un environnement qu'ils considèrent comme similaires à la réalité. Réussir une tâche dans ces environnements leur fournirait un sentiment de réussite et augmenterait leur confiance en soi pour l'appliquer

en situation réelle (Lin et Yu, 2023 ; Park et al., 2024 ; Yu et Duan, 2024). Enfin, l'incarnation avec les technologies immersives est le sentiment de posséder un corps virtuel qui nous est propre. Elle est favorisée par l'impression d'être localisée à l'intérieur de son corps virtuel, de pouvoir le contrôler, et de le posséder (Abbey et al., 2021 ; Makransky et Petersen, 2021 ; Nimcharoen et al., 2018). L'intérêt de l'incarnation pour l'apprentissage est double. Il permet de vivre les événements qui arrivent à notre corps virtuel comme s'il l'on vivait réellement. Cela a pour conséquence de rendre l'IL impactant. Le deuxième avantage est d'être influencé par les caractéristiques de l'avatar que l'on incarne dans un environnement virtuel. Aussi appelé *Proteus Effect*, ce domaine d'étude donne des pistes prometteuses pour développer des compétences interpersonnelles et sociales telle que l'empathie (Bertrand et al., 2018 ; Liu, 2023 ; Slater, 2017).

4. Les apports pédagogiques de l'Immersive Learning

La dernière catégorie du modèle CAMIL concerne les apports pédagogiques de l'Immersive Learning (IL). Elle regroupe les compétences développées avec les technologies immersives ainsi que leurs transférabilités en situation réelle (Markransky et Petersen, 2021). Nous entendons par compétence une combinaison de savoirs, savoir-faire, et savoir-être s'exerçant dans un contexte précis où elles sont observables et validables (De Witte, 1998 ; El Asame et Wakrim, 2018 ; Laviolette et Lou, 2006). Concernant les apports pédagogiques de l'IL, la littérature est aujourd'hui prolifique. De nombreuses méta-analyses synthétisent les résultats de centaines d'études sur l'efficacité pédagogique de l'IL (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Chang et al., 2022 ; Chen et al., 2022 ; Coban et al., 2022 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Faria et Miranda, 2024 ; Garzón et al., 2019 ; Gong et al., 2024 ; Guedes et al., 2019 ; Haque et Srinivasan, 2006 ; Howard et al., 2021 ; Howard et Gutworth, 2020 ; Kaplan et al., 2021 ; Lin et Yu, 2023 ; Merchant et al., 2014 ; Moro et al., 2021 ; Ozdemir et al., 2018 ; Park et al., 2024 ; Portelli et al., 2020 ; Scorgie et al., 2024 ; Wu et al., 2020 ; Yu et Duan, 2020 ; Zhang et al., 2022). Parmi celles citées, le fait que seulement deux soient antérieures à 2016 témoigne à nouveau du caractère récent de ce domaine d'étude. Due à leur ancienneté, ces deux méta-analyses portent sur l'efficacité de la réalité virtuelle non-immersive dans le domaine de la chirurgie médicale (Haque et Srinivasan, 2006), et des *Science Technology Engineering et Mathematics* (i.e., STEM ; Merchant et al., 2014).

Les domaines de formation les plus étudiés dans ces méta-analyses sont la médecine (Guedes et al., 2019 ; Haque et Srinivasan, 2006 ; Kaplan et al., 2021 ; Moro et al., 2021 ; Park et al., 2024 ; Portelli et al., 2020), les STEM (Chang et al., 2022 ; Faria et Miranda, 2024 ; Garzón et al., 2019 ; Merchant et al., 2014 ; Ozdemir et al., 2018 ; Zhang et al., 2022), les langues (Chen et al., 2022 ; Yu et Duan, 2020), et la sécurité (Gong et al., 2024 ; Scorgie et

al, 2024). Les domaines de formation portant sur l'industrie (Daling et Schlittmeier, 2024) ou le développement des compétences interpersonnelles et sociales (Howard et Gutworth, 2020) sont nettement moins représentés. Certaines de ces méta-analyses sont transversales à plusieurs domaines de formation où le médical, les STEM, la sécurité, et les langues sont une fois encore majoritaires dans les études analysées (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Coban et al., 2022 ; Howard et al., 2021 ; Lin et Yu., 2023 ; Wu et al., 2020). Leurs participants proviennent en grande majorité de l'enseignement primaire, secondaire, et de l'enseignement supérieur. Cette première tendance montre un manque criant d'études sur les formations professionnelles et techniques spécifiques aux secteurs du bâtiment, de l'industrie, ou de l'agro-alimentaire (Daling et Schlittmeier, 2024). A titre d'exemple, la méta-analyse d'Angel-Urdinola et al. (2021) inclut deux formations de chaudronnerie en IL tandis que celle de Daling et Schlittmeier (2024) portent davantage sur des compétences manuelles transversales (e.g., assemblage de puzzle, de blocs, ou de Lego) que spécifiques à un métier (e.g., mécanicien, soudeur).

Dans l'ensemble, ces méta-analyses indiquent que l'IL est majoritairement plus efficace, ou équivalent, à des méthodes d'apprentissage plus traditionnelles (e.g., PowerPoint, livres, leçons, ateliers). Toutefois, ces résultats sont à interpréter avec prudence. Une première raison est que des études analysées dans ces méta-analyses présentent un effet négatif sur l'apprentissage. Bien que minoritaire, cet effet délétère souligne l'importance de la qualité du logiciel immersif et du contexte dans lequel ils sont employés. Une deuxième raison est que l'IL se veut complémentaire, et non substituable, aux méthodes de formation plus traditionnelles (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Howard et al., 2021 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2020). Une troisième raison concerne les compétences développées avec l'IL. Les méthodes d'évaluation sont principalement focalisées sur l'acquisition et la rétention des connaissances. L'évaluation des savoir-faire est minoritaire tandis que celle pour les savoir-être sont insuffisantes pour être synthétisées avec une méta-analyse. Cela ne veut pas dire qu'elles sont inexistantes, juste moins nombreuses (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Howard et Gutworth, 2020). Cette différence s'explique par la facilité de réaliser des évaluations quantifiables et standardisées sur les savoirs (e.g., questionnaires), plutôt que sur les savoir-être ou les savoir-faire (e.g., observations). Cet effet est renforcé par l'importance des études dans l'enseignement primaire et secondaire où l'acquisition des savoirs est privilégiée (e.g., mathématiques, biologie, histoire). Un quatrième point de vigilance concerne la temporalité de ces évaluations qui sont mises en place juste après les interventions (i.e., IL vs. Condition contrôle). La rareté d'études longitudinales ne permet pas d'évaluer de manière globale la pérennité des compétences développées, ou de leurs transferts en situations réelles (Daling et Schlittmeier, 2024 ; Gong et al., 2024 ; Howard et

Gutworth, 2020 ; Scorgie et al., 2024). La méta-analyse de Wu et al. (2020) montre cependant des résultats prometteurs sur ces deux aspects. Pour contourner ces limites, de futurs travaux gagneraient également à s'inspirer du domaine médical dans lequel l'Immersive Learning est intégré dans des cursus de formation axés sur le développement des savoir-faire (Howard et al., 2021 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2020).

5. Synthèse

La sortie des casques autonomes *HMDs* en 2016 a engendré un souffle nouveau pour l'immersive learning. Plus accessibles, les études sur l'immersive learning se sont démultipliées pour évaluer ses bénéfices pour l'apprentissage (Asoodar et al., 2024 ; Krassmann et al., 2023 ; Kuhail et al., 2022). En s'inspirant du modèle CAMIL de Makrasky et Petersen (2021), ce chapitre a résumé trois types d'apports à l'immersive learning : les apports techniques (1), les apports psychologiques (2), et les apports pédagogiques (3 ; Fernandes et al., 2023). Les apports techniques se focalisent sur les caractéristiques et fonctionnalités techniques de l'immersive learning. L'intégration de *Learning Analytics* ou la création d'environnements virtuels contrôlés, interactifs, sécurisés, et paramétrables, en sont plusieurs exemples. Les apports psychologiques se concentrent sur ce que provoque l'immersive learning chez les apprenants tels que l'augmentation de la motivation, de l'engagement, du sentiment de présence, et d'affordance. Les apports pédagogiques désignent quant à eux les compétences développées chez les apprenants et leurs transférabilités en situation réelles (Fernandes et al., 2023 ; Makrasky et Petersen, 2021). Cette revue de littérature nous montre que nous sommes bien loin des promesses tenues par certains médias (EDU, 2023). La méta-analyse d'Angel-Urdinola et al. (2021) l'illustre. Leurs analyses font ressortir un gain d'environ 30% en termes d'apprentissage, de réduction du nombre d'erreurs, et du temps de formation lorsque l'immersive learning est comparé à des méthodes plus traditionnelles (Angel-Urdinola et al., 2021). Il y a apprentissage certes, mais pas de la même ampleur. Aussi, plusieurs auteurs s'accordent sur le caractère complémentaire et contextuel de l'immersive learning. C'est-à-dire que l'immersive learning n'est pas là pour remplacer les méthodes existantes mais pour s'intégrer avec pertinence dans les dispositifs de formation existants (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Howard et al., 2021 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2020). Et c'est là tout le sujet de cette thèse ; le changement que provoque l'intégration de l'immersive learning dans les dispositifs de formation existants. Jusqu'à présent, nous avons défini ce que nous entendions par technologies immersives et listé ses avantages quand elles sont appliquées à un contexte d'apprentissage. Dans le dernier chapitre théorique de cette thèse, nous aborderons le changement que ces technologies provoquent au sein des organismes de formation et la manière dont nous avons choisi de l'étudier pour faciliter son implémentation.

Chapitre 3 : Le changement et l'Immersive Learning

« Promouvoir l'éducation inclusive par les technologies requiert des actions collectives et collaboratives des pédagogues, institutionnels, parents, associations, et développeurs. C'est en travaillant ensemble que nous pourrions faciliter l'accès à ces technologies, soutenir le développement professionnel des pédagogues, et défendre des politiques favorisant l'équité numérique » (Eden, Chisom, et Adeniyi, 2024, p5).

L'appropriation des technologies éducatives par les équipes pédagogiques est l'un des enjeux du 21^e siècle afin d'améliorer la qualité, l'accessibilité, l'égalité, et l'individualisation de la formation aux futures générations (Chauhan, 2017 ; Huang et al., 2019b ; OECD, 2023a ; OECD, 2023b ; UNESCO, 2020 ; UNSECO, 2023 ; UNICEF, 2021). Pour autant, pouvons-nous considérer que l'intégration de ces technologies dans les pratiques des organismes de formation relève de l'unique responsabilité des formateurs et des enseignants ? Cette modification des pratiques pédagogiques pour inclure le numérique n'engendrait-il pas un changement à plus grande échelle ? Pour appréhender ce changement de pratique, nous le définissons comme un changement organisationnel car il supposerait une modification dans la façon dont les organismes de formation fonctionnent (Garcia, 2012). L'intégration de ces technologies éducatives nécessiterait alors des actions collectives et collaboratives d'une pluralité d'acteurs (Chugh et al., 2023 ; Eden et al., 2024). Les technologies immersives et l'immersive learning n'en font pas exception. Institutionnels, pédagogues, développeurs, associations, chercheurs, consultants, directeurs et responsables d'organismes de formation, sont autant d'acteurs impliqués dans ce changement (Dengel et al., 2021 ; Dupain et al., 2023 ; Lee et al., 2021). Ils devraient travailler de concert pour apporter leurs expertises et intégrer durablement l'immersive learning dans l'acte de formation. Dans ce troisième chapitre théorique, nous abordons ainsi l'immersive learning comme un changement organisationnel. Nous commençons par définir ce concept et nous expliquons pourquoi il peut être appliqué à l'immersive learning. Nous présentons ensuite les trois approches du changement organisationnel qui seront utilisées dans cette thèse pour étudier les déterminants à intégration de l'immersive learning dans les pratiques des organismes de formation. Ces trois approches portent sur l'immersive learning comme un processus de changement organisationnel qui s'incarne dans un projet (1 ; Dengel et al., 2021 ; Dupain et al., 2023 ; Fleury et al., 2023 ; Hornstein, 2015), avec des acteurs qui le conduisent (2 ; Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024 ; Mansaray, 2019 ; Ulrich et al., 2013) et des formateurs qui le reçoivent (3 ; Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; Khukalenko et al., 2022 ; Thohir et al., 2023).

1. L'Immersive Learning comme changement organisationnel

Le concept de Changement Organisationnel (CO) s'inscrit dans le large courant de recherche qu'est le développement organisationnel (Burnes et Cooke, 2012 ; Garcia, 2012). Introduit par Kurt Lewin dans la première moitié du 20^e siècle, ce courant de recherche n'a pas cessé de prospérer (Burnes et Cooke, 2012 ; Cummings et al., 2016). Le développement organisationnel consiste à étudier l'ensemble des processus, méthodes, pratiques, et théories liés à l'implémentation d'un changement dans le fonctionnement d'une organisation. Il a pour vocation d'allier les méthodes de recherche académique à la réalité du terrain afin d'observer comment les organisations réagissent et intègrent un CO (Burnes et Cooke, 2012 ; Garcia, 2012). Bien qu'il n'existe pas encore de définition consensuelle de ce qu'est le développement organisationnel (Burnes et Cooke, 2012), Burke et Noumair (2015) listent trois critères pour qu'un CO provoque un développement organisationnel : il doit provenir d'un besoin de changer de la part d'une personne au sein d'une organisation (i.e., critère 1), cette personne doit être impliquée dans la planification et l'implémentation du changement (i.e., critère 2), et ce changement doit amener à une modification durable du fonctionnement de l'organisation en question (i.e., critère 3 ; e.g., culture, méthode, valeur). Dans sa revue de littérature, Garcia (2012, p47) synthétise une vingtaine de définitions du CO afin d'en fournir une définition commune. Le CO serait toute action, ou groupe d'action, provoquant une modification durable dans la façon dont les organisations fonctionnent tant à un niveau individuel, collectif, qu'organisationnel.

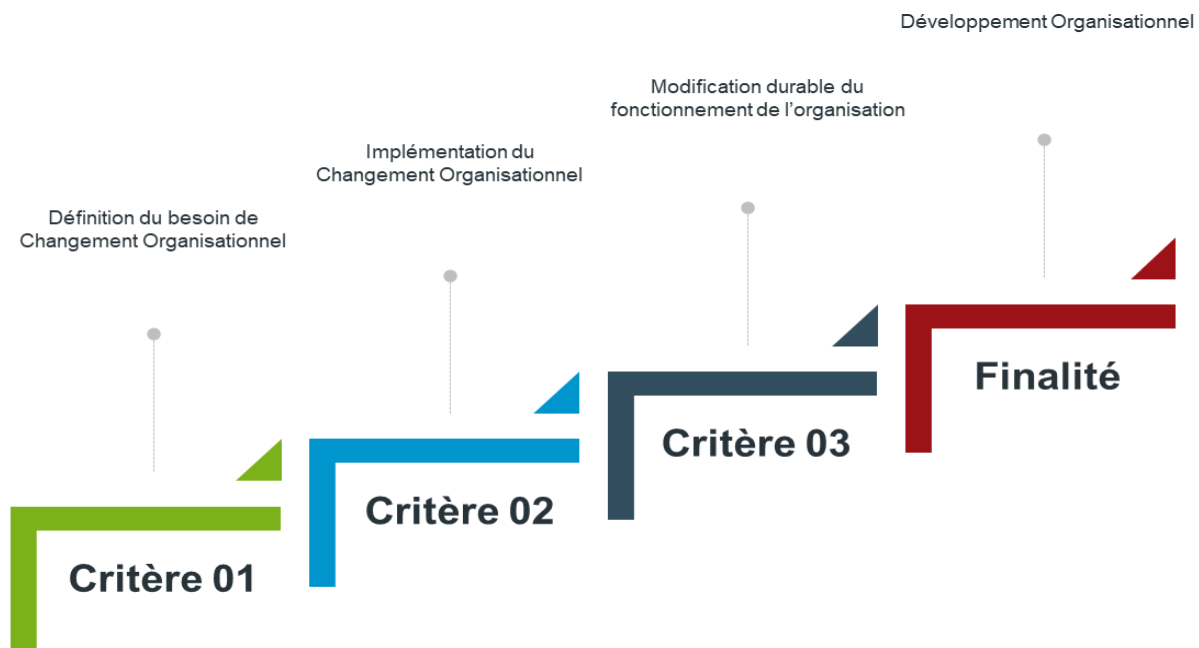


Figure 10. Les trois critères de Burke et Noumair (2015) du développement organisationnel.

Au regard de ces deux définitions, nous pouvons considérer l'Immersive Learning (IL), et plus globalement les technologies éducatives, comme provoquant un CO. Les technologies éducatives font ressortir un besoin des institutions et des organismes de formation afin d'améliorer la qualité, l'équité, l'inclusivité, et l'accessibilité de l'apprentissage (i.e., critère 1). Les institutions et les organismes de formations doivent pouvoir accompagner les équipes pédagogiques à s'approprier ces technologies éducatives (i.e., critère 2). Cette appropriation des technologies éducatives par les équipes pédagogiques permettrait de développer de nouvelles méthodes d'apprentissage incluant le numérique et améliorant la qualité des dispositifs de formation actuels (i.e., critère 3). Cette inclusion du numérique dans les pratiques pédagogiques provoqueraient alors une modification durable dans la façon dont les organismes de formation fonctionnent tant à un niveau individuel, collectif, qu'organisationnel (i.e., CO ; Chauhan, 2017 ; Chugh et al., 2023 ; Eden et al., 2024 ; Huang et al., 2019b ; OECD, 2023a ; OECD, 2023b ; UNESCO, 2020 ; UNSECO, 2023 ; UNICEF, 2021). L'IL pourrait également provoquer un développement organisationnel au sein des organismes de formation (Dengel et al., 2021 ; Lee et al., 2021). Divers travaux témoignent du potentiel et de la pertinence des Technologies Immersives (TI) à être utilisées à des fins d'apprentissage (CNXR, 2023 ; Cohen, 2018 ; Dupain et al., 2023 ; Goldman Sachs, 2018 ; GVR, 2023 ; OECD, 2024). Deux autres critères doivent aussi être respectés (Burke et Noumair, 2015). Le premier est que les formateurs doivent être accompagnés par les institutions et leurs organismes de formations pour se les approprier. On peut donc légitimement se poser la question sur la manière dont cet accompagnement au changement est conduit. Le deuxième critère sous-tend que les formateurs et enseignants aient la volonté d'intégrer l'IL dans leurs activités pour modifier durablement leurs pratiques pédagogiques (Alfalah., 2018 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018).

Néanmoins, cette volonté peut se traduire en résistance et ralentir, voire interrompre, l'implémentation de ce CO (Alfaisal et al., 2024 ; Kazakou et Koutromanos., 2023 ; Weber., 2020). Ces résistances des formateurs revêtent diverses formes telles que la peur du remplacement, de tomber malade avec le Cybersickness, de perdre le contrôle sur son travail, ou encore de leur proximité avec les jeux-vidéo impactant la crédibilité de leur cours (Dupain et al., 2023 ; Wilson et al., 2019). Entrant en échos avec ces résistances, plusieurs études prospectives font ressortir trois principaux besoins des formateurs pour que ce changement s'opère (Alfalah, 2018 ; Khukalenko et al, 2022 ; Weber et al., 2018). Le premier est un besoin de montée en compétences aussi bien techniques que pédagogiques. Une montée en compétences techniques pour être autonome dans l'utilisation de ces TI. Une montée en compétences d'ingénierie pédagogique immersive afin de connaître ses apports, de savoir comment l'intégrer dans son curriculum, et de savoir comment animer un cours avec ces TI.

Le deuxième est un besoin temporel pour que les formateurs découvrent ces TI à leur rythme et aient le temps de se les approprier. Le troisième est un besoin d'assistance technique de leur service informatique afin d'obtenir de l'aide si cela s'avère nécessaire. Il serait intéressant de savoir si une intervention pourrait répondre à ces besoins des formateurs et diminuer leurs résistances. Deux études ont montré la pertinence d'adopter cette approche afin de favoriser l'acceptation de l'IL auprès de futurs formateurs et d'augmenter leur intention d'utiliser ces TI dans leurs cours (Evgenia et al., 2024 ; Li et al., 2023). Dans la continuité de ces travaux et en adoptant la méthode des T-Groups (Burnes et Cooke, 2012), l'étude 4 de cette thèse aura pour objectif d'évaluer l'effet d'une formation auprès de formateurs en activités.

La prise en compte des résistances et des besoins des formateurs est donc nécessaire afin de faciliter l'implémentation de l'IL dans leurs pratiques pédagogiques (Alfalah, 2018 ; Evgenia et al., 2024 ; Li et al., 2023 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018). Pour autant, pouvons-nous considérer que l'intégration de l'IL dans les pratiques des organismes de formation relève de l'unique responsabilité des formateurs et des enseignants ? Les critères de Burke et Noumair (2015) semblent indiquer le contraire pour qu'un CO provoque un développement organisationnel dans les pratiques d'une organisation. Spécifiques aux technologies éducatives et à l'IL, plusieurs travaux vont aussi dans ce sens (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021). L'implémentation de ces nouvelles méthodes d'apprentissage avec le numérique demanderait des actions collectives, collaboratives, et coordonnées d'une pluralité d'acteurs. Des actions de la part des institutionnels pour financer leur intégration, réguler leurs usages, et favoriser l'accessibilité et l'inclusivité du numérique. Des actions de la part des directeurs et responsables des organismes de formation pour fournir les ressources temporelles, matérielles, humaines, et techniques, afin que leurs équipes pédagogiques intègrent ces technologies dans leurs pratiques. Des actions de la part des chercheurs pour évaluer l'efficacité de ces technologies, explorer de nouvelles méthodes pour améliorer ces systèmes informatiques, et préconiser des actions pour optimiser leurs usages. Des actions de la part des équipes pédagogiques pour apporter leurs expertises dans le développement de ces technologies, les intégrer dans leurs pratiques, et accompagner les apprenants à maîtriser ces nouveaux médias pour développer leurs compétences. Des actions de la part des développeurs pour créer le contenu, assurer leurs interopérabilités, et appliquer les directives de ces diverses parties prenantes (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021).

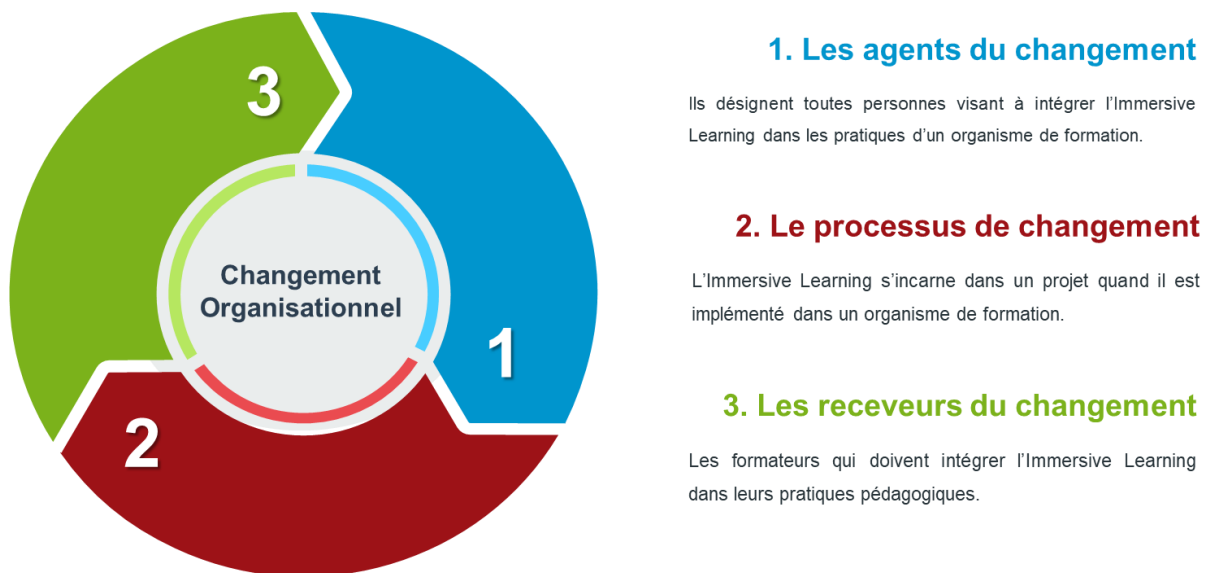


Figure 11. L'Immersive Learning étudié selon trois axes du Changement Organisationnel.

L'intégration de l'IL dans les pratiques des formateurs supposerait ainsi une approche multifactorielle pour comprendre l'impact de ces différents acteurs (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021). Afin d'étudier les facteurs facilitant son implémentation, nous l'aborderons comme un CO. Riche de plus de sept décennies de recherche, l'étude d'un CO peut désormais se décliner en trois principaux axes : le processus d'un changement (1 ; Burke, 2017 ; Kotter, 1996 ; Schein, 1961), les receveurs d'un changement (2 ; RC ; Endrejat et al., 2021 ; Oreg et al., 2011 ; Scherer et al., 2019), et les agents du changement (3 ; AC ; Gerwing, 2016 ; Mansaray, 2019 ; Ulrich et al., 2013). Dans le contexte de l'IL, le processus s'incarne dans un projet (1 ; Alhogail et Mirza, 2011 ; By, 2005 ; Fleury et al., 2023 ; Hornstein, 2015), les RC sont les formateurs (2 ; Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; Khukalenko et al., 2022 ; Thohir et al., 2023), tandis que les AC sont toutes personnes cherchant à intégrer l'usage de ces TI au sein des organismes de formation (3 ; Acton., 2021 ; Gerwing., 2016 ; Jordahn et al., 2024 ; Lee et al., 2022). Dans les trois parties suivantes de ce chapitre théorique, nous définirons ces trois axes de recherche adoptés dans ce travail de thèse et les rattacherons aux études exploratoires qui la composent.

2. Le processus du changement organisationnel

Le premier modèle connu du Changement Organisationnel (CO) est celui attribué à titre posthume à Kurt Lewin (Cummings et al., 2016 ; Lewin, 1947a ; Lewin, 1947b). Ce modèle décrit le CO comme un processus en trois étapes : *unfreezing* (1), *change* (2), et *refreeze* (3). La première étape de ce modèle – *Unfreeze* – consiste à analyser le fonctionnement actuel de l'organisation et le comportement de ses membres afin d'introduire le changement désiré. Plus simplement, c'est de rendre le terrain favorable au changement. La deuxième étape – *Change* – est l'implémentation du changement en tant que tel. Cette étape s'adapte en fonction du changement visé et peut prendre de multiples formes. Il peut impliquer le fonctionnement global d'une organisation (e.g., fusion, acquisition) ou une partie de son activité (e.g., service, process, méthode ; Burke, 2017). La dernière étape – *Refreeze* – vise à maintenir sur le long-terme le changement amené dans les pratiques de l'organisation. L'objectif de cette dernière étape est donc de stabiliser le changement apporté, d'évaluer sa pertinence, et de l'adapter si nécessaire. Ces trois étapes ne sont pas obligatoirement séquentielles et leurs actions peuvent se superposer en fonction du changement amené (Burke, 2017). Cummings et al. (2016) mettent en garde sur deux points concernant ce modèle. Le premier est qu'il est sûrement attribué à tort à Kurt Lewin afin de gagner en crédibilité lors de l'élaboration des modèles qui lui ont succédés. Le deuxième est qu'il donne une vision statique du changement alors que les travaux de Kurt Lewin mettent en avant un « équilibre précaire » du fonctionnement des groupes inscrit dans un process continu d'adaptation (Cummings et al., 2016). Ces trois étapes permettent néanmoins de donner une temporalité au CO avec un avant, un pendant, et un après.

Reposant sur la formulation initiale de ce modèle du changement en trois étapes, les modèles décrivant le process du CO se sont ensuite démultipliés sur la deuxième moitié du 20^e siècle (Cummings et al., 2016 ; Mento et al., 2002). Des auteurs réputés du CO tels que Ronald Lippitt (1958), Edgar Schein (1961), John Kotter (1996), Stephen Robbins (1979), Wyatt Warner Burke (1982), Todd Jick (1993), David Elrod et Donald Tippet (2002), ou encore Wendell French et Cecil Bell (1973) en sont les principaux contributeurs (Bell et French, 1995 ; Burke, 2017 ; Elord et Tippet, 2002 ; Jick et Peiperl, 2010 ; Kotter, 1996 ; Lippitt et al., 1958 ; Robbins, 1979 ; Schein, 1961 ; Schein et Bennis, 1965). Lors de l'élaboration de leurs modèles, ces mêmes auteurs listent un ensemble d'étapes que nous pouvons rattacher à cette même temporalité du CO : un avant (i.e., *unfreeze*), un pendant (i.e., *change*), et un après (i.e., *refreeze*). Par exemple, Kotter (1996) liste 8 étapes à l'implémentation d'un CO : établir un sentiment d'urgence (1), constituer une équipe du CO (2), créer une vision du CO (3), communiquer la vision du CO (4), donner aux Receveurs du Changement les moyens d'agir (5 ; RC), planifier et générer des résultats à court-termes (6), consolider et améliorer le CO

(7), et institutionaliser le CO sur le long-terme (8). Lippitt et al. (1958) listent 7 étapes du CO quand il est conduit par l'Agent du Changement (AC) : analyser le besoin de changement (1), évaluer le besoin et la motivation de changer (2), évaluer les capacités de l'AC à conduire le CO (3), planifier le CO (4), attribuer les rôles de l'AC dans le CO (5), réaliser et maintenir le CO (6), et la fin de la participation de l'AC dans le CO (7). Un dernier exemple est le modèle en 4 étapes de Burke (2017) : la phase de pré-implémentation (1), la phase de lancement du CO (2), la phase après le lancement du CO (3), et soutenir la culture de CO (4).

Au-delà d'un process qui sous-tend donc une certaine temporalité du CO, ces différents modèles listent un ensemble de *bonnes pratiques* pour réussir un CO. Nous pouvons considérer ces *bonnes pratiques* comme des facteurs déterminants la réussite, ou l'échec, d'un projet de CO (By, 2005 ; Dempsey et al., 2021 ; Jacquemont et al., 2015). A cette fin, Bullen et Rockart (1981) définissent les *Critical Success Factors* (CSF) comme un ensemble de points clés qui déterminent la réussite dans l'atteinte d'un objectif organisationnel. Appliqués à un contexte de CO, les CSF seraient donc un ensemble de critères où l'équipe en charge d'implémenter un changement doit rester vigilante pour faciliter sa mise en place. L'utilisation de cette approche par CSF répond au manque de données empiriques lors de l'élaboration des modèles du CO et qui étaient l'une des principales critiques portées à ces auteurs. Bien que largement plébiscités, ces modèles étaient davantage issus de leurs pratiques et expériences au sein des organisations que de la conduite de protocoles expérimentaux (Burnes et Cooke, 2012 ; By, 2005 ; Cummings et al., 2016 ; Mento et al., 2002). Parmi les CSF les plus récurrents, nous pouvons citer la communication, la création d'une vision du changement, la participation des receveurs du CO, l'engagement du *Top Management*, la formation, la gestion de projet, la sélection de champions du changement, l'utilisation de consultants, la prise en compte des résistances des RC, ou encore l'estimation budgétaire du projet de CO. Ces CSF sont nombreux. Certains semblent transversaux à la conduite d'un CO tandis que d'autres sont spécifiques au CO en question (Ahmad et al., 2021 ; By, 2005 ; Dempsey et al., 2021 ; Hasibuan et Dantes, 2012 ; Henning, 2021 ; Jacquemont et al., 2015). Par exemple, les revues de littérature de Henning (2021) et celle de Ahmad et al. (2021) sur l'implémentation de logiciels soulignent l'importance de la qualité du logiciel et de sa rapidité de livraison dans l'organisation. Il serait intéressant de découvrir si certains de ces CSF sont également associés à l'implémentation de l'Immersive Learning (IL) ou si ce CO possède des CSF qui lui sont spécifiques.

Au sein des organisations, la conduite d'un CO prendrait la forme d'un projet (Hornstein., 2015). L'utilisation de cette méthode entrerait en échos avec la temporalité du process de CO (Burke., 2017 ; Kotter., 1996 ; Lippitt et al., 1958) et les CSF relatifs à la gestion d'un projet de CO (Ahmad et al., 2021 ; By., 2005 ; Dempsey et al., 2021 ; Hasibuan et Dantes., 2012 ;

Henning., 2021 ; Jacquemont et al., 2015). Dans son article, Hornstein (2015) souligne par ailleurs le besoin de former les chefs à la gestion de projet d'un CO et des spécificités qui lui seraient liées (e.g., culture du CO, résistances au CO). Selon le PMBOK Guide (2013), la gestion d'un projet peut se résumer en 5 principales phases : l'initiation (1), la planification (2), le déploiement (3), l'évaluation (4), et la clôture (5). Comme pour les étapes d'un CO, ces phases se veulent successives même si dans la pratique, elles peuvent se superposer et interagir entre elles (Hornstein., 2015 ; PMBOK Guide., 2013). Ceci est particulièrement vrai pour la phase d'évaluation (i.e., phase 4) qui est alimentée en continu par les quatre autres phases pendant toute la durée du projet afin de suivre leur déroulement. La première phase est l'initiation. Elle consiste à définir l'objectif d'un nouveau projet ou la réalisation d'une nouvelle phase d'un projet existant. C'est dans cette phase que les soutiens des responsables de l'organisation sont récupérés afin d'obtenir les ressources financières, collecter les besoins, définir le périmètre d'action, et identifier le chef de projet. L'intérêt principal de cette phase est d'aligner l'attente des directeurs et responsables de l'organisation avec les objectifs du projet afin de gagner en visibilité et d'obtenir leur aval. Le projet commence une fois que les responsables aient donné leur autorisation (PMBOK Guide., 2013, p53).

La deuxième phase est celle de la planification. Elle consiste à définir un plan d'action du projet, associer une temporalité à chacun de ses objectifs, et créer l'équipe projet. Son objectif principal est de définir le plus précisément possible son cahier des charges afin d'anticiper les besoins inhérents à sa réalisation (e.g., temps, coûts, ressources humaines, risques). Elle permet aussi d'obtenir l'engagement des responsables ou toutes autres parties prenantes intervenant dans le cadre de ce projet (i.e., contractualisation ; e.g., prestataire, partenaires). En fonction des aléas propres à chaque projet, l'équipe projet peut revenir à cette phase afin de planifier de nouvelles actions, produire de nouveaux livrables, et élaborer les indicateurs associés à ses nouveaux objectifs (PMBOK Guide., 2013, p55). La troisième phase est celle du déploiement. Elle consiste à réaliser l'ensemble des actions spécifiées dans la phase précédente et d'obtenir les résultats souhaités. La réalisation de cette phase implique la coordination des acteurs associés à chacune des actions, répondre aux attentes des commanditaires du projet, et respecter les contraintes budgétaires, temporelles, et humaines préalablement établies. Plus simplement, c'est dans cette phase que le cœur du projet est mis en œuvre. Cette phase est soumise à des modifications en fonction de la réalisation de chaque action et à l'émergence de risques qui n'ont pas été anticipés (PMBOK Guide., 2013, p56).

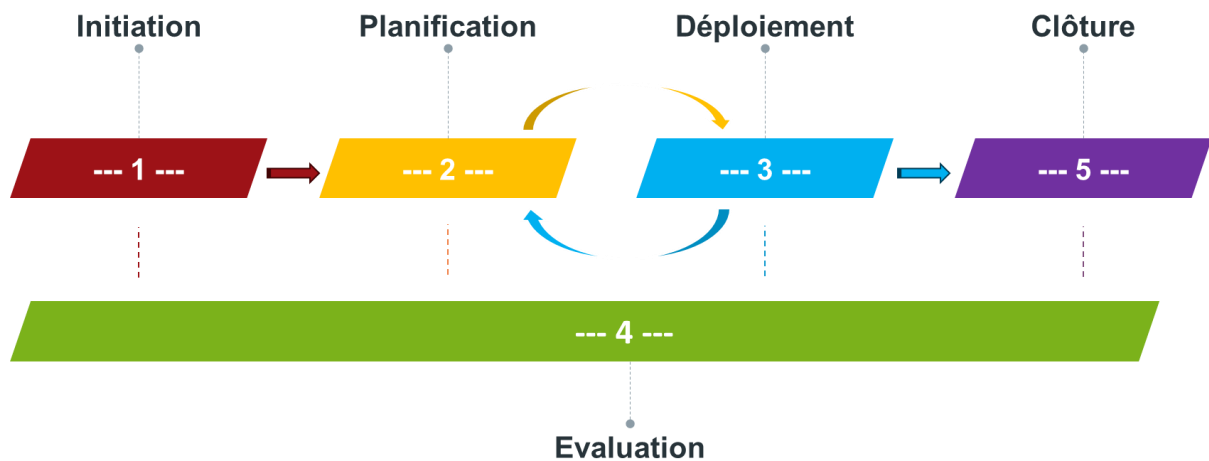


Figure 12. Le phasage d'un projet selon le PMBOK Guide (2013).

La quatrième phase est l'évaluation. Elle est étroitement liée aux quatre autres car elle permet de suivre, d'évaluer, et de reporter la progression de chacune des actions réalisées pendant le projet. Son objectif principal est de mesurer et d'analyser toutes actions, tâches, ou événements significatifs du projet lors de sa conduite. Elle permet ainsi d'alimenter les livrables, d'obtenir une vision holistique du projet, de s'adapter aux imprévus, et de fournir des indicateurs de réussite pour la phase de clôture du projet (PMBOK Guide., 2013, p57). La dernière étape est donc la clôture. Elle consiste à mettre une finalité au projet aussi bien d'un point de vue temporel, humain, contractuel, que financier. Elle permet de vérifier l'atteinte des objectifs initiaux du projet, d'obtenir le retour des différentes parties prenantes (e.g., commanditaires, financeurs, prestataires, clients), et de documenter les aspects critiques qui ont marqué sa conduite. C'est également le moment de communiquer sur le résultat du projet et sur les leçons qui ont été apprises pendant toute sa mise en œuvre (PMBOK Guide., 2013, p57). La conduite d'un projet respecterait ainsi ces cinq phases et comprendrait un début (i.e., initiation et planification), un pendant (i.e., déploiement et évaluation), et un après (i.e., clôture ; PMBOK Guide., 2013, p47). Il serait pertinent de voir si un projet de CO visant à implémenter l'IL dans les pratiques des organismes de formation respecterait cette temporalité et ce phasage, ou s'il prendrait une forme singulièrement différente.

Propre à l'IL, nous supposons la présence d'une sixième phase à ce process de gestion de projet : le développement de la Technologie Immersive (TI). Elle se positionnerait entre la phase de planification et la phase de déploiement. Trois raisons nous amènent à cette hypothèse. La première est que le développement d'un logiciel immersif peut s'apparenter à un projet en tant que tel (Fleury et al., 2023 ; Karre et al., 2019 ; Polcar et al., 2021 ; Tischbein et al., 2021). Il peut donc être dissocié d'un projet de CO visant à l'implémenter dans les pratiques d'une organisation. Par exemple, Fleury et al. (2023) décrivent un modèle en trois étapes pour développer une TI et soulignent l'importance de prendre en compte les facteurs humains. Ce modèle est inspiré du travail de Van Belleghem et Guerry (2016) pour développer une simulation managériale avec une démarche ergonomique de gestion de projet. La première étape – *Analyser* – permet de cadrer le projet et de conduire une étude ergonomique sur la situation de travail à virtualiser. La deuxième étape – *Concevoir* – consiste à rédiger le scénario immersif et à le développer. La troisième étape – *Formaliser* – s'assure que la TI développée atteint les objectifs formalisés et l'adapte en fonction des retours provenant de ses utilisateurs. Les TI étant récentes, il n'existe pas encore une méthode de gestion de projet unique et utilisée comme référence par une majorité des développeurs de logiciels immersifs (Karre et al., 2019 ; Tischbein et al., 2021).

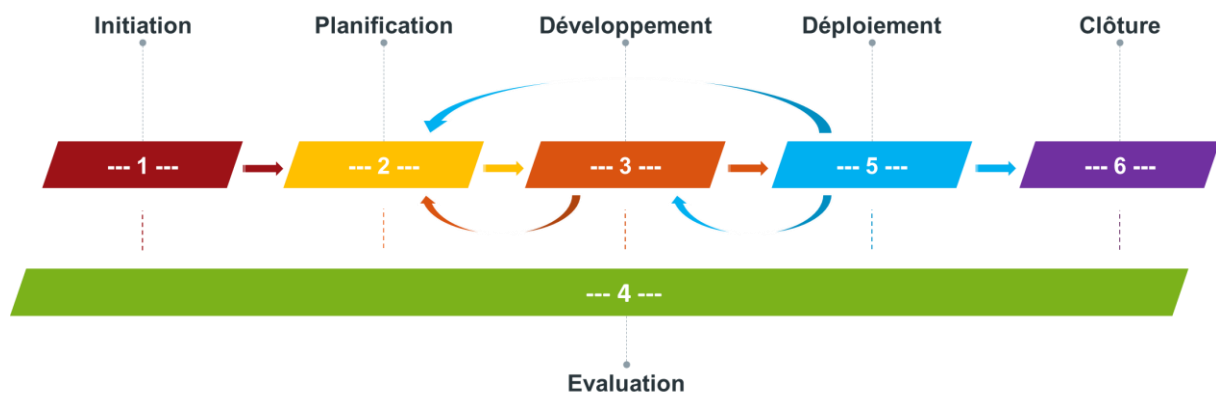


Figure 13. Le phasage d'un projet de Changement Organisationnel avec l'Immersive Learning.

La deuxième raison est que le développement de ces logiciels immersifs est externalisé à l'organisme de formation. Les organismes de formation ont rarement les compétences en internes pour développer ce type de logiciels par leurs propres moyens et requièrent l'aide de prestataire ou de partenaire pour le faire. Cette externalisation dans le développement du logiciel peut se retranscrire par une phase à part entière dans la conduite d'un projet de CO. La troisième raison est la distinction que nous faisons entre cette phase de développement et la phase de déploiement d'un projet de CO. Dans notre contexte, nous comprenons la phase de déploiement comme l'implémentation de l'IL dans les pratiques des organismes de formation. Il y a donc une différence entre utiliser ces TI pour former et savoir comment développer ces TI dans l'objectif de former. La première suppose une modification des pratiques pédagogique tandis que la seconde des compétences de développement de logiciels immersifs. Ces diverses raisons nous poussent ainsi à penser qu'une sixième phase serait présente lors de la conduite d'un projet de CO visant à implémenter l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation. Toutefois, la présence de cette sixième phase ne serait pas systématique si l'organisme de formation décide d'acheter une solution existante, et non d'en développer une nouvelle. Dans cette situation, l'acquisition d'une TI se rattacherait davantage à la phase de planification (e.g., veille du marché, contractualisation) et de déploiement (e.g., achat du matériel, livraison).

Le CO prendrait ainsi la forme d'un process et suivrait une certaine temporalité en trois étapes : un avant, un pendant, et un après (Cummings et al., 2016 ; Burke, 2017). Quand le CO est mis en place dans une organisation, il s'incarnerait dans un projet avec des CSF qui lui sont associés. La prise en compte de ces CSF permettrait à l'équipe en charge d'un projet de CO de rester vigilante à un ensemble de critères impactant sa réussite ou son échec (By, 2005 ; Dempsey et al., 2021 ; Hornstein, 2015 ; Henning, 2021 ; Jacquemont et al., 2015). Le PMBOK Guide (2013) liste 5 principales phases à la gestion d'un projet : l'initiation (1), la planification (2), le déploiement (3), l'évaluation (4), et la clôture (5). Ces différentes phases se veulent successives, interactives, adaptables, et parfois, superposables. Dans le contexte de l'IL, une sixième phase à la gestion d'un projet de CO pourrait être présente : le développement du logiciel (Fleury et al., 2023 ; Karre et al., 2019 ; Polcar et al., 2021 ; Tischbein et al., 2021). Elle se positionnerait entre les phases de planification et de déploiement d'un projet de CO afin que le logiciel immersif soit développé avant son intégration dans les pratiques de l'organisme de formation. L'objectif de l'étude 2 de cette thèse serait d'observer si l'IL provoque un CO dans les pratiques de l'organisme de formation, possède une temporalité, respecte un phasage de gestion de projet, et possède des CSF impactant sa conduite.

3. Les agents du changement organisationnel

L'Immersive Learning (IL) provoquerait donc un Changement Organisationnel (CO) dans le fonctionnement des organismes de formation et dans les pratiques pédagogiques des formateurs (Dengel et al., 2021 ; Weber, 2020 ; Weber et al., 2018). Plusieurs études soulignent le rôle décisif joué par les directeurs des centres de formation dans l'implémentation et l'acceptation d'un CO. A travers leur rôle décisionnel, ils transmettraient une vision claire du changement, superviseraient sa conduite, et serviraient de passerelle entre les politiques institutionnelles et leurs applications par les formateurs. Pour les aider dans la mise en œuvre d'un CO, les directeurs des centres de formation désignent un ou plusieurs Agents du Changements (AC ; Acton, 2021 ; Alsharija et Watters, 2021 ; Asnan et al., 2014 ; Endrejat, et al., 2020 ; Hussain et al., 2016 ; Mei Kin et al., 2018 ; Warwick, 2016). Les AC sont les initiateurs, les facilitateurs, et les managers d'un CO. Ils ont comme objectif d'intégrer efficacement un CO dans les pratiques des membres de l'organisation. Provenant d'horizons divers, leurs statuts, profils, rôles, tâches, et compétences varient d'un AC à un autre selon leurs positions dans l'organisation et la nature de leurs interventions dans le processus de CO (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958 ; Lunenburg, 2010 ; Vinter, 1960). Leurs noms sont multiples et couvrent autant de champs de recherche. Ils concernent aussi bien les dirigeants (Hill et al., 2012 ; Kanter, 2007 ; Mansaray, 2019 ; Usman, 2020), les managers (Caldwell, 2003 ; Mansaray, 2019 ; Pollack et Algeo, 2016), les professionnels des Ressources Humaines (Alfes, 2019 ; Caldwell, 2001 ; Ulrich et al., 2013), les formateurs (Lee et al., 2022 ; Tam, 2015 ; Van der Heijden et al., 2018) et les opérationnels (Lee, 2019 ; Nandan et al., 2015 ; Wall, 2014).

Cette définition et cette diversité de profils soulignent l'aspect protéiforme de l'AC. Il peut être interne ou externe à l'organisme de formation, posséder un poste d'opérationnel ou de responsable, ou encore intervenir à différents moments d'un projet de CO. Cette diversité rend complexe la compréhension de l'activité de l'AC et l'identification de ses facteurs individuels permettant de la réaliser. Ces facteurs individuels, comprenant l'expérience, les traits de personnalité, et les compétences d'un individu, impactent sa performance dans la réalisation d'une tâche (Books, 2009 ; Feng et al., 2021 ; Pelt et al., 2017 ; Shet et al., 2019). Ces facteurs individuels s'articulent autour des rôles que possède l'AC lors de l'implémentation d'un CO. Leurs définitions et désignations impactent également la réussite de l'AC à la réalisation de ses tâches. L'absence de missions claires données par ses supérieurs favoriserait l'AC à créer sa propre vision de ses tâches et entrerait en conflit avec celles qui lui ont été prescrites (Tucker et al., 2015 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014 ; Van Poeck et al., 2017). L'étude de cette fonction éclairerait le décalage entre leurs tâches prescrites d'implémenter un CO et leurs

activités réelles consistant à le mettre en place (Van Belleghem, 2017). À cela, l'identification des rôles, des tâches, des compétences, et des traits de personnalités de l'AC permettrait d'en comprendre leurs effets sur la conduite d'un CO (Gerwing, 2016 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014 ; Visser et Crane, 2010).

L'AC détient une place centrale dans l'acceptation d'un changement car il doit être l'intermédiaire entre la volonté des dirigeants et les résistances de leurs salariés. Afin de faciliter le dialogue et l'implémentation d'un changement, l'AC doit être perçu comme possédant la personnalité adéquate pour le mener (Radzi et al., 2019). L'étude de Herrmann et Nadkarni (2014) auprès de 120 chefs d'entreprise montre que les traits de personnalité impactent la conduite d'un CO. L'extraversion et l'ouverture des Facteurs Généraux de Personnalité ont un effet positif sur l'initiation d'un CO car ils prédisposent l'AC à être ouvert aux opportunités, à prendre des risques, à être sociable, et rester à l'écoute des avis d'autrui. Le caractère consciencieux possède quant à lui un effet positif sur l'implémentation et le maintien d'un CO au sein d'une organisation. Ce trait de personnalité aide l'AC à être structuré, rigoureux, et centré sur ses objectifs. Enfin, la stabilité émotionnelle a un effet positif sur l'initiation et l'implémentation d'un CO. Elle permet à l'AC de rester calme et résilient face à des situations stressantes ainsi que de diffuser une image stable pendant toute la conduite d'un CO (Herrmann et Nadkarni, 2014 ; Nikolaou et al., 2007). L'étude de Van der Heijden et al. (2018) montre des résultats similaires auprès d'enseignants en école primaire. L'ouverture, l'extraversion, la stabilité émotionnelle, et le caractère consciencieux seraient reliés à leurs perceptions d'être un AC au sein de leurs classes. Ces études indiquent que certains facteurs généraux de personnalités de Costa et McCrae (2008) faciliteraient les interactions et les interventions de l'AC auprès des membres de l'organisation à différents moments du processus de CO.

Bien que la nature des interventions varie d'un AC à un autre, nous pouvons résumer son activité en quatre rôles distincts : le manager (1), l'expert (2), le champion (3), et le facilitateur (4 ; Van Poeck et al., 2017 ; Visser et Crane, 2010). Le premier est le manager ou le coordinateur. L'AC, en tant que chef de projet, planifie et supervise l'activité des membres de l'équipe en charge du changement à implémenter. Un CO se conduisant comme un projet (Hornstein., 2015), l'AC s'assure de sa réalisation, de la coordination de ses ressources, et du respect de son planning. Il est également l'interlocuteur direct entre les commanditaires du projet et l'équipe en charge de le réaliser (Carter et al., 2013 ; Tucker et Cirella, 2018). Le deuxième rôle est celui d'expert ou de conseiller. Il fournit la compréhension et l'expertise technique du changement mis en place. De cette manière, il peut exister plusieurs experts sur des thématiques différentes. Dans le domaine des Technologies Immersives (TI) et de l'IL, nous supposons retrouver au moins deux types d'experts. Les experts de la solution technique

comme les développeurs-3D ou les fournisseurs de logiciels. Ils permettent de fournir la TI et de s'assurer de son fonctionnement. Il y a aussi des experts pédagogiques qui garantissent la pertinence de la technologie à implémenter. Quelle que soit leur expertise, ils se rejoignent sur la résolution d'une tâche spécifique en fournissant leurs conseils et leurs compétences à l'équipe en charge de conduire un projet de CO (Van Poeck et al., 2017 ; Visser et Crane, 2010).

Le troisième rôle est celui d'ambassadeur ou de champion du changement. L'AC représente, promeut, convainc, et communique le changement afin de faciliter son acceptation. Il rassemble autour d'une vision du changement afin d'obtenir les soutiens organisationnels indispensables à sa mise en place. Convaincu par le changement, il transmet son énergie et son enthousiasme aux membres de l'organisation. Il est préférable qu'il soit interne à l'organisation pour savoir qui solliciter et posséder une légitimité lors de ses interactions auprès de ses collègues (Tucker et Cirella, 2018 ; Warrick, 2009). Enfin, le dernier rôle est celui d'accompagnateur ou de facilitateur. L'AC a pour objectif d'apporter les ressources, les compétences, et le soutien nécessaires pour que les personnes impactées par ce changement le comprennent, le maîtrisent, et l'appliquent dans leurs activités. La forme que prend cet accompagnement s'adapte à leurs besoins afin de s'approprier le changement amené (Visser et Crane, 2010 ; Warrick, 2009). Le nombre et le nom des rôles de l'AC varient d'un auteur à un autre. Par exemple, Ulrich et al. (2013) listent les rôles de *champion du changement*, de *développeur de compétence*, de *stratège*, de *promoteur des technologies*, d'*innovateur*, et d'*intégrateur*. Caldwell (2001) énumère les rôles de *champion*, de *coordinateur*, de *facilitateur*, et de *consultant*, tandis que Carter et al. (2013) ont identifié les rôles d'*initiateur*, de *facilitateur*, et d'*intégrateur*. La dénomination de ces rôles se croise et partage parfois des caractéristiques communes. Quelles que soient leurs appellations, l'ensemble de ces rôles permettent à l'équipe en charge d'intégrer un CO de posséder une gestion, une expertise, une visibilité, et un accompagnement pendant toute la durée du projet.

La répartition de ces rôles peut être concentrée sur un seul, ou plusieurs, AC en fonction des moyens qui leur sont alloués et de leurs compétences. Ces compétences peuvent autant être spécifiques à un rôle que transversales à chacun d'entre eux. Par exemple, le chef de projet est spécialisé dans la gestion de projet tandis qu'un expert le sera davantage sur la nature du changement amené (e.g., TI, IL, pédagogie). Cependant, l'AC peut cumuler l'ensemble de ces rôles et avoir besoin des compétences qui leur sont propres (Gerwing, 2016). Dans ce sens, l'AC doit posséder des connaissances concernant la nature du changement amené (e.g., technologie d'apprentissage) et l'organisation dans laquelle il est intégré (e.g., organisme de formation). Ces connaissances permettent à l'AC de comprendre comment l'organisation fonctionne et dans quelle perspective s'inscrit le CO à implémenter. Elles lui permettent

également d'en connaître sa nature afin de l'expliquer aux personnes qui en seront impactées. Par ailleurs, tout changement peut provoquer des résistances et impacter la réussite d'un projet. L'AC doit connaître et anticiper ces résistances afin de faciliter l'intégration du changement amené au sein de leurs pratiques. Enfin, l'AC doit posséder des connaissances sur la manière de fonctionner des personnes afin de susciter leurs intérêts, leurs motivations, et leurs engagements pendant toute la durée du changement (Gerwing, 2016 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014). L'AC doit ainsi posséder des connaissances relatives au changement apporté, la structure dans laquelle il prend place, les résistances qu'il va engendrer, et les personnes qui en seront impactées.

La conduite d'un changement est similaire à celle d'un projet avec son initiation, sa planification, son déploiement, son évaluation, et sa clôture (Hornstein, 2015 ; PMBOK Guide, 2013). Pour le mener à bien, l'AC doit posséder un ensemble de savoir-faire. La gestion de projet permet à l'AC de définir un besoin, de fixer ses objectifs, de mettre en place un plan d'action, et d'assurer son reporting. Cela comprend également la capacité à planifier et à répartir l'activité en fonction des spécialités des membres de son équipe (Angehrn et Atherton, 1999 ; Nikolaou et al., 2007). Sans cette rigueur de cadrage, d'organisation, et de planification, les chances de réussite du projet sont diminuées et peut mener à son abandon définitif (Hasibuan et Dantes, 2012 ; Jacquemont et al., 2015). Afin de s'assurer que le projet atteint les objectifs fixés, des compétences méthodologiques et d'analyses sont requises. Elles lui permettent de mettre en œuvre la méthodologie pour comprendre l'activité des personnes impactées par le changement, d'en proposer des solutions à son intégration, et d'en évaluer ses résultats (Cameron et Green, 2019). C'est pourquoi l'AC doit aussi avoir la capacité de transmettre un message clair et adapté en utilisant les différents canaux de communication mis à sa disposition. Il doit pouvoir récupérer, synthétiser, et diffuser l'information aux personnes impactées par le changement qu'il est en train de mener. Cette capacité de communication permet de susciter l'intérêt, de répondre aux éventuelles résistances, et de maintenir l'engagement des personnes envers le changement (Endrejat et al., 2020 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014). Enfin, l'AC doit être en mesure de former les membres de l'organisation pour qu'ils intègrent efficacement le changement demandé dans leurs activités. Cette montée en compétences, individuelle ou collective, peut se traduire par la construction de ressources pédagogiques, des sessions de coaching, ou encore la mise en place de programme de formation (Camron et Green, 2019 ; Warrick, 2009).

Afin d'obtenir un environnement favorable à l'intégration d'un CO, l'AC a besoin de mettre en application des compétences interpersonnelles et sociales. Ces compétences se traduisent par sa capacité à créer un climat de confiance, de partage, et de collaboration avec les personnes impactées par le changement (Cameron et Green, 2019 ; Gerwing, 2016). Il doit faire preuve d'écoute et d'empathie pour faire émerger les avis de ses interlocuteurs et les prendre en considération (Palmer et al., 2016 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014). Pour que les salariés passent outre leurs résistances et appliquent le changement demandé, ils ont besoin d'avoir confiance envers l'AC pour le mener. L'étude d'Oreg et Sverdlik (2011) démontre que la confiance ressentie envers l'AC possède un effet modérateur dans la relation entre la prédisposition d'un collaborateur à changer et son intention réelle d'appliquer un CO dans son activité. Toutefois, la création d'un climat de confiance ne suffit pas pour surmonter les résistances et inclure la totalité des membres de l'organisation dans le changement apporté. Il est également nécessaire d'avoir un fort sens de persuasion et de négociation pour convaincre les plus récalcitrants et obtenir les ressources organisationnelles indispensables à la réalisation d'un CO. Dans ce sens, l'AC est politique en étant en mesure d'identifier, de convaincre, et d'impliquer tout un réseau d'acteurs autour de la vision du changement qu'il est en train de mener (Palmer et al., 2016 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014). L'ensemble de ces compétences permettent ainsi à l'AC d'avoir la capacité d'initier un CO mais aussi de l'implémenter et de l'analyser. Ces compétences expliquent également l'impact que peut avoir un AC dans la réussite d'un CO (Hasibuan et Dantes, 2012 ; Jacquemont et al., 2015).



Figure 14. Les profils de l'Agent du Changement.

L'activité de l'AC consiste donc à initier, implémenter, et maintenir un CO dans les pratiques d'une organisation (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958 ; Vinter, 1960). Qu'elle soit désignée de façon formelle ou qu'elle émerge spontanément, cette activité sous-tend une combinaison de rôles, de tâches, de compétences, et de traits de personnalité pour être menée à bien (Gerwing, 2016 ; Van Poeck et al., 2017 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014 ; Visser et Crane, 2010). Malgré le nombre d'études portant sur la conduite d'un CO et les réactions qu'il provoque auprès des membres d'une organisation, très peu se concentrent sur la place que détient l'AC dans ce processus. Ce manque se justifie par la polyvalence de cette fonction, l'accessibilité à cette population, et l'absence de données empiriques sur les caractéristiques inhérentes à cette activité. Etant donné la diversité de ces compétences, tâches, et traits de personnalité, il serait intéressant d'observer lesquels sont spécifiques à un rôle ou transversaux à chacun d'entre eux. L'étude 1 de cette thèse visera ainsi à identifier quels sont les facteurs individuels de l'AC pour intégrer efficacement une technologie éducative dans les pratiques d'un organisme de formation.

4. Les receveurs du changement organisationnel

Une seconde typologie d'acteurs est également à prendre en compte lors de la conduite d'un Changement Organisationnel (CO), ce sont les receveurs d'un changement (RC). Aussi appelés *Change Recipients* dans la littérature, les RC sont les individus impactés par un CO mais qui n'en sont pas pour autant les commanditaires. Ils sont les garants de la mise en place d'un CO et de sa pérennisation dans les pratiques d'une organisation (Oreg et al., 2011). C'est la raison pour laquelle de nombreux auteurs mettent en exergue le rôle déterminant des RC dans la réussite d'un CO. Si un CO n'est pas accepté par les RC, alors il y a de grandes chances qu'il ne soit pas implémenté (Burnes et Cooke, 2012 ; Endrejat et al., 2021 ; Khaw et al., 2023 ; Oreg et al., 2011 ; Palmer et al., 2016 ; Van der Schaft et al., 2024). Lors de l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation, les formateurs sont les premiers RC. C'est à travers eux que l'utilisation des Technologies Immersives (TI) doit être intégrée avec pertinence dans les dispositifs de formation actuels (Alfalah, 2018 ; Dengel et al., 2021 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018). Depuis l'apparition des ordinateurs, l'étude des variables liées l'acceptation d'une technologie éducative par les formateurs n'a cessé de croître (Al-Adwan et al., 2024 ; Burgan, 1994 ; Huang et al., 2019b ; Scherer et al., 2019). Plus récemment, la question de l'Immersive Learning (IL) est venue s'ajouter au large spectre des technologies éducatives que les formateurs doivent accepter et intégrer dans leur activité (Alfaisal et al., 2024 ; Boel et al., 2023 ; Evgenia et al., 2024 ; Jang et al., 2021 ; Kazakou et Koutromanos, 2023 ; Li et al., 2023 ; Thohir et al., 2023). Dans les paragraphes suivants, nous commencerons par résumer les variables liées à l'acceptation d'un CO, indépendamment de la nature du changement

amené. Nous nous focaliserons ensuite sur trois modèles venant expliquer l'acceptation d'une technologie éducative par des formateurs en activités et qui seront utilisés dans l'étude 3 et 4 de cette thèse.

A travers leur revue de littérature, Oreg et al. (2011) synthétisent en trois catégories les variables liées à l'acceptation d'un CO par les RC : les antécédents au CO (1), les réactions face au CO (2), et les conséquences du CO (3). Les antécédents au CO désignent les variables impactant l'acceptation d'un CO avant son introduction aux RC et son implémentation au sein d'une organisation. Ils listent parmi les principaux types d'antécédents aux CO les caractéristiques des RC (e.g., traits de personnalité, variables démographiques), le contexte organisationnel (e.g., culture organisationnelle, confiance dans le management), la gestion du changement (e.g., communication, accompagnement), et la nature du changement en tant que tel (e.g., nouvelle technologie, télétravail). Pris ensemble, ces antécédents permettent d'évaluer si le contexte est favorable à la mise en place d'un CO auprès des RC. La deuxième catégorie de variable décrite dans leur article sont les réactions des RC face au CO. Cette catégorie se situe une fois que le changement est introduit aux RC et désigne la manière dont ils y réagissent. Elles sont aussi bien de natures cognitives (e.g., croyances, perceptions), affectives (e.g., émotions positives et négatives), que comportementales (e.g., intentions, engagements, motivations). Cette catégorie permet donc d'évaluer les réactions des RC pendant l'implémentation d'un CO et permet de savoir s'ils acceptent, ou rejettent, le changement mise en place (e.g., *readiness* vs. *resistance to change* ; Repovš et al., 2019). La dernière catégorie se situe après que le CO est mis en place et désigne ses conséquences sur le fonctionnement des RC. Ces conséquences regroupent aussi bien l'impact du CO sur leur activité que sur leur bien-être. Des variables telles que la satisfaction au travail, la performance, la sante, ou encore le turnover peuvent ainsi être mesurées une fois que le CO ait été implémenté.

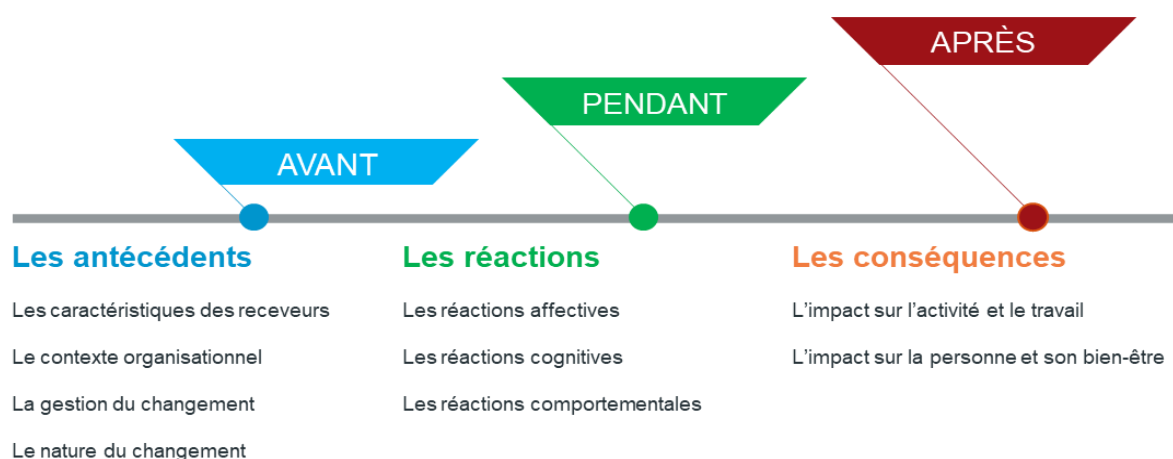


Figure 15. Les antécédents, les réactions, et les conséquences d'un Changement Organisationnel sur les Receveurs d'un Changement (Oreg et al., 2011).

La compréhension des variables liées à l'acceptation des RC prendrait donc trois formes et serait liée elle aussi à la temporalité d'un CO. Les antécédents d'un CO permettraient d'étudier la prédisposition d'une organisation à implémenter un changement. Les réactions des RC permettraient d'étudier un CO pendant son implémentation dans une organisation. Les conséquences d'un CO permettraient d'étudier son impact sur l'organisation et les individus le recevant (Oreg et al., 2011). Dans le cadre de cette thèse, nous étudions un CO provoqué par l'implémentation de l'IL dans le fonctionnement d'un organisme de formation et les pratiques pédagogiques des formateurs. Plus précisément, l'un de nos axes d'étude s'intéresse aux réactions des formateurs vis-à-vis de ce CO et aux déterminants liés à son acceptation. La sélection de cet axe de recherche est directement liée à la nature de l'entreprise financeuse de cette thèse, Mimbus. Mimbus est une entreprise distributrice de contenus immersifs destinés à l'apprentissage. Ce n'est donc pas un organisme de formation à part entière où l'on pourrait étudier ses prédispositions organisationnelles à intégrer l'IL. Cet axe de recherche est toutefois pertinent quand on a accès à un large panel de formateurs en activité assurant une représentativité de l'organisme de formation étudié (e.g., AFPA, CNAM, AFTRAL, Education Nationale). Au-delà de l'accessibilité de cette population, Mimbus intervient une fois que l'organisme de formation a choisi d'investir dans l'IL et de mettre en place ce CO. Dans la temporalité de l'acceptation des RC, on est donc davantage sur le pendant d'un CO que sur son avant, ou son après. Concernant les conséquences d'un CO au niveau des RC, il est difficile de les mesurer quand le CO n'est pas implémenté. Il faut donc d'abord s'assurer que l'IL soit intégré dans les pratiques d'un organisme de formation pour ensuite observer son impact sur l'activité des formateurs. Ces diverses raisons nous incitent à nous focaliser sur des modèles venant expliquer l'acceptation d'une technologie éducative auprès de formateurs en activité et leurs réactions lors de son implémentation.

Plusieurs modèles viennent expliquer les facteurs influençant l'acceptation d'une technologie éducative auprès des formateurs (Kimmons et Hall, 2018). Parmi les plus étudiées, nous pouvons citer le *Technological Acceptance Model* (TAM ; Alomary et Woollard, 2015 ; Davis, 1989 ; Scherer et al., 2019 ; Taherdoost, 2018), L'*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2* (UTAUT2 ; Venkatesh et al., 2012) et le *Technological Pedagogical, and Content Knowledge* (TPACK ; Mishra et Koehler, 2006). Créé par Davis (1989), le TAM explique en deux facteurs l'intention d'utiliser une nouvelle technologie dans son travail : l'utilité perçue (1) et la facilité d'utilisation (2). L'utilité perçue désigne à quel point un utilisateur considère la technologie comme utile, pertinente, et bénéfique dans la réalisation de son travail. La facilité d'utilisation renvoie quant à elle à la facilité de prise en main d'un système par son utilisateur. C'est-à-dire à quelle point la prise en main d'une technologie ne demande que peu d'effort. Combinés, ces deux facteurs prédisent l'intention d'un utilisateur à utiliser ladite technologie (Davis, 1989). Ce modèle s'appuie sur la Théorie de l'Action Raisonnée introduite par Fishbein et Ajzen (1980). Cette théorie propose que l'attitude et les normes d'un individu prédisent son intention à réaliser un comportement. Cette intention détermine à son tour le comportement réel d'un individu. Le modèle originel du TAM s'appuie uniquement sur les attitudes d'un individu vis-à-vis d'une technologie pour prédire son intention à l'utiliser et par extension, à l'utilisation actuelle. Malgré le succès de ce premier modèle, l'absence de l'inclusion des normes sociales fût source de critiques par différents auteurs et a engendré plusieurs évolutions jusqu'à sa version actuelle : l'UTAUT2 (Alomary et Woollard, 2015 ; Davis, 1989 ; Fishbein et Ajzen, 1980 ; Scherer et al., 2019 ; Taherdoost, 2018 ; Venkatesh et al., 2012).

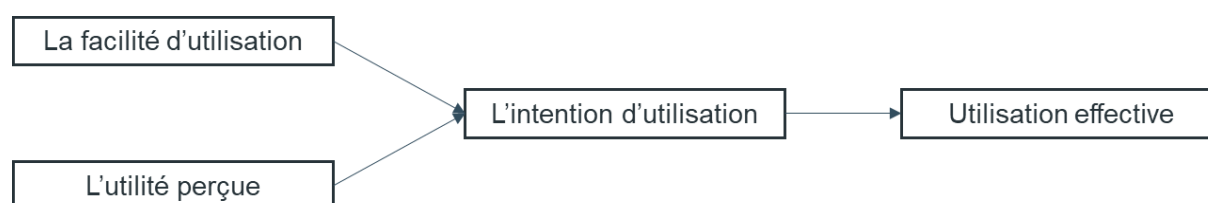


Figure 16. Le *Technology Acceptance Model* de Davis (1989).

L'UTAUT2 est l'une des dernières itérations des modèles de l'acceptation d'une technologie, qu'elle soit utilisée ou non à des fins éducatives (Al-Adwan et al., 2024 ; Alomary et Woollard, 2015 ; Blut et al., 2022 ; Pagé et al., 2023 ; Taherdoost, 2018 ; Venkatesh et al., 2012). L'UTAUT2 regroupe les facteurs identifiés dans 8 modèles et théories développés sur les trente dernières années : La théorie de l'Action Raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1980), le TAM (Davis, 1989), Le Modèle Motivationnel (Davis et al., 1992), La Théorie du Comportement Planifié (Ajzen, 1991), la Combinaison du TAM et de de la Théorie du Comportement Planifié (Taylor et Todd, 1995), Le Modèle de l'Utilisation Personnelle de l'Ordinateur (Thompson et al., 1991), La Théorie de la Diffusion de l'Innovation (Rogers, 1995), et la Théorie Sociale Cognitive (Bandura, 1986). Au fur et à mesure de leurs développements, certains facteurs ont été conservés (e.g., facilité d'utilisation, utilité perçue) tandis que d'autres ont été supprimés (e.g., anxiété, auto-efficacité). Cette dernière version de l'UTAUT2 explique en 8 facteurs l'acceptation une technologie : l'intention d'utilisation, la facilité d'utilisation, l'utilité perçue, les conditions facilitantes, l'influence sociale, la motivation intrinsèque, l'habitude, et la valeur monétaire. Les conditions facilitantes désignent l'aide donnée par une organisation pour utiliser une technologie (e.g., formation, support technique). L'influence sociale se réfère à l'effet des opinions favorables ou défavorables de l'entourage de l'utilisateur sur la pertinence d'utiliser ladite technologie. La motivation intrinsèque désigne la volonté d'utiliser une technologie afin de susciter de la satisfaction et du plaisir. L'habitude désigne la croyance d'un individu qu'un de ses comportements est devenu automatique tandis que la valeur monétaire est un ratio entre le bénéfice perçu d'une technologie et son prix d'achat. L'âge, le genre, et l'expérience d'un individu auraient quant à eux des effets modérateurs dans la relation entre ces facteurs (Blut et al., 2022 ; Venkatesh et al., 2012).

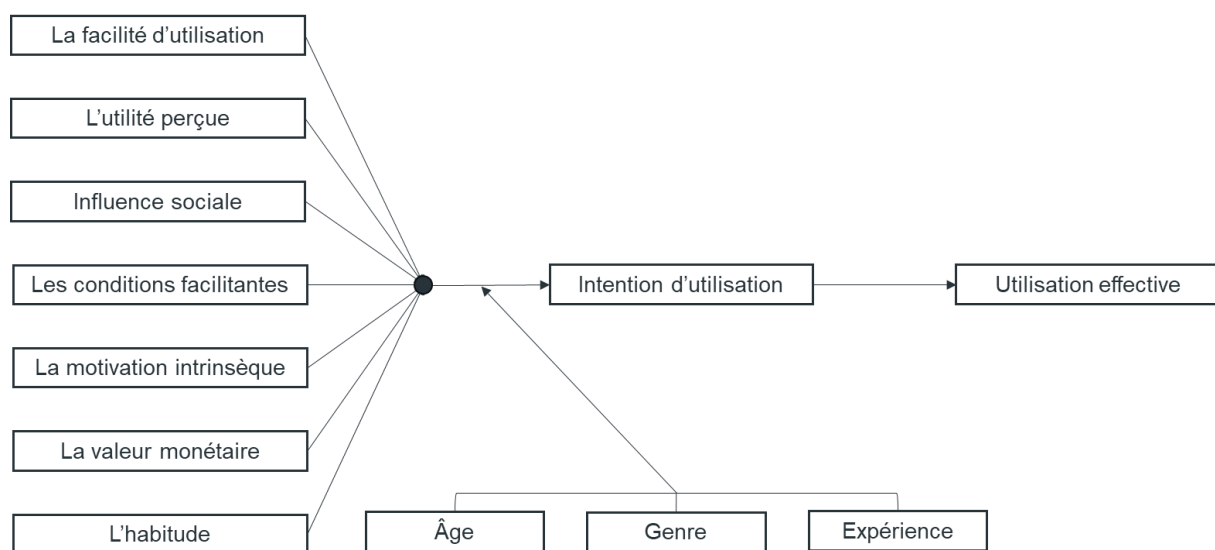


Figure 17. Le modèle de l'UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

Les modèles du TAM et de l'UTAUT2 ont démontré à maintes reprises leurs pertinences dans la compréhension de l'acceptation d'une technologie sur différents secteurs d'activité (e.g., santé, banque, tourisme, éducation ; Blut et al., 2022 ; Marikyan et al., 2023 ; Yousafzai et al. 2007a ; Yousafzai et al. 2007b). Ces résultats sont aussi retrouvables dans des méta-analyses spécifiques aux technologies éducatives telles que l'utilisation du *mobile learning* (Zhu et Huang, 2023), les ressources documentaires des bibliothèques universitaires (Ali et Warraich, 2023), l'E-Learning (Šumak et al., 2011), l'intelligence artificielle (Ali et al., 2024), ou à une combinaison de certaines d'entre elles (Scherer et al., 2019 ; Scherer et Teo, 2019). Les études sur l'acceptation des TI et de l'IL sont pour le moment encore trop peu nombreuses pour être synthétisées dans ce type d'étude même si elles tendent à fournir des résultats similaires (Boel et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Thohir et al., 2023). L'intention d'utilisation, la facilité d'utilisation, l'utilité perçue, les conditions facilitantes, l'influence sociale, la motivation intrinsèque, l'habitude, et la valeur monétaire seraient donc des facteurs à prendre en compte dans l'acceptation d'une technologie éducative. Néanmoins, ces deux modèles ne sont pas spécifiques aux technologies éducatives dans le sens où leurs facteurs se réfèrent à l'utilisation des technologies au sens large. C'est le contexte d'application de ces modèles de l'acceptation qui détermine si la technologie étudiée est éducative ou non. Dans l'élaboration de ces modèles de l'acceptation, il pourrait ainsi manquer des facteurs spécifiques aux métiers d'enseignants et de formateurs pour intégrer une technologie éducative dans leur activité (Alfalah, 2018 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018).

A cette fin, le modèle du TPACK définit les connaissances nécessaires à l'utilisation d'une technologie éducative par les formateurs. Ce modèle a été conçu afin d'identifier la nature de ces connaissances, de guider la construction de programmes de formation des formateurs en conséquence, et d'en mesurer leur efficacité (Mishra et Koehler, 2006). C'est pourquoi, de nombreuses études emploient ce modèle auprès de formateurs en fin de formation initiale ou en activité, et construisent des interventions basées sur ce modèle (Fabian et al., 2024 ; Ning et al., 2022 ; Zeng et al., 2022). Ces trois méta-analyses confirment la pertinence d'utiliser ce modèle pour favoriser l'intégration de technologies éducatives dans les pratiques des formateurs. Le modèle du TPACK se compose de trois types de connaissances fondamentales pour qu'un formateur s'approprie une technologie : des connaissances relatives à la technologie et son fonctionnement (1 ; i.e., TK ; e.g., réalité virtuelle), à la pédagogie du formateur (2 ; i.e., PK ; e.g., pédagogie active) et au contenu de son cours (3 ; i.e., CK ; e.g., chimie). Ces connaissances s'entrecroisent pour former 3 facteurs supplémentaires concernant la pédagogie employée dans son cours (4 ; i.e., PCK ; e.g., travaux pratiques de chimie), la pédagogie employée avec la technologie éducative (5 ; i.e., TPK ; e.g., dyade formateur-élève), et les fonctionnalités de la technologie éducative rattachées au contenu de

son cours (6 ; i.e., TCK ; e.g., exercices de travaux pratique de chimie en réalité virtuelle ; e.g., <https://mimbus.com/produit/travaux-pratiques-de-chimie/>). Ces 6 facteurs se regroupent autour d'un septième, le facteur général des connaissances relatives à la technologie éducative et à son utilisation pédagogique en cours (7 ; i.e., TPACK). Le facteur général du TPACK est celui sur lequel sont basées les interventions pour favoriser l'utilisation d'une technologie éducative par les formateurs et enseignants (Fabian et al., 2024 ; Mishra et Koehler, 2006 ; Ning et al., 2022 ; Zeng et Wang, 2022).

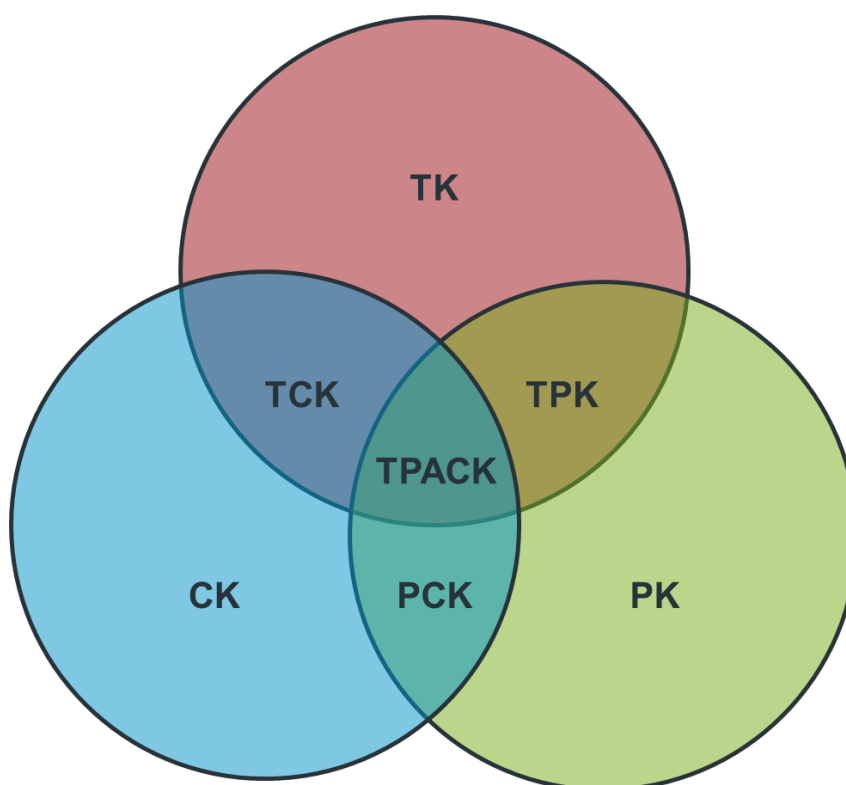


Figure 18. Le modèle du TPACK de Mishra et Koehler (2006).

Plusieurs études ont fait le lien entre les variables du TAM, de l'UTAUT2, et le facteur général du TPACK sur l'acceptation d'une technologie éducative (Al-Adwan et al., 2024 ; An et al., 2023 ; Joo et al., 2018 ; Scherer et al., 2018 ; Yang et al., 2021), ou de l'IL spécifiquement (Boel et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Thohir et al., 2023). Leurs résultats se rejoignent sur le pouvoir prédictif du facteur général du TPACK sur l'utilité perçue et la facilité d'utilisation du TAM ou de l'UTAUT2. Ces deux facteurs prédisant à leur tour l'intention des formateurs à utiliser les technologies dans leurs cours. Concernant la motivation intrinsèque, les conditions facilitantes, et l'influence sociale, les résultats sont plus disparates. Quand elles sont prises en compte dans ces études, elles se révèlent être des prédicteurs au TPACK (Al-Adwan et al.,

2024 ; An et al., 2023), à la facilité d'utilisation et l'utilité perçue (Al-Adwan et al., 2024 ; Jang et al., 2021 ; Thohir et al., 2023), et à l'intention d'utilisation (An et al., 2023 ; Boel et al., 2023). Bien que leurs résultats montrent la pertinence de prendre en compte ces facteurs, leurs relations causales sont donc encore d'ordre exploratoire. Les facteurs de valeur monétaire et d'habitude de l'UTAUT2 ne sont présents dans aucune de ces études. Deux raisons viennent expliquer cette absence. La première est que l'achat de ces technologies relève davantage des organismes de formation à investir dans l'IL que les formateurs en activité, ou en devenir. La deuxième est que les TI sont encore de l'ordre de l'innovation, et leurs utilisations trop ponctuelles, pour former des habitudes auprès de ces populations. Quand le TAM, l'UTAUT2, et le TPACK sont étudiés de manière conjointe, 7 facteurs seraient ainsi à prendre en compte dans l'acceptation de l'IL par les formateurs : l'intention d'utilisation (1), l'utilité perçue (2), la facilité d'utilisation (3), la motivation intrinsèque (4), l'influence sociale (5), les conditions facilitantes (6), et le facteur général du TPACK (7 ; Al-Adwan et al., 2024 ; An et al., 2023 ; Boel et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2018 ; Scherer et al., 2018 ; Thohir et al., 2023 ; Yang et al., 2021).

Toutefois, plusieurs de ces études mettent en avant l'importance d'un autre facteur : l'auto-efficacité (Al-Adwan et al., 2024 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2018 ; Scherer et al., 2018). Appliqué aux modèles de l'acceptation, ce concept, développé par Bandura (1986), désigne la confiance que possède un utilisateur à être efficace dans son activité avec une technologie (Alomary et Woollard, 2015 ; Liaw et al., 2013). L'auto-efficacité fut d'ailleurs considérée comme l'un des prédicteurs à la facilité d'utilisation dans la troisième version du TAM développée par Venkatesh et Bala (2008). Dans ces études combinant le TAM, l'UTAUT2, et le TPACK, l'auto-efficacité posséderait un rôle similaire à la facilité d'utilisation et l'utilité perçue. Ce facteur serait un médiateur entre le facteur général du TPACK et l'intention d'utiliser une technologie. Les connaissances permettant d'intégrer une technologie dans les pratiques pédagogiques des formateurs augmenteraient leurs sentiments d'efficacité et, par extension, leur intention à l'utiliser (Al-Adwan et al., 2024 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2018 ; Scherer et al., 2018). Enfin, nous souhaitons ajouter un dernier facteur dans la compréhension de l'acceptation de l'IL par les formateurs, celui de l'anxiété. Ces technologies innovantes nécessitent une montée en compétences pour s'assurer que leurs utilisations soient pertinentes et se déroulent sans encombre lors de la réalisation d'un cours (Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018). La perte de l'attention des élèves, l'apparition de problèmes techniques, ou encore la peur du remplacement peuvent susciter des craintes chez les formateurs lors de l'utilisation d'une technologie (Dupain et al., 2023 ; Wilson et al., 2019). Dans l'étude de l'acceptation d'une technologie, cet aspect de l'anxiété est très peu étudié et mérite donc davantage d'attention (Henderson et Corry, 2021). Dans la continuité des résultats

de Joo et al. (2016), nous supposons que l'anxiété possède un rôle médiateur entre le facteur général du TPACK et l'intention d'utiliser une technologie. Bien que sans fondement empirique, nous supposons également que le soutien fourni par les équipes techniques d'un organisme de formation puisse diminuer les craintes des formateurs à utiliser les TI dans leurs cours. L'anxiété à utiliser l'IL pourrait ainsi être prédite par les connaissances des formateurs à utiliser ces technologies, l'influence sociale de leurs pairs, et l'aide qu'ils pourraient recevoir de leur organisme de formation.

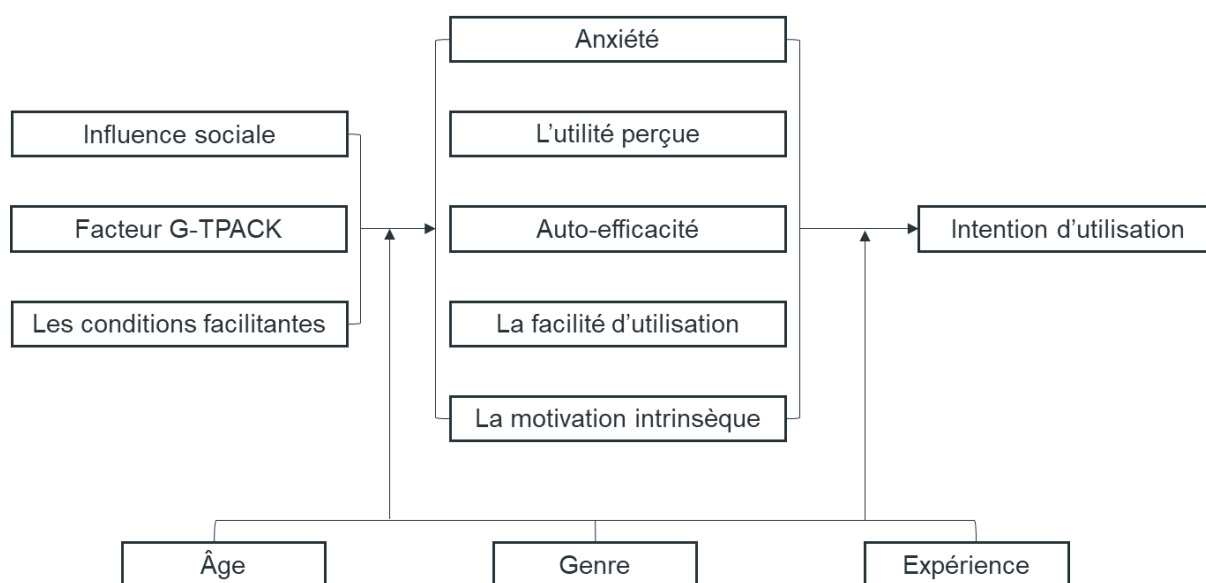


Figure 19. Variables reliées à l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.

L'objectif de la troisième étude de cette thèse sera ainsi d'explorer les relations qu'entretiennent ces différents facteurs dans l'acceptation de l'IL par des formateurs français en activité. Plus précisément, nous souhaitons étudier les réactions des formateurs dues au CO que ces TI provoquent dans leurs pratiques pédagogiques (Oreg et al., 2011). A cette fin, nous utiliserons 9 facteurs identifiés dans les modèles du TAM, de l'UTAUT2, et du TPACK : l'intention d'utilisation (1), l'utilité perçue (2), la facilité d'utilisation (3), l'auto-efficacité (4), l'anxiété (5), la motivation intrinsèque (6), les conditions facilitantes (7), l'influence sociale (8), et le facteur général du TPACK (9). En accord avec les résultats de ces précédentes études, nous supposons un lien causal entre ces différents facteurs (Al-Adwan et al., 2024 ; An et al., 2023 ; Boel et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2016 ; Joo et al., 2018 ; Scherer et al., 2018 ; Thohir et al., 2023 ; Yang et al., 2021). L'intention des formateurs à utiliser l'IL dans leur activité serait prédite par l'auto-efficacité, l'utilité perçue, la facilité d'utilisation, la motivation intrinsèque, et l'anxiété. Ces facteurs seraient à leur tour prédits par l'influence sociale, les

conditions facilitantes, et le facteur général du TPACK. La figure 19 schématise les relations attendues entre ces variables. Les résultats du questionnaire issus de l'étude 3 serviront de fondement pour mesurer l'efficacité de la formation étudiée dans l'étude 4 de cette thèse.

5. Synthèse

L'immersive learning provoquerait ainsi un changement organisationnel au sein du fonctionnement des organismes de formation (Garcia, 2012 ; Burke et Noumair, 2015 ; Dengel et al., 2021 ; Lee et al., 2021). Ce changement organisationnel proviendrait d'un besoin des institutions et des organismes de formation pour améliorer la qualité des dispositifs de formation (e.g., engagement, motivation, compréhension, performance). Pour ce faire, les institutions et les organismes de formations doivent pouvoir accompagner les équipes pédagogiques à intégrer l'immersive learning dans leurs pratiques. Cet accompagnement aiderait les équipes pédagogiques à développer de nouvelles méthodes d'apprentissage afin d'améliorer la qualité et l'attractivité des dispositifs de formation actuels. Cette inclusion de l'immersive learning dans les pratiques des équipes pédagogiques provoquerait alors une modification durable dans la façon dont les organismes de formation fonctionnent tant à un niveau individuel, collectif, qu'organisationnel (Burke et Noumair, 2015). Afin d'identifier les déterminants à l'acceptation de l'immersive learning, nous avons présentées trois approches pour étudier un changement organisationnel. La première approche comprend le changement organisationnel comme un processus qui s'incarne dans un projet avec sa temporalité, son phasage, et ses CSF (By, 2005 ; Dempsey et al., 2021 ; Fleury et al., 2023 ; Hornstein, 2015 ; Henning, 2021 ; Jacquemont et al., 2015 ; PMBOK Guide, 2013). La deuxième approche présente les agents du changement qui ont la charge d'initier, de coordonner, et d'accompagner l'implémentation d'un changement organisationnel dans les pratiques d'une organisation. Pour être efficace dans l'implémentation d'un changement organisationnel, cette activité sous-tend une combinaison de rôles, de tâches, de compétences, et de traits de personnalité (Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024). La troisième approche explique le rôle des formateurs en tant que receveurs du changement et des facteurs associés à l'acceptation de l'immersive learning dans leurs pratiques pédagogiques (Al-Adwan et al., 2024 ; Oreg et al., 2011 ; Thohir et al., 2023). Dans la partie suivante de cette thèse, nous présenterons son contexte avec sa problématique, ses objectifs, et l'articulation des quatre études qui ont été menées pour y répondre.

PARTIE 2 : CONTRIBUTIONS EMPIRIQUES

Chapitre 4 : Contexte, problématique, et objectifs de la thèse

L'appropriation des technologies éducatives par les équipes pédagogiques est l'un des enjeux du 21^e siècle afin d'améliorer la qualité, l'accessibilité, l'égalité, et l'individualisation de la formation aux futures générations (Al-Adwan et al., 2024 ; Chauhan, 2017 ; Huang et al., 2019b ; OECD, 2023a ; OECD, 2023b ; UNESCO, 2020 ; UNSECO, 2023 ; UNICEF, 2021). Ces technologies recouvrent un large panel d'outils, de process, et de ressources numériques destinées à l'apprentissage (Huang et al., 2019b). Parmi elles, nous pouvons retrouver les Technologies Immersives (TI). Se répartissant sur le continuum de la réalité étendue, elles provoquent chez leurs utilisateurs une expérience d'immersion et un sentiment de présence qui ont pour conséquence de rendre floue la frontière entre l'environnement virtuel et le monde réel (Milgram et Kishino, 1994 ; Skarbez et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018). Quand ces TI sont utilisées à des fins d'apprentissage et de développement des compétences, nous les désignons par le concept d'Immersive Learning (IL ; Dengel et Mägdefrau, 2018 ; Dupain et al., 2023 ; Fernandes et al., 2023). L'intérêt de l'IL dans un contexte de formation est pluriel. Il permet de rattacher les apprentissages à des reproductions réalistes de situations professionnelle, de faciliter la capitalisation sur ses erreurs à travers la répétition, ou encore d'améliorer la concentration, l'engagement, et la rétention des apprenants (Hamilton et al., 2018 ; Howard et al., 2021 ; Kaplan et al., 2021 ; Suh et Prophet, 2018 ; Wu et al., 2020 ; Yu et Duan, 2023). Malgré ces avantages, l'acquisition d'une TI ne se traduit pas toujours par son utilisation effective car elle sous-tend la volonté des formateurs de l'intégrer dans leurs pratiques pédagogiques. Cette volonté peut se traduire en résistances et ralentir, voir interrompre, l'intégration de l'IL dans un dispositif de formation. Ces résistances revêtent diverses formes telles que la peur de l'inconnu, l'absence de sens, le manque de compétence, le changement d'approche pédagogique, et la perte de contrôle sur leurs activités (Alfalah., 2018 ; Berger et Thomas, 2011 ; Dupain et al., 2021 ; Carpenter et al., 2023 ; Khukalenko et al., 2022 ; Lasry et al., 2014 ; Lee et al., 2021 ; Wilson et al., 2019).

La compréhension de ces résistances, et des leviers facilitant l'utilisation de l'IL, font partis des objectifs de l'entreprise financeuse de cette thèse CIFRE, Mimbus. Mimbus est une entreprise toulousaine d'une vingtaine de collaborateurs spécialisée dans le développement de TI d'apprentissage pour les métiers manuels. Les solutions qu'elle développe sont dédiées aux organismes de formation et sont principalement rattachées aux secteurs du bâtiment, de l'industrie, et de la maintenance (e.g., chaudronnerie, maintenance électrique, menuiserie, chimie). Ces simulateurs sont reliés à une plateforme web Vulcan fournissant une gestion, une personnalisation, et une traçabilité des expériences immersives (<https://mimbus.com/produit/vulcan/>). Ses douze années d'expérience lui ont permis de

constater que ses solutions ne sont pas utilisées par une majorité de ses clients et premiers utilisateurs : les formateurs. Par exemple, une partie de ses simulateurs de découpe de bois WOOD-ED table n'ont jamais été utilisés alors qu'ils sont en état de fonctionnement chez les organismes de formation le possédant. Un constat similaire peut s'appliquer à SimSpray, sur de la peinture industrielle, à Virtual Indus, sur de la maintenance électrique, et à Wave sur de la chaudronnerie. De son côté, moins de 10% des formateurs qui ont accès à Vulcan l'emploient autrement que pour activer les licences des simulateurs. Les fonctionnalités rattachées à la gestion des classes, la personnalisation des exercices immersifs, la création des parcours pédagogiques, ou encore la traçabilité des performances des apprenants en simulation, ne sont pas utilisées. Ces différents constats nous amènent à penser que les simulateurs et Vulcan sont utilisés de manière événementiels (e.g., portes ouvertes, salons) et qu'ils ne sont pas intégrés durablement dans les parcours de formation existants.

En collaboration avec le laboratoire LaPEA de l'Université Paris Cité et Mimbus, un projet de recherche a été mis en place afin de comprendre pourquoi les simulateurs ne sont pas utilisés par les formateurs. Plus précisément, cette thèse vise à identifier quels sont les facteurs déterminants à l'implémentation de l'IL dans les pratiques des formateurs et des organismes de formation français. Pour répondre à cette problématique, cette thèse CIFRE aborde l'IL comme un Changement Organisationnel (CO) car il suppose une modification aussi bien individuelle, collective, qu'organisationnelle des pratiques des organismes de formation (Abd Majid et Mohd Shamsudin, 2019 ; Alfaisal et al., 2024 ; Cawsey et al., 2012 ; Garcia, 2012 ; Khukalenko et al., 2022). L'étude des déterminants à l'acceptation d'un CO prend son origine dans les travaux de Kurt Lewin (Burnes et Cooke, 2012). Désormais riche de plus de sept décennies de recherche, l'étude d'un CO se décline en trois principaux axes : le changement comme un processus (1 ; Burke, 2017 ; Kotter, 1996 ; Schein, 1961), les Receveurs d'un Changement (2 ; RC ; Endrejat et al., 2021 ; Oreg et al., 2011 ; Scherer et al., 2019), et les Agents du Changement (3 ; AC ; Gerwing., 2016 ; Mansaray., 2019 ; Ulrich et al., 2013). Dans le contexte de l'IL, le processus s'incarne dans un projet (1 ; Alhogail et Mirza, 2011 ; By, 2005 ; Fleury et al., 2023 ; Hornstein, 2015), les RC sont les formateurs (2 ; Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; Khukalenko et al., 2022 ; Thohir et al., 2023), tandis que les AC sont toutes personnes cherchant à intégrer l'usage pédagogique de ces technologies au sein des organismes de formation (3 ; Acton, 2021 ; Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024 ; Lee et al., 2022). Bien que l'apport pédagogique de l'IL soit un sujet de recherche largement étudié dans la littérature (Hamilton et al., 2018 ; Suh et Prophet., 2018 ; Wu et al., 2020 ; Yu., 2023), la question du CO qu'il provoque auprès des formateurs en activité reste peu exploré. Il connaît néanmoins une croissance récente due à la démocratisation de ces technologies, la multiplication des cas d'usage, et du positionnement des grands industriels du secteur (e.g.,

Meta, Apple, PICO ; Carpenter et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Dupain et al., 2023 ; Fischer et al., 2021 ; Khukalenko et al., 2022 ; Lee et al., 2021 ; Thohir et al., 2023).

L'objectif de cette thèse CIFRE est ainsi d'étudier, en fonction de ces trois axes de recherche d'un CO, les facteurs déterminants l'implémentation de l'IL au sein des pratiques d'un organisme de formation et l'activité des formateurs. Pour répondre à cet objectif de recherche, une démarche exploratoire couplée à une méthodologie mixte de recherche est employée. L'intérêt de ces méthodes est de fournir des informations complémentaires et distinctes d'un même phénomène étudié (Schoonenboom et Johnson, 2017). Dans les chapitres suivants, nous présentons 4 études exploratoires qui abordent l'IL selon l'un des trois principaux axes de recherche d'un CO. La première étude se concentre sur l'activité des AC lors de l'implémentation de l'IL et, plus largement, des technologies éducatives (i.e., Chapitre 5). Elle a pour objectif d'identifier leurs facteurs individuels de l'AC en termes de rôles, tâches, compétences, et traits de personnalité. La deuxième étude porte sur le processus de CO lié à l'implémentation de l'IL dans les pratiques des organismes de formation (i.e., Chapitre 6). Elle a pour objectif d'étudier le CO que l'IL provoque au sein des organismes de formation, la forme que prend ce processus, et les facteurs critiques qui lui sont associés. La troisième étude se focalise sur les formateurs comme receveurs de ce CO (i.e., Chapitre 7). Elle a pour objectif d'identifier les facteurs déterminant leur acceptation pour intégrer l'IL dans leurs pratiques pédagogiques. La quatrième étude observe l'impact d'une formation sur l'acceptation de l'IL auprès de formateurs en activité (i.e., Chapitre 8). Elle a pour objectif d'évaluer l'intérêt de cette méthode d'intervention pour améliorer l'intention des formateurs à intégrer l'IL dans leurs pratiques pédagogiques. Pris ensemble, ces études auront pour objectif d'identifier les facteurs déterminants l'acceptation et l'implémentation de l'IL dans les pratiques des organismes de formation. La figure 20 présente ces trois axes de recherche du CO provoqué par l'IL et qui sont employés dans ces quatre études exploratoires.

1. Les agents du changement

Ils désignent toutes personnes visant à intégrer l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation.

Étude 1 : Les agents du changement et l'Immersive Learning.

2. Le processus de changement

L'Immersive Learning s'incarne dans un projet quand il est implémenté dans un organisme de formation.

Étude 2 : Le projet de changement organisationnel et l'Immersive Learning.

3. Les receveurs du changement

Les formateurs qui doivent intégrer l'Immersive Learning dans leurs pratiques pédagogiques.

Étude 3 : Les prédicteurs à l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.

Étude 4 : La formation des formateurs comme facilitateur du changement.



Figure 20. Les trois approches de l'Immersive Learning comme Changement Organisationnel à travers quatre études exploratoires.

Chapitre 5 : Etude 1 – Les agents du changement et l'Immersive Learning

1. Objectifs et Questions de recherche

L'activité de l'Agent du Changement (AC) consiste à implémenter un Changement Organisationnel (CO) dans les pratiques d'une organisation (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958). Qu'elle soit désignée de façon formelle ou qu'elle émerge spontanément, cette activité sous-tend une combinaison de rôles, de tâches, de compétences, et de traits de personnalité pour être menée à bien (Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024 ; Van Poeck et al., 2017 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014 ; Visser et Crane, 2010). Malgré le nombre d'études portant sur la conduite d'un CO et les réactions qu'il provoque auprès des membres d'une organisation, très peu se concentrent sur les caractéristiques inhérentes à l'activité de l'AC. Ce manque se justifie par la polyvalence de cette fonction, l'accessibilité à cette population, et la faible présence de données empiriques sur les caractéristiques inhérentes à cette activité. Afin de répondre à ce besoin, cette étude mixte et exploratoire vise à identifier quels sont les facteurs individuels de réussite de l'AC lors de l'implémentation d'une technologie éducative dans les pratiques d'un organisme de formation. Nous formulons ainsi les deux questions de recherche suivantes :

- **QR1.** Quels sont les facteurs individuels de réussite nécessaires à l'AC pour implémenter une technologie éducative dans les pratiques d'un organisme de formation ?
- **QR2.** Quels rôles, tâches, compétences, et traits de personnalité se regroupent entre eux pour former des clusters d'activités de l'AC ?

Le protocole de cette étude comprend la conduite simultanée d'entretiens semi-directifs et la complétion de deux questionnaires d'analyse de poste auprès de 21 experts du CO, des technologies éducatives, et de la formation. Nous obtenons de nos entretiens les verbatims spontanés des experts interrogées sur l'activité d'un AC (i.e., les postes, les tâches, les rôles, et les compétences). Les questionnaires fournissent les compétences professionnelles (i.e., FJAS-II) et les traits de personnalité (i.e., NEO-PI-3) jugés par nos experts comme pertinents à l'activité de l'AC. Le même poids est accordé à nos données et un modèle de triangulation en deux temps est utilisé (Schoonenboom et Johnson, 2017). Pour répondre à notre première question de recherche, les données sont d'abord analysées séparément avec des statistiques descriptives pour les questionnaires, et avec des analyses de contenu dirigées pour les verbatim issus de nos entretiens. Nous visons ainsi à recueillir une liste exhaustive de facteurs

individuels de réussite en termes de rôles, de tâches, de compétences, et de traits de personnalité.

Pour répondre à notre deuxième question de recherche, nous conservons les facteurs individuels de réussite les plus énumérés lors de nos entretiens semi-directifs, et les mieux notés lors de nos questionnaires. Les facteurs individuels de réussite retenus sont ensuite fusionnés pour effectuer une analyse factorielle des correspondances (AFC) complétée d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). L'intérêt de cette méthode est qu'elle accorde la même importance à nos données mixtes, se concentre sur les relations les plus pertinentes, garantit une classification basée sur des données raffinées, et identifie quels facteurs individuels de réussite se regroupent entre eux (Deschamps, 2003 ; Johansson et al., 2010 ; Jordahn et al., 2024). Grâce à ces deux dernières analyses, nous souhaitons générer une typologie représentative et spécifique de l'activité des AC lors de l'implémentation d'une technologie éducative dans les pratiques d'un organisme de formation.

2. Méthode

Participants : Une stratégie d'échantillonnage raisonné et en boule-de-neige a été utilisée pour recruter 21 experts volontaires par courrier électronique ^{et/ou} LinkedIn (57 % d'hommes, Elo et al., 2014 ; Moser et Korstjens, 2018, Neuendorf, 2018). Tous les participants qui ont répondu favorablement à notre demande ont été interrogés dans le cadre de cette étude. Ils devaient attester d'un an d'expérience dans leur emploi actuel ($M = 4,3$, $ET = 4,6$), et de trois ans d'expérience dans les secteurs de la formation, des technologies, ^{et/ou} de la conduite du changement ($M = 9,8$, $ET = 6,3$). Ils devaient être activement impliqués dans la réalisation d'un projet de CO, au sein de leur propre organisation ou de celle d'un de leurs clients. Ce projet devait impliquer l'initiation ^{et/ou} la mise en œuvre d'une nouvelle méthode d'apprentissage liée à l'utilisation des technologies. Les critères d'inclusion de nos participants sont intentionnellement larges afin de correspondre à la définition de l'AC utilisée dans cette étude (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958). Tous nos participants ont été retenus dans nos analyses.

Matériel :

Logiciels : Cette étude a été réalisée en ligne. Le logiciel Teams a été utilisé pour mener les entretiens par vidéoconférence enregistrée, le logiciel web LimeSurvey pour remplir les deux questionnaires d'analyse de poste, le logiciel DragonPro pour la transcription, et le logiciel R pour analyser la totalité de nos données. Ces outils sont conformes aux directives données par la CNIL française concernant le RGPD. Le protocole décrit ci-dessous est validé par le

comité d'éthique de l'Université Paris Cité (N°2020-66-JORDAHN-CABON). Les résultats peuvent être consultés dans ce dépôt OSF⁷.

NEO-PI-3 Job Profiler : Développé par Costa et al. (1995), ce questionnaire d'analyse de poste est utilisé pour évaluer les traits de personnalité jugés par des experts comme possédant un impact positif, ou négatif, sur un poste. La consigne a été adaptée pour étudier les traits de personnalité relatifs à l'activité des AC. Il est composé de 30 items, correspondant aux 30 facettes du modèle du Big Five, et d'une échelle de Likert en 5 points (i.e., -2 : impact très négatif à +2 : impact très positif, 0 : impact non pertinent). Les facettes du facteur *Névrosisme* sont inversées afin de refléter la *Stabilité Emotionnelle*.

FJAS-2 : Construit par Fleishman (1996), ce questionnaire d'analyse de poste est utilisé pour déterminer le niveau de maîtrise des compétences interpersonnelles et sociales jugées par des experts comme nécessaires à un poste (Astani et Macarie, 2013). Il est composé de 21 items et d'une échelle de Likert en 7 points (i.e., 1 : Faible niveau de maîtrise à 7 : Fort niveau de maîtrise). Chaque item inclue une définition générale, la signification de ses extrêmes, et d'exemples intermédiaires. La consigne a été adaptée à l'activité des AC et deux modalités de réponse ont été ajoutées (i.e., "Compétence non pertinente" et "Je ne sais pas"). En accord avec les compétences retrouvées dans la littérature, nous avons modifié cette échelle. Les compétences *conformisme social* et *amabilité* ont été retirées de cette échelle n'étant pas considérées comme pertinentes par les chercheurs. 16 compétences ont ensuite été ajoutées en suivant le format des items du JASF-II et nous donnant un total de 35 items. Elles incluent des connaissances sur le fonctionnement de l'organisation (1), la conduite de changement (2), le fonctionnement des individus (3), et les technologies éducatives (4) ; des compétences de communication (5), de networking (6), de transmettre une vision du CO (7), de récupérer des ressources organisationnelles (8), de faciliter la prise de décision (9), de résolution de problème (10), de méthodes de recherche et d'analyse (11), de gestion de projet (12), de collaboration (13), de facilitation (14), d'instaurer un climat de confiance (15), et de sens politique (16 ; Cameron et Green, 2019 ; Endrejat et al., 2021 ; Oreg et Sverdlik, 2011 ; Palmer et al., 2016 ; Van der Linde-de Klerk et al., 2014 ; Visser et Crane, 2010). Les définitions et les références de ces compétences figurent en annexes (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Entretiens semi-structurés : L'intervieweur est le doctorant de cette thèse. Les participants étaient inconnus des chercheurs jusqu'à leur sollicitation. Une présentation de l'enquêteur et du contexte de l'étude sont fournis aux participants dans la note d'information et pendant la première partie de l'entretien. Le guide d'entretien semi-directif couvre successivement 6 parties pour recueillir les tâches, les compétences et les rôles des enquêtés : l'explication de

⁷ https://osf.io/dmxrg/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

l'étude à l'enquête (1), la présentation de l'activité de l'enquête (2 ; e.g., *quelles sont les tâches liées à votre activité en tant qu'AC ?*), l'étude de cas de son projet de CO (3 ; e.g., *quels projets de CO avez-vous menés impliquant l'utilisation d'une technologie éducative ?*), la description des compétences de l'AC (4 ; e.g., *quelles sont les compétences essentielles à un CA pour conduire un projet de CO ?*), la description des rôles de l'AC (5 ; e.g., *quels rôles l'équipe projet doit-elle posséder ?*), et la clôture de l'entretien (6). Il est composé de questions ouvertes, dirigées et fermées. Il a été testé avec un collègue du premier auteur avant la réalisation de cette étude. Les entretiens ont duré approximativement 1h32 (*ET* = 20min34sec) et ont été menés entre mai et juillet 2020. La grille d'entretien est accessible en annexes (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Procédure : Une invitation de réunion Teams, comprenant le formulaire de consentement et la note d'information, est envoyée aux participants. Il leur est demandé de lire ces deux documents et de renvoyer le formulaire de consentement signé avant le début de l'entretien. Au début de l'entretien, l'intervieweur rappelle au participant l'objectif de l'étude et ses droits avant de commencer l'enregistrement. Il s'assure aussi de la récupération du formulaire de consentement. Tout au long de l'entretien, l'intervieweur suit le guide d'entretien semi-directif préparé au préalable. À la fin de l'entretien, l'intervieweur répond aux éventuelles questions, envoie les liens des questionnaires d'analyse de poste, et s'assure de leurs bonnes réceptions. Il propose à la personne interrogée un feedback de 30 minutes une fois les deux questionnaires d'analyse de poste remplis afin d'examiner les résultats, et les modifier si souhaitée. Après l'entretien, les participants remplissent les deux questionnaires d'analyse de poste en ligne. Une notification est envoyée au chercheur pour l'informer que les questionnaires ont été remplis. Une note d'information de l'étude est fournie automatiquement à la fin du deuxième questionnaire. Elle est accessible en annexe (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Analyse des données : L'analyse de contenu dirigée est un processus de codage systématisé visant à identifier et interpréter les données textuelles en catégories pour décrire un phénomène. L'analyse de contenu dirigée sur contenu manifeste a été appliquée sur les verbatims des entretiens en suivant les recommandations de Tong et al. (2007, Tong et al., 2012). Afin de se familiariser avec les données, de garantir l'anonymat des participants, de préparer leurs traitements, et de déterminer la saturation des idées, les entretiens ont été retranscrits en continu. La saturation des idées a été décidée collectivement à la suite du 16^{ème} entretien entre les deux chercheurs de cette étude. Les verbatims relatifs aux rôles, tâches, et compétences ont été isolés, condensés, et coupés pour ne garder que leur contenu manifeste. La matrice de catégorisation a été élaborée sur la base de notre revue de littérature et comprend une définition des catégories (e.g., les rôles), de leurs sous-catégories (e.g., les

experts), et de leurs règles de codage (i.e., définition et exemple). En outre, une approche inductive a été adoptée pour ajouter les sous-catégories émergentes de notre analyse. La matrice de catégorisation a été testée sur un premier entretien avant d'être appliquée à tous nos verbatims (Erlingsson et Brysiewicz, 2017). Le doctorant et le directeur de cette thèse ont mené séparément l'analyse de contenu dirigée sur ces données qualitatives. Les coefficients de fiabilité inter-juges ont été réalisés sur chaque catégorie (Perinetti, 2018). Les verbatim présentant des désaccords ont ensuite été relus et réorganisés collectivement. Le doctorant, conducteur des entretiens, décidait si un accord n'était pas trouvé.

L'analyse factorielle des correspondances est une méthode d'analyse descriptive qui permet de projeter un jeu de données qualitatives sur un plan factoriel. Ces données sont préalablement organisées en une table de Burt séparant nos observations (i.e., lignes) des modalités de nos variables catégorielles (i.e., colonnes). L'intersection des lignes et des colonnes correspond à la fréquence de chaque observation selon les modalités des variables catégorielles. Ces données sont alors projetées sur un graphique afin de visualiser leurs relations en fonction de la proximité de leurs coordonnées. Cela conduit à l'identification d'axes factoriels avec les observations et les variables catégorielles qui contribuent à leurs constructions (Deschamps, 2003). Comme l'analyse factorielle des correspondances, la classification ascendante hiérarchique consiste à regrouper des observations en fonction de leur proximité sur un plan factoriel pour former des groupes de mots (i.e., cluster). Chaque cluster se rattache alors à l'une des modalités de nos variables catégorielles pour en indiquer sa thématique principale. L'exécution d'une classification ascendante hiérarchique à la suite d'une analyse factorielle des correspondances garantit une classification basée sur un jeu de données raffiné afin de se concentrer sur les relations les plus pertinentes. Elle facilite également l'identification de facteur pour en déduire les relations entre des observations et leurs variables catégorielles (Johansson et al., 2010 ; Jordahn et al., 2024). Au total, 4 critères permettent de décider du nombre de clusters à conserver lors d'une classification ascendante hiérarchique : la similarité intra-cluster (1 ; i.e., les parangons), la différence inter-cluster (2 ; i.e., la spécificité), la contribution des axes et de leurs modalités à la construction des clusters (3), et la cohérence des informations contenues dans chaque cluster (4 ; Johansson et al., 2010).

3. Résultats

a. Analyse descriptive

Informations démographiques : Nos 21 participants travaillent dans les secteurs de la formation ($n = 9$), du conseil ($n = 7$), de l'industrie ($n = 3$), et du développement de logiciels ($n = 2$). Le statut de leurs organisations est principalement privé ($n = 10$) et public ($n = 8$). Deux participants viennent d'entreprise semi-publiques et le dernier d'une association. Ils ont été sélectionnés sur leur poste actuel par recrutement externe ($n = 9$) et par mobilité interne ($n = 8$). Les quatre derniers participants ont créé leur propre entreprise. 17 de nos participants ont un diplôme de niveau master, ou supérieur, en droit, économie et gestion ($n = 8$), sciences, technologie, ingénierie et mathématiques ($n = 5$), sciences humaines et sociales ($n = 3$), et arts, littérature et linguistique ($n = 1$). Tous nos participants considèrent l'activité des AC soit comme une partie de leur activité ($n = 11$), soit comme sa totalité ($n = 10$). 13 d'entre eux ont un poste impliquant des responsabilités décisionnelles, stratégiques ^{et/ou} managériales au sein de leur organisation. Leur activité d'AC consiste à apporter des changements liés à l'apprentissage et aux technologies, en majorité au sein de leur propre organisation ($n = 12$) ou celles de leurs clients ($n = 9$).

FJAS-2. Un degré de fidélité inter-juges acceptable a été constaté parmi les 17 participants qui ont répondu à ce questionnaire, ICC (3,2) = 0,78, 95%IC [.69, .86] (Perinetti, 2018). Pour ne retenir que les compétences essentielles, nous avons arbitrairement sélectionné les items dont le score était égal ou supérieur à 6 sur 7. Les réponses « Compétence non pertinente » ont été transformés en 0. Au total, 15 compétences sur 35 ont été considérées par nos participants comme pertinentes pour l'activité de l'AC et nécessitant un niveau de compétence élevé. Elles sont présentées dans le tableau 1. Les compétences restantes figurent en (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

NEO-PI-3. Un degré de fidélité inter-juges élevé a été constaté parmi les 17 participants qui ont répondu à ce questionnaire, ICC (3,2) = .89, 95%IC [.84, .94] (Perinetti, 2018). Nous avons arbitrairement sélectionné les traits de personnalité dont le score moyen était égal ou supérieur à 4 sur 5, reflétant un impact positif sur l'activité des AC. Aucun item n'avait un score moyen inférieur ou égal à 2, reflétant un impact négatif sur l'activité des AC. 15 traits de personnalité sur 30 ont été considérés comme ayant un impact positif sur l'activité des AC. Ils sont présentés dans le tableau 1. Les traits de personnalité restants figurent en annexe (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Tableau 1. Statistiques descriptives des items conservés du NEO-PI-3 et du F-JAS-II.

Items NEO-PI-3 (N=17)	M	ET	Items FJAS-2 (N=17)	M	ET
Ouverture aux Idées	4.71	.46	Facilitation	6.63	.62
Ouverture aux Actions	4.65	.48	Communication	6.59	.62
Calme	4.53	.61	Collaboration	6.47	.72
Résistance au stress	4.47	.50	Gestion de Projet	6.47	1.12
Autodiscipline	4.41	.60	Sens Pédagogique	6.41	.80
Altruisme	4.29	.67	Intelligence des Situations	6.41	.87
Emotion Positive	4.29	.67	Résolution de Problème	6.35	.70
Modestie	4.29	.89	Argumentation Verbale	6.35	.79
Ordre	4.24	.55	Climat de Confiance	6.35	.79
Affirmation de Soi	4.24	.73	Ouverture aux Expériences	6.24	.90
Humeur égale	4.12	.68	Vision du Changement	6.24	.83
Compétence	4.12	.76	Souplesse du Comportement	6.18	1.01
Sociabilité	4.12	.90	Investigation Verbale	6.06	.66
Sincérité	4.00	.91	Contrôle de Soi	6.00	1.00
Assurance	4.00	1.03	Connaissance de l'Organisation	6.00	1.22

Analyse de contenu dirigée : Au cours de l'entretien, l'enquêteur a demandé d'énumérer les rôles d'une équipe chargée de conduire un CO, les tâches prescrites par leurs supérieurs, et les compétences nécessaires à un AC pour conduire efficacement un changement. Avant chaque réponse, une brève définition des concepts a été donnée pour cibler les réponses de l'interviewé (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes ; El Asame et Wakrim, 2018 ; Kayaalp et al., 2021 ; Leplat, 1990). L'analyse de contenu dirigée est menée sur 342 unités de sens divisées en 11 sous-catégories de rôles, 13 sous-catégories de tâches, et 19 sous-catégories de compétences. Un degré de fidélité inter-juges élevé a été constaté entre les deux chercheurs lors de la catégorisation des 105 unités de sens des rôles, ICC (3,2) = .91, 95%IC [.89, .93], des 117 unités de sens des tâches, ICC (3,2) = .92, 95%IC [.91, .94], et les 120 unités de signification des compétences, ICC (3,2) = .94, 95%IC [.92, .94] (Perinetti, 2018). Pour éliminer les informations non pertinentes, nous avons arbitrairement conservé les sous-catégories dont l'énumération est égale ou supérieure à 7, correspondant au tiers de nos participants. Avec ce critère, nous avons gardé les sous-catégories de 8 rôles, de 9 tâches, et de 8 compétences. Elles sont présentées dans le tableau 2 avec leur catégorie d'appartenance, leur nombre d'énumération, et une citation représentative. Les rôles, tâches et compétences restants figurent en annexes (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Tableau 2. Analyse de contenu dirigée : Les facteurs individuels de l'Agent du Changement.

Catégories	Sous-catégories	n	Citations
ROLES	Chef de Projet	19	<i>Il est là pour établir la stratégie et cadrer le projet jusqu'au bout. Il fait en sorte de respecter les deadlines, de répartir l'activité (P1)</i>
	Facilitateur	15	<i>Tu vas forcément toucher le quotidien des personnes et leurs sensibilités. C'est comment tu gères l'humain, les émotions, les ressentis (P6)</i>
	Expert Technique	13	<i>C'est quelqu'un qui maîtrise parfaitement les tenants et les aboutissants de ce changement. Si c'est la réalité virtuelle, qu'il puisse maîtriser parfaitement d'où cela vient, où cela va et ce que ça fait (P20)</i>
	Expert Pédagogique	12	<i>Il y a aussi le côté pédagogique qui est très important avec les outils, les process, la pédagogie, l'ingénierie et la sensibilisation (P5)</i>
	Analyste	11	<i>Il faut aussi des personnes en capacité d'évaluer, d'analyser (P12)</i>
	Pilote de Projet	11	<i>Il faut que la direction porte le même message que les personnes qui mettent en place le changement. C'est une implication, un aval (P19)</i>
	Communicant	10	<i>La maîtrise des règles de communication pour diffuser et transmettre un message. C'est savoir à qui et comment on transmet le message (P16)</i>
	Expert Financier	7	<i>C'est quelqu'un qui est spécialiste du financement aussi bien dans la récupération des ressources que dans son suivi et ses dépenses (P7)</i>
TACHES	Gestion de Projet	18	<i>Je suis en charge des projets internationaux et des projets de développement de la structure (P11)</i>
	Accompagnement	14	<i>L'accompagnement, l'écoute et le suivi de chacun est une énorme part de mon activité (P1)</i>
	Formation	12	<i>Je fais aussi bien de la conception que de l'animation de formation sur tout ce qui touche aux technologies et la pédagogie (P14)</i>
	Innovation Pédagogique	11	<i>J'assure une partie de Recherche & Développement sur l'innovation pédagogique comme la Réalité Virtuelle (P2)</i>
	Management	11	<i>L'une de mes missions principales est de la gestion RH à travers le management de huit collaborateurs (P15)</i>
	Conseil	10	<i>Une partie de mes missions est un rôle de conseil et d'audit (P12)</i>
	Partenariats	10	<i>Ma mission principale est d'animer un réseau et de développer les partenariats (P9)</i>
	Direction	9	<i>Je dirige au sein de mon organisation un service axé sur les usages pédagogique des technologies (P18)</i>
	Veille	8	<i>Je fais beaucoup de veille (P20)</i>
COMPÉTENCES	Gestion de projet	15	<i>Il faut savoir mener un calendrier, un planning, avoir des objectifs et ne pas les lâcher (P17)</i>
	Ouverture d'Esprit	11	<i>La créativité, la génération d'idées, l'originalité. Une créativité qui sous-tend une certaine ouverture d'esprit, une curiosité (P6)</i>
	Ecoute	10	<i>Initier un changement, c'est d'abord écouté autours de soi. C'est qu'on a identifié qu'il y a soit des difficultés, un besoin ou une nécessité (P11)</i>
	Méthodologie	9	<i>C'est le côté analytique de l'existant et de là où l'on veut aller. De comprendre les interactions et de pouvoir les cartographier, les analyser (P5)</i>
	Collaboration	9	<i>C'est la notion du travail en équipe, d'esprit d'équipe (P3)</i>
	Communication	9	<i>Si on ne sait pas bien communiquer ses idées, se faire comprendre, convaincre, alors le changement ne peut pas se mettre en place (P16)</i>
	Compréhension d'autrui	8	<i>Il faut être capable de se mettre à la place d'autrui, d'avoir une certaine empathie (P18)</i>
	Leadership	8	<i>Il faut un leader. Il faut quelqu'un qui tire la locomotive et qui est garant du cadre. C'est d'avoir la capacité à embarquer les gens avec toi (P7)</i>

Notes. Catégories, Sous-catégories, et citations représentatives des rôles, tâches, et compétences nécessaires à l'Agent du Changement pour implémenter une technologie éducative dans les pratiques d'un organisme de formation.

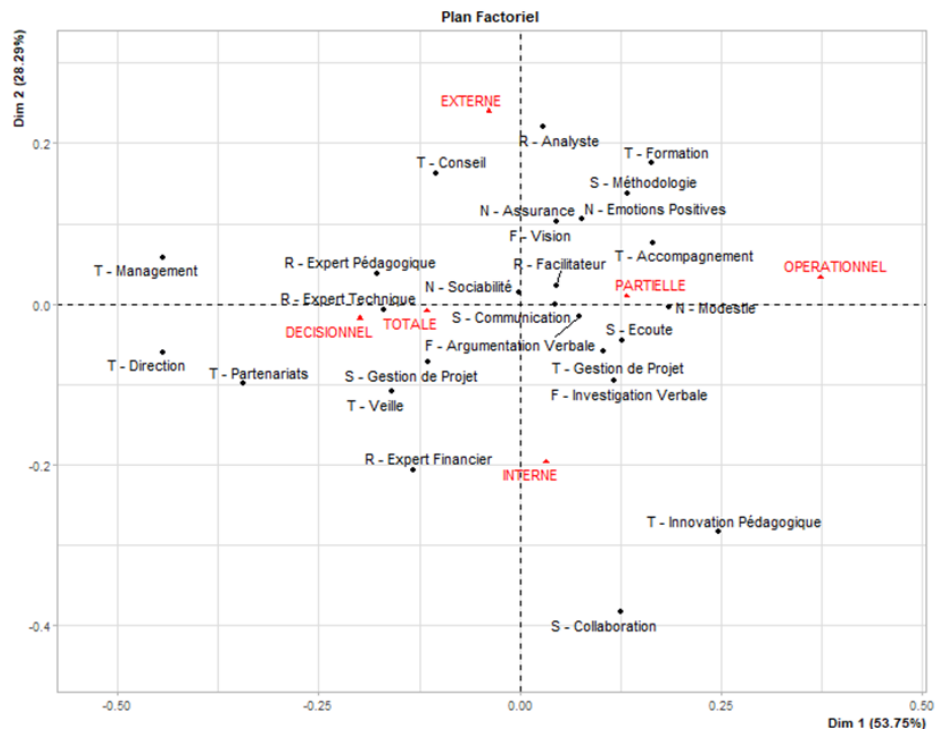
b. Analyse factorielle des correspondances

Les données mixtes conservées de nos analyses descriptives ont été utilisées pour réaliser l'AFC. Afin de créer notre tableau disjonctif complet, les observations de nos deux questionnaires d'analyse de poste ont été transformées en 0 et 1 avec les mêmes seuils arbitraires que précédemment : 6, ou supérieur, pour le FJAS-II ; 4, ou supérieur, pour le NEO-PI-3. Les non-réponses et les réponses individuelles "*Je ne sais pas*" ont été transformées en 0. Les observations retenues de notre analyse de contenu dirigée (i.e., rôles, tâches et compétences) ont été transformées en 0 et en 1 en fonction de leurs citations. La table de Burt créée à partir de notre tableau disjonctif complet contient 725 observations réparties en 3 variables catégorielles et 55 variables observables. Les 3 variables catégorielles ont 2 modalités chacune. Il s'agit du niveau de responsabilité de l'AC (i.e., *Opérationnel* vs *Décisionnel*), de l'origine de l'AC vis-à-vis de l'organisme de formation qui effectue le CO (i.e., *Interne* vs *Externe*), et du temps d'activité nécessaire pour effectuer un CO (i.e., *Partielle* vs *Totale*). L'AFC met en évidence une solution tridimensionnelle accumulant 100% de l'inertie totale ($\chi^2 = 50.96$, $p = 1$). La première dimension explique 53.8% de la variance, la deuxième 28.3%, et la troisième 17.9%. La non-significativité du χ^2 s'explique par la taille de notre échantillon, le nombre de nos variables, et la faible fréquence de nos observations (McHugh, 2013). Pour définir les dimensions et sélectionner les variables contribuant à leur construction, nous avons gardé les variables dont la contribution à la construction d'une des trois dimensions est supérieure à la contribution moyenne (Deschamps, 2003). Avec ce critère, nous avons conservé nos trois variables catégorielles, avec leurs modalités respectives, et 26 variables observables.

1ère dimension – Responsabilités : Elle se caractérise par le niveau de responsabilité de l'AC dans l'organisation recevant le changement. Elle oppose un poste impliquant une activité opérationnelle à ceux qui possèdent des responsabilités stratégiques, décisionnelles, ^{et/ou} managériales. 7 variables observables contribuent à la construction de cette première dimension avec 2 rôles (i.e., expert technique et expert pédagogique), 3 tâches (i.e., leadership, management et partenariats), 1 compétence (i.e., gestion de projet), et 1 trait de personnalité (i.e., modestie).

2e dimension – L'origine : Elle oppose les AC d'origine externe ou interne à l'organisation dans laquelle le changement prend place. 11 variables observables contribuent à la construction de cette deuxième dimension avec 2 rôles (i.e., financier et analyste), 3 tâches (i.e., formation, innovation pédagogique, et conseil), 4 compétences (i.e., collaboration, méthodologie, investigation verbale, et vision), et 2 traits de personnalité (i.e., confiance en soi et émotions positives).

Figure 21. Analyse Factorielle des Correspondances : Les facteurs individuels de l'Agent du Changement.



Notes. Les variables catégorielles sont en rouges et les variables observables sont en noir. Ce graphique illustre la proximité entre les facteurs individuels (i.e., noir) de l'Agent du Changement et ses caractéristiques métiers (i.e., rouge).

3e dimension – Le temps d'activité : Elle se définit par le temps que l'AC consacre à la gestion d'un projet de changement. Elle oppose une activité consacrée partiellement, ou totalement, à la conduite d'un CO. 8 variables observables contribuent à la construction de cette troisième dimension avec 1 rôle (i.e. facilitateur), 3 tâches (i.e. la gestion de projet, l'accompagnement et la veille informationnelle), 3 compétences (i.e. la communication, l'écoute et l'argumentation verbale), et 1 trait de personnalité (i.e. la sociabilité).

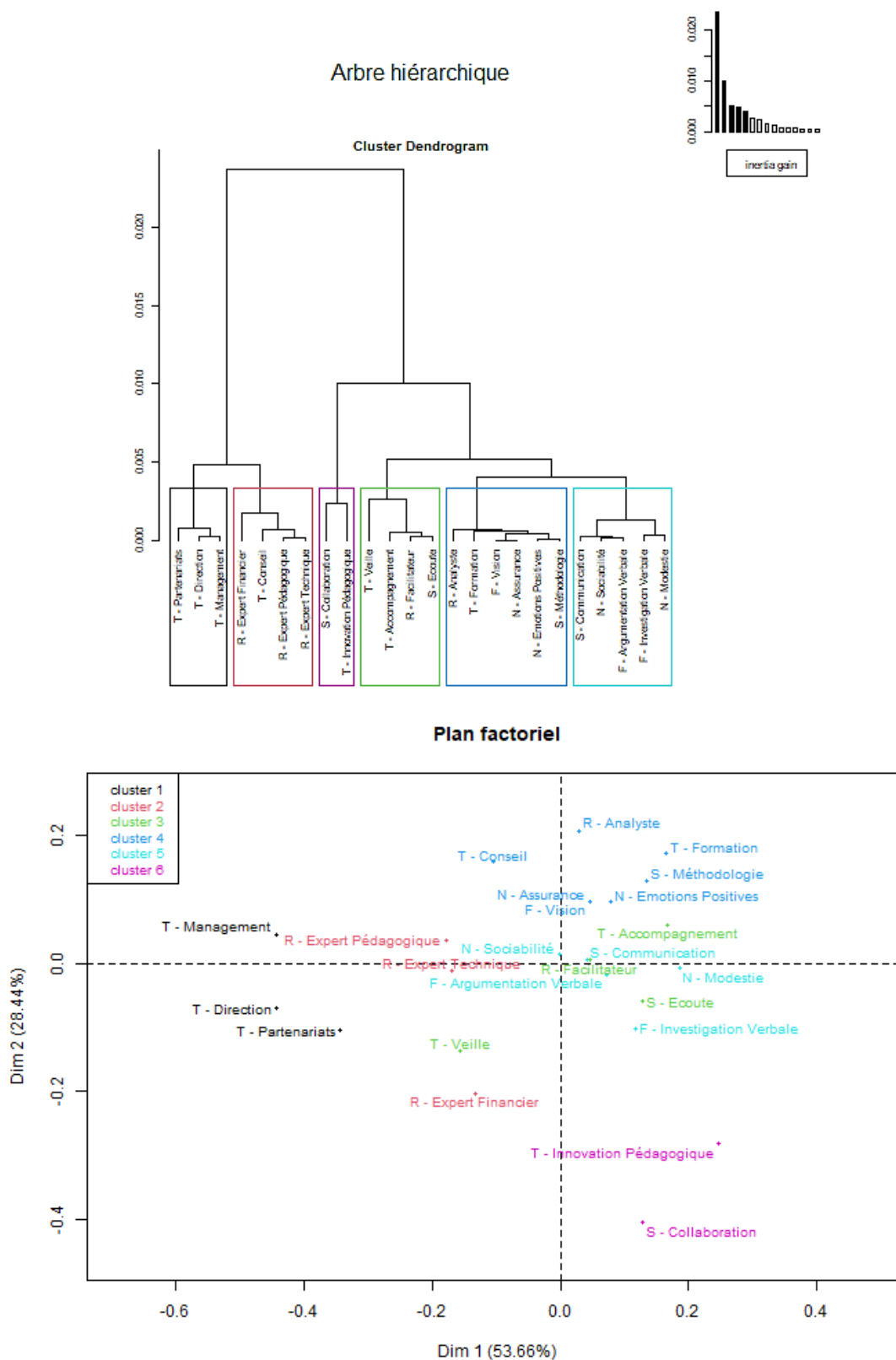
c. Classification ascendante hiérarchique

Une CAH avec consolidation a été réalisée sur les 26 variables observables retenues et les modalités de nos 3 variables catégorielles. Les trois dimensions relatives à la responsabilité ($\text{Eta}^2 = .85$; $p < .01$), à l'origine ($\text{Eta}^2 = .83$; $p < .01$), et au temps d'activité de l'AC ($\text{Eta}^2 = .56$; $p < .01$) contribuent significativement à la construction de six clusters cohérents et distincts. Les parangons et spécificités garantissent que chaque item est représentatif de son cluster et se distinguent des cinq autres (Johansson et al., 2010). L'ajout d'un cluster n'augmente pas le sens de nos données alors qu'une classification en cinq classes le diminue. Pour gagner en cohérence dans l'interprétation de nos clusters, nous avons supprimé la tâche et la compétence de gestion de projet car elles étaient dispersées dans différents groupes sans pour autant en ajouter du sens. Les résultats de cette classification se retrouvent sur le dendrogramme et le plan factoriel de la figure 22. Nos clusters sont nommés et décrits en fonction de leurs variables observables et de leur appartenance aux modalités de nos 3 dimensions. Des citations représentatives sont fournies pour illustrer les descriptions de chacun nos clusters et renforcer nos conclusions.

Classe 1 – le Décisionnaire : Ce cluster est associé au niveau de responsabilité de l'AC. Il est négativement lié à la première dimension ($v.\text{test} = -23,7$; $p < .05$), et positivement à sa modalité *Décisionnel* ($v.\text{test} = 2,14$; $p < .05$). Les responsabilités décisionnelles, stratégiques et managériales confèrent à l'AC une légitimité hiérarchique pour initier des changements au sein de son organisme de formation. Sa capacité à développer un réseau professionnel (e.g., partenariats, parrainages) lui permet d'obtenir les ressources organisationnelles nécessaires pour acquérir une technologie éducative et initier son implémentation. Même si le rôle de pilote de projet n'est pas rattaché à nos dimensions ou à ce cluster, nous supposons qu'il fait partie de cette activité. Ces résultats renforcent le rôle d'AC des directeurs des organismes de formation dans la mise en place d'un changement. Grâce à son leadership, à son réseau et à sa vision stratégique, le décisionnaire peut être le champion d'un CO, être écouté par ses pairs, et superviser la mise en œuvre d'un changement.

« Quand tu fais un changement, il y a une personne qui te dis vers où l'on souhaite aller. C'est la stratégie qu'il te donne, que ce soit par un tiers ou que tu t'assignes à toi-même. Tu as cette stratégie que tu souhaites établir. » Participant 10

Figure 22. Dendrogramme et Plan Factoriel de la Classification Ascendante Hiérarchique : les facteurs individuels de l'Agent du Changement.



Notes. Les variables observables sont colorées en fonction de leur appartenance à une classe.

Classe 2 – les Experts : Ce cluster est rattaché aux activités d'expertise pédagogique, technique, et financière de l'AC. Ces activités impliquent une activité à temps plein de l'AC et est négativement liée à la modalité *Partielle* ($v.test = -1,82$; $p < .05$) de notre troisième dimension ($v.test = 10,35$; $p < .05$). Ces experts, avec leurs compétences respectives (e.g., ingénierie pédagogique, développement numérique, comptabilité), sont nécessaires tout au long du projet et requièrent un temps dédié. Par exemple, l'expert pédagogique définira les compétences et les objectifs éducatifs de la technologie au début du projet tandis que l'expert technique en évaluera leurs faisabilités. Au cours du développement du projet, les experts pédagogiques et techniques planifieront régulièrement des points d'échange pour s'assurer que la technologie produite répond aux exigences éducatives préalablement établies. Pour sa part, l'expert financier enregistrera les recettes, comptabilisera les dépenses, et s'assurera que le budget alloué est respecté pendant toute la durée du projet. Ce dernier rôle n'est pas à sous-estimer dans le secteur de la formation et des technologies éducatives. Les financements sont complexes à obtenir, proviennent de sources multiples, et nécessitent un reporting rigoureux pour être conservés. Dédier une activité à temps plein à ces domaines d'expertise permet aux AC de développer sereinement la technologie éducative, l'implémenter dans les pratiques des organismes de formation, et de répondre efficacement aux aléas inhérents à chaque projet.

« Il faut qu'il y ait des personnes qui produisent, qu'il y ait un lien entre la production et la gestion de projet. Tu vas avoir l'expert métier et l'expert pédagogique. Et après la gestion financière avec le rôle de gérer les budgets. » Participant 8

Classe 3 – le Facilitateur : Cette classe souligne l'importance de l'accompagnement des formateurs lors de l'implémentation d'un changement. Ce cluster est lié négativement à notre troisième dimension ($v.test = -17,87$; $p < .05$) et positivement à sa modalité *Partielle* ($v.test = 2,06$; $p < .05$). Cette activité permet à l'AC d'échanger et de connaître les perceptions des formateurs sur le changement amené. Son écoute active l'aide à comprendre le point de vue de chacun, d'accepter leurs remarques, et de travailler sur leurs éventuelles résistances. Cet accompagnement s'exprime également dans le suivi des formateurs afin de s'assurer que les technologies éducatives soit intégrées dans leurs pratiques pédagogiques. Cette reconnaissance des besoins des formateurs est cruciale pour les faire adhérer au projet et les aider à utiliser les technologies éducatives dans leurs cours. Si les formateurs ne sont pas consultés, la technologie ne sera pas adaptée, et le changement ne sera pas implémenté. La tâche de veille et la récupération d'informations font parties de l'activité de l'AC afin de répondre aux remarques des formateurs concernant la technologie éducative implémentée. A notre sens, elles ne doivent pas être considérées comme spécifiques au rôle

d'accompagnateur car elles sont nécessaires à d'autres, tels que les experts ou le décisionnaire.

« Une personne qui a cette capacité de comprendre ce qui se joue chez les uns et les autres, de savoir comment le changement est vécu par chacun. C'est un accompagnement des individus et de leur bien-être. » Participant 19

Classe 4 – les Consultants : Ce cluster sous-tend des activités d'analyse et de formation d'origines externes à l'organisation dans laquelle le CO prend place. Il est positivement rattaché à notre deuxième dimension (v.test = 19,6 ; $p < 0,05$) ainsi qu'à sa modalité *Externe* (v.test = 2,66 ; $p < 0,05$). Le rôle d'analyste se distingue par des tâches d'audit et de conseil ainsi qu'à des compétences méthodologiques. Son origine externe lui octroi le recul nécessaire pour analyser le fonctionnement de l'organisation, préconiser des actions pour intégrer le changement, ou encore d'en mesurer son impact sur les formateurs. Dans le contexte de la formation, ce rôle est particulièrement utile pour déterminer si la technologie éducative apporte une valeur ajoutée aux pratiques des formateurs et à l'apprentissage de leurs apprenants. Ses compétences lui permettent de conduire des recherches de terrain et comparer différentes pratiques pédagogiques au sein de son organisme de formation. Ces données sont précieuses pour justifier la mise en œuvre des technologies éducatives auprès des formateurs et des financeurs.

« C'est ce travail qui se rapproche de l'enquête qualitative ou quantitatives, des méthodologies que connaissent les sciences sociales. Ce rôle de traduction et ensuite de conduite de travaux. Un explorateur, un investigateur, un chercheur. » Participant 21

Les variables restantes supposent un rôle de formateur afin de faire monter en compétences les équipes pédagogiques qui devront intégrer les technologies éducatives dans leurs pratiques. Leurs besoins étant variables d'une technologie à une autre, il doit être capable de concevoir et d'animer des dispositifs de formation diversifiés (e.g., e-learning, tutorat, séminaires). Sa clarté, sa positivité et son assurance lors de ses interactions sociales rassemblent autour de sa vision du changement pour faciliter sa compréhension et guider son implémentation. Cette formation des formateurs ne doit pas se limiter à l'utilisation technique des technologies éducatives mais doit aussi aborder les pratiques pédagogiques qui y sont associées. Cette focale pédagogique, et pas seulement sur les outils eux-mêmes, permet aux formateurs de savoir comment, quand, et pourquoi les utiliser dans leurs cours. Elle permet aux formateurs de garder le contrôle sur le déroulé de leurs programmes de formation et leur donne le temps pour développer de nouvelles pratiques pédagogiques.

« Il fallait rassurer les formateurs, les accompagner et les former. Les nouvelles technologies nous ont permis de nous professionnaliser et non pas qu'avec les outils. De nous interroger sur comment je mène mon cours, comment je fais du présentiel, comment je transforme cette heure de formation en distanciel... » Participant 12

Classe 5 – le Communicant : Ce cluster couvre une activité de communication et d'information de l'AC. Il est rattaché positivement à notre première dimension ($v.test = 7.1$; $p < .05$) et à sa modalité *Opérationnel* ($v.test = 1.87$; $p < .05$). Être au même niveau décisionnel que les formateurs favorisent les interactions et les échanges que l'AC doit avoir avec eux. Ces compétences communicationnelle, d'argumentation, et d'investigation verbale permettent à l'AC de récupérer les informations concernant le CO mais aussi d'en justifier son intérêt et d'en expliquer ses conséquences. A travers sa modestie et sa sociabilité, le *Communicant* met naturellement en avant la contribution des formateurs lors de l'implémentation du changement. Mettre en avant le rôle des formateurs dans l'implémentation du changement apporté est essentiel pour les intégrer au projet, développer leur esprit d'équipe, gagner en crédibilité, communiquer sur leurs cas d'usage, et créer des communautés d'ambassadeurs. Cette communication avec les formateurs diminue le caractère isolé du projet pouvant mener à son abandon, ou d'en limiter sa généralisation au sein de l'organisme de formation. Cette activité est également tournée au sein de l'équipe projet afin de les informer de son avancement et des tâches qui leur restent à accomplir.

« Un changement se communique. Son rôle est de savoir bien communiquer, que ce soit sur les étapes du projet, ses finalités ou pourquoi on s'engage dedans. C'est la gestion de la communication. » Participant 11

Classe 6 : Une nouvelle manière d'apprendre. Ce cluster se caractérise par l'objectif initial de la conduite du CO par l'AC. Celui de favoriser l'innovation pédagogique, l'usage des technologies, et la collaboration au sein de l'organisme de formation. Ce cluster suppose une activité interne à l'organisation en étant rattaché négativement à notre deuxième dimension ($v.test = -21,4$; $p < .05$) et positivement à sa modalité *Interne* ($v.test = 2,06$; $p < .05$). Ces projets d'innovation pédagogique, incluant les technologies, revêtent diverses formes en fonction des besoins et du contexte dans lesquels ils sont conduits. Les projets menés de nos enquêtes portaient sur l'utilisation de l'IL (e.g., réalité virtuelle), la digitalisation de l'offre de formation, et la formation à de nouvelles technologies éducatives ^{et/ou} collaboratives. A l'exception d'un projet, tous impliquaient un changement de posture pédagogique des formateurs vis-à-vis de la technologie ainsi que de l'instauration d'une nouvelle manière d'apprendre. Enfin, la collaboration se retranscrit dans le besoin de faire travailler ensemble les AC et les formateurs afin de développer de nouvelles pratiques pédagogiques. Ce cluster

n'est donc pas à comprendre comme un rôle de l'AC mais comme son objectif premier lors de l'intégration d'une technologie éducative au sein d'un organisme de formation.

« Ces technologies demandent un changement de posture du formateur. Elles demandent une acquisition de compétences complémentaires pour le formateur. Elles déplacent l'endroit et le moment où il travaille. Il nécessite un travail en équipe, là où les formateurs ne sont pas forcément habitués à travailler en équipe. » Participant 7

4. Synthèse

Conformément à la définition utilisée dans cette étude, nos résultats montrent que le poste de l'AC change d'une organisation à une autre (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958). La conduite d'un CO peut représenter une partie comme la totalité de son activité, impliquer un niveau de responsabilité variable, et être d'origine interne, ou externe, à l'organisation vivant le CO. A titre d'exemple, un consultant du changement en freelance aura un niveau de responsabilité faible au sein de l'organisme de formation dans lequel il intervient, lui sera externe, et la conduite de CO représentera la totalité de son activité. A l'inverse, un responsable des ressources humaines aura un niveau de responsabilité élevé dans son organisation, lui sera interne, et la conduite d'un CO ne représentera qu'une partie de son activité. Cet ajout à un poste déjà existant vient expliquer le caractère parfois officieux de l'activité d'un AC au sein d'un organisme de formation. Ce poste suppose néanmoins un niveau d'étude et d'expérience élevés pour avoir les capacités d'implémenter efficacement un CO.

« Il a entre 5 et 10 ans d'expérience professionnelle et a déjà tâté du management car le changement est avant tout humain. Il va avoir une vision et la capacité à prendre du recul. Dans les études en France, ces capacités sont malheureusement développées à partir du Master. » Participant 2

Notre AFC et notre CAH ont révélé 6 clusters regroupant 8 activités avec leurs propres rôles, tâches, compétences, et traits de personnalité. Ces activités apportent au projet une stratégie, une méthodologie, un accompagnement, une formation, une communication, et une expertise tant technique, pédagogique que financière. L'activité du chef de projet n'est pas ressortie de ces analyses, bien que ses rôles, tâches et compétences soient parmi les plus cités, ou les mieux notés, lors de nos entretiens et questionnaires. Nous interprétons ces résultats comme étant une activité centrale de l'AC, mais non liée à l'une de nos trois dimensions (i.e., niveau de responsabilité, temps d'activité, et origine de l'AC). Ainsi, l'AC a la charge de conduire un CO et d'en assurer son suivi, quelles que soient son origine ou la nature de ses interventions au sein de l'organisme de formation (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958). Nous supposons que cette activité requiert les traits de personnalité d'autodiscipline, d'ordre, et de compétence.

Ces traits du facteur général de la conscienciosité aident l'AC à être structuré et persévérant dans la conduite d'un CO (Herrmann et Nadkami, 2014 ; Van der Heijden et al., 2018).

« Le Chef de Projet fait de la gestion de la demande et de la coordination. C'est le cœur du réacteur. Il a la charge de la gestion humaine et du plan d'activité. » Participant 5

L'ensemble de ces 9 activités constituent les facteurs individuels de réussite de l'AC lors de la conduite d'un CO. En fonction de l'envergure du projet et des ressources organisationnelles qu'il possède, l'AC peut avoir besoin de l'ensemble de ces activités, les cumuler ou les répartir auprès des membres de son équipe. C'est donc au chef de projet de définir et de sélectionner les activités qui lui sont nécessaires (Caldwell, 2003 ; Hill et al., 2012 ; Mansaray, 2019 ; Palmer et al., 2016 ; Tucker et al., 2015). Certaines d'entre-elles sont plus facilement cumulables dû à la similarité de leurs facteurs individuels de réussite. Par exemple, le formateur et l'expert pédagogique auront des interventions différentes mais se ressembleront dans leurs compétences.

« La répartition de ces rôles va dépendre des situations. Il faut le définir. On n'a pas forcément toutes les responsabilités à chaque fois. C'est quelque chose à clarifier dès le démarrage. » Participant 13

Néanmoins, cette diversité complexifie l'application de toutes ces activités par une seule et même personne. Dans le contexte des technologies éducatives, l'AC devrait être développeur, formateur, chef de projet, comptable ... Au-delà de la difficulté de trouver ces expertises sur un même poste, il lui faut du temps pour réaliser chacune d'entre elles correctement. Aussi, il est préférable que certaines activités ne soient pas combinées afin d'éviter des contradictions dans leurs tâches. De cette manière, dissocier le décisionnaire du chef de projet assure à ce dernier d'obtenir un avis externe dans le pilotage et l'évaluation de l'atteinte de ses objectifs (Mansaray, 2019 ; Pollack et Algeo, 2016 ; Tucker et Cirella, 2018).

« On ne peut pas être pilote de projet et chef de projet sans dommage. On a parfois ce rôle de pilote de projet mais on a essentiellement un rôle de chef de projet. » Participant 15

Les profils de l'AC sont donc protéiformes afin de pouvoir répondre à un ensemble de changement et de contexte différents. Cette diversité leur donne la possibilité de réaliser les activités requises lors de la mise en place d'un CO. Les AC se rejoignent cependant sur leur ouverture à apprendre, entreprendre, et échanger en collectif. Pour les mêmes raisons que l'activité de chef de projet, nous supposons qu'elle est indispensable et transverse à l'ensemble des activités de l'AC. Cette ouverture est utile tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'équipe projet. Elle leur assure d'être à l'écoute d'opportunités et d'idées novatrices, mais aussi d'être réceptif aux conséquences que leurs actions provoquent chez autrui. Cette ouverture

l'aide à communiquer, à comprendre les résistances des formateurs, et à élaborer des plans d'action pour les diminuer (Endrejat et al., 2021 ; Errida et Lotfi, 2021 ; Herrmann et Nadkarni, 2014 ; Hill et al., 2012).

« Il doit être curieux sinon il n'y a aucun changement possible. Tu te cantonnes à ce que tu sais faire. Il doit aussi aimer aller vers les autres. Tu ne peux pas provoquer le changement si tu ne t'intéresses pas aux autres et si tu n'es pas capable de leurs donner envie de s'intéresser à ce que tu fais. » Participant 20

Contributions : Cette recherche contribue à la littérature en fournissant une liste de 55 facteurs individuels de réussite de l'AC et une typologie de ses 9 activités. Cette typologie peut s'avérer utile aux entreprises pour définir cette profession émergente qu'est celle de l'AC. Les praticiens peuvent s'appuyer sur ces résultats pour anticiper les profils et les actions nécessaires pour implémenter efficacement un CO. Par exemple, ces résultats peuvent servir à développer des outils de mesure adaptés, à faciliter l'identification des profils des AC au sein des organisations, et leurs attribuer les tâches correspondantes (Gerwing, 2016 ; Palmer et al., 2016 ; Tucker et al., 2015). Au niveau académique, cette étude ouvre de nouvelles possibilités pour comprendre l'effet des AC dans un processus de CO. Il est intéressant de noter que ces résultats sont similaires à certains facteurs critiques de réussite d'un projet de gestion du changement tels que le besoin d'un soutien hiérarchique, de formation, de communication, ou de gestion de projet. La conduite de futures recherches sont encouragées pour étudier l'impact de ces activités des AC sur les facteurs critiques de réussite d'un projet de CO (Alghamdi, 2018 ; Errida et Lotfi, 2021 ; Hornstein, 2015 ; Kotter, 1996 ; Loonam et al., 2018). À l'image des travaux de Herrmann et Nadkarni (2014) sur l'impact des traits de personnalité de l'AC, ces facteurs individuels de réussite sont utilisables séparément, ou collectivement, pour étudier leurs effets sur l'acceptation et la réussite d'un CO. Nous encourageons également à étudier si ces résultats sont reproductibles et transférables à d'autres contextes que celui des technologies éducatives. Nous supposons que les expertises technique et pédagogique sont susceptibles de changer en fonction du CO conduit. Enfin, cette étude propose une méthode mixte originale pour obtenir des informations convergentes, complémentaires, et distinctes d'un même phénomène (Schoonenboom et Johnson, 2017). Ces méthodes sont prometteuses pour mieux comprendre des concepts émergents tels que l'Immersive Learning et les AC.

Décisionnaire

- Prise de décision et leadership
- Partenariat et réseau
- Pilote de projet

Accompagnateur

- Ecoute active
- Accompagnement et suivi
- Climat de confiance

Experts

- Expertise technique
- Expertise pédagogique
- Expertise financière



Formateur

- Ingénierie pédagogique
- Animation de formation
- Assurance et émotions positives

Analyste

- Méthodologies d'analyse
- Audit et Conseil
- Evaluation pédagogique

Communicant

- Communication
- Investigation et argumentation
- Sociabilité et Modestie

Figure 23. Les activités de l'Agent du Changement lors de l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation.

Spécifique à l'implémentation d'une technologie éducative, cette recherche met en lumière plusieurs facteurs pour que le changement opère. Tout d'abord, ces projets d'innovation pédagogique ne peuvent pas reposer uniquement sur les formateurs et les directeurs des organismes de formation. Selon nos résultats, les directeurs sont les *Décisionnaires*. À travers leurs connaissances de leur organisme de formation, leurs pouvoirs décisionnels et leurs réseaux professionnels, ils définissent des stratégies d'innovation pédagogique et supervisent leur mise en œuvre (Acton, 2021 ; Alsharija et Watters, 2021 ; Hussain et al., 2016 ; Mei Kin et al., 2018). Pour leur part, les formateurs appliquent le changement mais ne le conduisent pas. Sinon, il n'y aurait pas de changement à mettre en place et il ne serait pas nécessaire d'avoir une équipe dédiée pour le mener à bien. Ils ont cependant besoin d'être consultés et accompagnés pour s'assurer que la technologie éducative est adaptée à leurs besoins. Pour les plus motivés, nous recommandons de les utiliser comme ambassadeurs pour diffuser un message positif au sein de l'organisme de formation et parmi leurs pairs (Lee et al., 2022 ; Tam., 2015 ; Van der Heijden et al., 2018). Viennent ensuite les rôles d'accompagnateur, de communicant, de consultant, de gestionnaire, d'expert technologique et administratif. Les trois premiers se concentrent sur l'aspect humain du changement. Ils accompagnent, échangent, et observent les réactions des formateurs faisant face aux technologies éducatives. Les trois derniers se concentrent sur la planification et la gestion de projets. Ils veillent à ce que la technologie éducative soit financée, produite, livrée, et déployée. Parmi tous ces rôles, nous supposons que les rôles d'analyste et d'expert financier sont cruciaux pour le secteur de la formation et des technologies éducatives. Au-delà de l'évaluation de la gestion du projet et de ses conséquences, l'analyste doit être en mesure de démontrer la plus-value pédagogique à

l'utilisation des technologies éducatives. Ces compétences se rattachent aux sciences humaines et sociales, à l'étude des facteurs humains, et nécessitent l'application de méthodologie de recherche spécifiques. Enfin, l'expert financier est familier avec les différents types de financements dans le secteur de la formation ainsi que les contraintes liées à leurs obtentions.

Limites : Un temps conséquent est à prévoir lors de la réalisation d'études mixtes impliquant l'utilisation de données textuelles de terrains. Leurs collectes et leurs traitements sont chronophages. Ces informations sont pour autant complémentaires aux données quantitatives afin de mieux interpréter et illustrer les données récoltées. Il serait pertinent de développer des méthodes permettant de simplifier ces étapes sans diminuer la qualité des données récoltées. La deuxième limite à soulever est la taille de l'échantillon ne permettant pas de généraliser nos résultats à sa population parente. Le nombre de participants à déterminer pour les méthodes mixtes est complexe. Les chercheurs doivent prendre en compte la saturation des idées lors des entretiens mais également du seuil minimum de participant pour la réalisation d'analyse statistique. L'intérêt d'étudier ces méthodes mixtes, et leurs combinatoires possibles (e.g., analyses factorielles, observations terrain), est de fournir des recommandations pour de futures recherches. La dernière limite concerne les étapes d'interventions de l'AC non prises en comptes dans cette étude. Le temps d'activité pour réaliser une tâche est à distinguer du moment d'intervention où cette même tâche est réalisée (e.g., planification, déploiement). Principalement parce que le premier se concentre sur la possibilité de cumuler plusieurs activités au même moment. La littérature gagnerait à déterminer si des activités sont spécifiques à des étapes d'un processus de CO ou commune à plusieurs d'entre-elles.

Chapitre 6 : Etude 2 – Le projet de changement et l'Immersive Learning

1. Objectifs et Questions de recherche

Le Changement Organisationnel (CO) peut se définir comme toute action, ou groupe d'action, provoquant une modification dans la façon dont les organisations fonctionnent aussi bien à un niveau individuel ^{et/ou} collectif (Garcia, 2012). Ce process prend souvent la forme d'un projet lorsqu'il est conduit au sein d'une organisation avec une initiation, un cadrage, un déploiement, un accompagnement, et une clôture (Burke, 2017 ; By, 2005 ; Hornstein, 2015 ; Kotter, 1996). Le développement des logiciels éducatifs avec les Technologies Immersives (TI) n'en fait pas exception (Alhogail et Mirza, 2011 ; Fleury et al., 2023 ; Karre et al., 2019 ; Polcar et al., 2021 ; Tischbein et al., 2021). Bien que ce processus de CO soit largement décrit dans la littérature, il réside un manque sur les spécificités liées à l'Immersive Learning (LI) et à son implémentation dans les pratiques des organismes de formation. En particulier, sur les changements que ces technologies provoquent auprès des membres d'un organisme de formation, sur les résistances qu'elles engendrent, ainsi que sur les étapes inhérentes à son implémentation. Cette étude qualitative et exploratoire se concentre sur la manière dont les TI et l'IL sont implémentés dans les pratiques d'un organisme de formation. A cette fin, nous formulons les 5 questions de recherche suivantes :

- **QR1.** Quels COs sont provoqués par l'implémentation de l'IL d'apprentissage dans les pratiques d'un organisme de formation ?
- **QR2.** Quelles résistances sont générées par l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation ?
- **QR3.** Quelles étapes sont inhérentes à l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation ?
- **QR4.** Quels facteurs critiques impactent positivement l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation ?
- **QR5.** Quels facteurs critiques impactent négativement l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation ?

Cette étude utilise les données récoltées lors des entretiens semi-directifs de la première étude de cette thèse. Ces entretiens sont conduits auprès de 21 experts du CO, des technologies éducatives, et de la formation professionnelle. Afin de se concentrer uniquement sur l'IL, 10 entretiens décrivant leur implémentation dans les pratiques d'un organisme de formation ont été sélectionnés et analysés dans cette étude. Leurs verbatims ont servi à construire 5 corpus

et répondre séparément à chacune de nos questions de recherche : la description du changement (QR1), les résistances générées (QR2), les étapes du projet (QR3), ainsi que ses facteurs critiques de réussite positifs (QR4) et négatifs (QR5). Une classification descendante hiérarchique (CDH) complétée d'une analyse des similitudes (AS) sont employées pour extraire, regrouper, et synthétiser les thématiques abordées dans nos corpus. Ces méthodes, régulièrement utilisées en sciences humaines et sociales, sont pertinentes pour analyser de larges corpus de texte, identifier leurs thématiques communes, et limiter l'interprétation des chercheurs (Creusier et Bietry, 2014 ; Loubère, 2016). De ces analyses, nous nous attendons à obtenir une liste de thématiques représentatives et spécifiques à l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation.

2. Méthode

Participants : Parmi l'échantillon de notre première étude, 10 participants (60% d'hommes, M âge = 44.60 ; SD âge = 10.77) ont été conservés afin d'analyser uniquement les projets décrivant l'implémentation de l'IL. Ils attestent d'un minimum d'un an d'expérience dans leur emploi actuel ($M = 5.8$, $ET = 6.1$) et de trois ans d'expérience dans les secteurs de la formation, des technologies, ^{et/ou} de la conduite de CO ($M = 9.90$, $ET = 6.98$). Les projets concernés ont duré entre 1 et 2 ans ($M = 1.91$; $ET = 0.99$). Ils décrivent la production et l'implémentation de technologie de réalité virtuelle ($n = 8$), ou de réalité augmentée ($n = 2$), dans le développement de compétences professionnelles.

Matériel :

Logiciels : Cette étude a été réalisée en ligne. Le logiciel Teams a été utilisé pour mener les entretiens par vidéoconférence, le logiciel Dragon Pro pour la transcription des entretiens, et le logiciel Iramuteq (i.e., version 0.7 alpha 2) pour analyser l'ensemble de nos données. Tous ces logiciels sont conformes aux directives de la CNIL concernant le RGPD. Le protocole décrit ci-dessous est validé par le comité d'éthique de l'Université Paris Cité (N°2020-66-JORDAHN-CABON).

Grille d'entretien semi-structuré : L'interviewer est le doctorant de cette thèse. La grille d'entretien semi-directive est celle utilisée dans l'étude 1 et est accessible en annexe (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes). Cette deuxième étude se concentre sur les verbatims récoltés dans la troisième partie de cette grille d'entretien semi-directive, à savoir la description du projet de l'enquêté. Cette partie aborde successivement 5 thèmes : le changement et les technologies éducatives (1 ; e.g., *en quoi ces technologies d'apprentissage provoquent-elles un CO ?*), la description du projet (2 ; e.g. *quels étaient les objectifs de ce projet ?*), la gestion du projet (3 ; e.g., *quelles étaient les principales étapes de ce projet ?*), les acteurs impliqués

(4 ; e.g., *il y avait-il des résistances ou des refus face à ce changement ?*), et l'analyse du projet (5 ; *qu'est-ce qui a particulièrement bien fonctionné dans ce projet ?*).

Procédure : L'étude 1 et l'étude 2 de cette thèse possède le même protocole. Sa description détaillée est accessible dans la partie méthode de notre première étude (cf., Annexes, Etude 1 : Annexes).

Analyse de donnée : Les retranscriptions des 10 entretiens conservés lors de cette deuxième étude ont servi à obtenir les verbatims pour construire 5 corpus : la description du changement (1), les résistances générées (2), les étapes du projet (3), ainsi que ses facteurs critiques positifs (4) et négatifs (5). Les verbatims sélectionnés proviennent de nos retranscriptions, correspondent aux réponses des enquêtés, concernent la conduite de leurs projets, sont triés en fonction des 5 thèmes abordées, et sont répartis dans chacun des 5 corpus. Une fois les corpus construits, une relecture globale a été réalisée sur les retranscriptions pour ajouter les verbatims supplémentaires répondants aux 5 questions de recherche. Une lemmatisation a alors été conduite afin de limiter la présence de répétitions, de synonymes, et d'homonymes dans nos corpus. La méthode de Reinert complétée d'une AS a été employée pour analyser l'ensemble des corpus séparément (Ratinaud, 2009 ; Reinert, 1990). La méthode de Reinert consiste à réaliser une CDH sur un corpus de texte. Cette méthode est similaire à une classification ascendante hiérarchique car elle regroupe des mots en fonction de leurs proximités sur un plan factoriel afin d'en former des clusters. A l'inverse d'une classification ascendante hiérarchique, la descendante considère notre texte comme un seul cluster qu'elle fragmente alors en unités de taille plus petites (Creusier et Bietry, 2014). Cette méthode s'emploie directement sur un corpus de texte, ne requière pas la réalisation préalable d'une analyse de contenu dirigée, ou la construction d'un tableau disjonctif. Lors d'une CDH, trois critères aident à la construction des classes : une fréquence d'énumération du mot supérieur à 2 dans l'ensemble des corpus (1), le mot est cité à plus de 50% dans sa classe (2), le mot possède un χ^2 significatif attestant de son rattachement à la classe (3 ; Camargo et Bousfield, 2009 ; Idoiaga et al., 2020 ; Mondragon et al., 2023). Sur l'ensemble de nos classifications, seuls les mots respectant ces trois critères sont reportés.

Issue de la théorie des graphes, l'AS projette sur un graphique la structure d'un corpus à travers l'identification des co-occurrences des mots qu'il contient. Lorsque deux mots sont fréquemment répétés ensemble dans les phrases d'un même corpus, alors ils seront situés proche l'un de l'autre sur le graphique. Ces associations de mots prennent la forme d'un arbre lexical. Son centre représente les thématiques principales du corpus tandis que ses branches périphériques correspondent aux mots auxquels ces thématiques sont fréquemment associées. La taille des mots indique l'importance de leurs occurrences, l'épaisseur du trait

exprime la force de leurs liaisons, tandis que leurs localisations reflètent leurs proximités dans le texte. Enfin, les halos colorés permettent d'imager les communautés de mots s'associant fréquemment ensemble dans le corpus de texte. C'est en reliant les mots d'une même communauté entre eux que le chercheur interprète et formule les idées ressorties de l'analyse de son corpus (Ratinaud, 2009 ; Zorretto-Pinheiro et al., 2020). Conduire une AS à la suite d'une CDH facilite la sélection des mots à conserver, augmente la lisibilité de son graphique, et guide l'interprétation des clusters. Elle permet également d'observer les mots s'associant entre eux dans une même communauté mais étant rattaché à des clusters différents. Ces deux méthodes sont ainsi complémentaires car la CDH résume le sens d'un corpus en plusieurs cluster de mots alors que l'AS met en lumière la liaison entre les mots contenus dans ces mêmes clusters (Loubère, 2016). De cette manière, seuls les mots retenus des classifications descendantes hiérarchiques de nos 5 corpus ont été utilisés pour générer les graphiques de nos analyses des similitudes. L'ensemble de nos corpus sont consultables dans ce dépôt OSF⁸.

3. Résultats

a. Le changement et l'Immersive Learning

Ce premier corpus répond à notre première question de recherche. Il aborde les COs provoqués par l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation (QR1). Il contient 2 868 mots dont 427 formes actives. Parmi les mots les plus cités, nous retrouvons *XR*, *Formateur*, *Edtech*, *Formation* et *Apprenants*. Les mots uniques représentent 10.43% du nombre total de mots et 59.71% des formes actives. Nos analyses mettent en lumière 3 COs répartis en 4 clusters et 4 communautés : un changement des dispositifs de formation avec l'IL (1 ; cf., Tableau 3, Cluster 1 ; Figure 24, Communauté Verte), un changement dans la posture des formateurs (2 ; cf., Tableau 3, Cluster 2 ; Figure 24, Communauté Violette), et un changement dans la manière d'apprendre avec l'immersif (3 ; cf., Tableau 3, Clusters 3 et 4 ; Figure 24, Communautés Rouge et Bleu Cyan). Le tableau 3 présente les clusters de mots avec leurs thèmes, leurs importances, leurs formes principales, et des citations représentatives. La figure 24 image à travers une AS la liaison entre les clusters et les mots qu'ils contiennent. Des citations illustratives sont également fournies dans les descriptions de nos clusters afin de renforcer nos interprétations.

⁸ https://osf.io/dmxrg/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Classe 1 – Le dispositif de formation : Ce cluster détaille le changement provoqué par l'implémentation des technologies éducatives dans l'organisation des dispositifs de formation existants. Cette modification des méthodes de fonctionnement impacte l'organisme de formation dans son ensemble. Par exemple, une salle immersive à disposition des apprenants leur permet de se former en dehors de la salle de classe et sous la supervision d'un collaborateur autre que le formateur. Cette utilisation asynchrone des TI complète l'activité du formateur dans la préparation de son cours et le suivi de ses apprenants. A l'inverse, le formateur peut se servir d'une TI lors de l'animation de son cours afin d'initier ses apprenants à la mise en application d'une compétence professionnelle. La maintenance de ces technologies par le service informatique, le suivi administratif des apprenants, la gestion des espaces physiques, ou encore l'activité de formation des formateurs sont autant de COs qui nécessitent une réorganisation des dispositifs de formation actuels :

« Les technologies déplacent l'endroit et le moment où le formateur travaille. Elles impactent aussi l'organisation de l'organisme de formation car elles changent la gestion des espaces, des lieux de formations, et des dépenses de matériel. » Participant 04

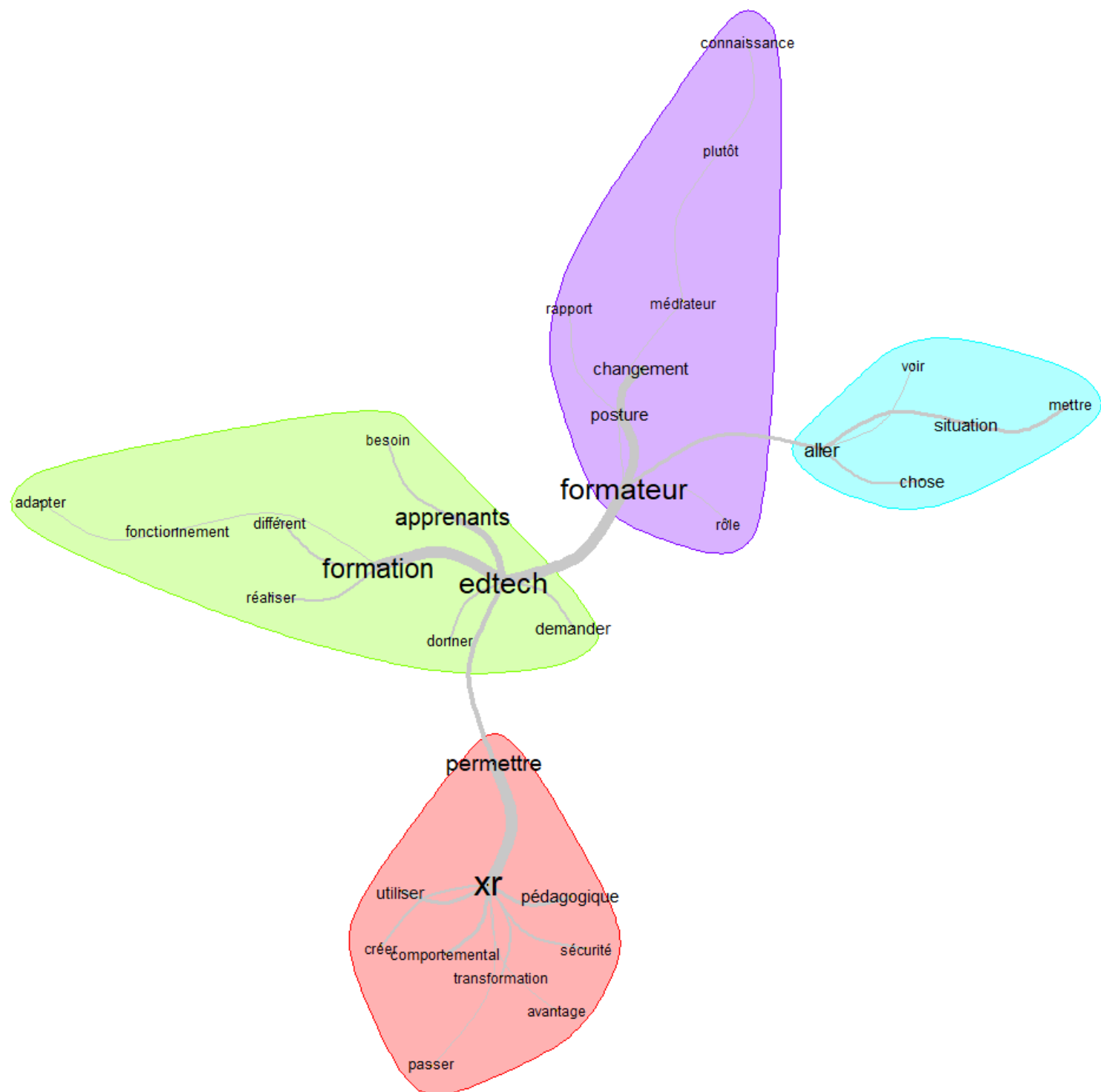
Ces technologies impliquent également un changement du fonctionnement pédagogique des dispositifs de formation. Il se traduit par une focale sur l'acquisition d'un panel de compétences professionnelles à travers la construction de parcours de formation modulaires et multimodaux. La modularité rend le parcours de formation divisible en bloc de compétence afin de l'individualiser au besoin de l'apprenant et de favoriser son employabilité (Calmels, 2024). La multimodalité consiste à diversifier les modalités pédagogiques d'un parcours de formation pour faciliter sa complétion par les apprenants et de pouvoir s'adapter à la diversité de leurs profils (DGAFP, 2023). Ils octroient alors une plus grande souplesse pour accompagner les apprenants à atteindre les objectifs pédagogiques d'un parcours de formation et les aligner à leurs projets professionnels. Pour atteindre cette finalité, le dispositif et les parcours de formation doivent être repensés pour en intégrer l'usage des TI. C'est donc aussi un travail d'ingénierie pédagogique qui permet de modifier les dispositifs actuels de formation en incluant l'IL :

« Les technologies rendent la formation multimodale et modulaire. Le formateur vient piocher dedans pour développer une compétence chez ses apprenants. C'est une formation centrée sur l'acquisition d'un référentiel de compétence et non plus à un diplôme. » Participant 01

Tableau 3. Corpus 1 – Classification Descendante Hiérarchique : Le changement amené par l'Immersive Learning.

Cluster	Thèmes	Discours	Formes & Citation représentative des classes
1	Le dispositif de formation	25.42%	Formation, Edtech, Adapter, Fonctionnement, Réaliser, Différent, Donner, Apprenants. « C'est utiliser chacun des avantages des Edtech pour créer une formation multimodale et modulaire. C'est d'imaginer un dispositif de formation nouveau qui se centrent sur l'apprenant et sur la compétence pour accélérer l'apprentissage. » Participant 05
2	La posture du formateur	29.66%	Formateur, Posture, Changement, Rapport, Connaissance, Médiateur, Plutôt, Demander, Rôle. « Le formateur joue un rôle de médiateur, d'accompagnateur, de facilitateur plutôt que de transmettre son savoir. Il y a un changement de posture du formateur par rapport à la connaissance et par rapport à la manière de l'apporter. » Participant 07
3	L'acquisition des compétences	25.42%	XR, Comportemental, Sécurité, Pédagogique, Créer, Transformation, Avantage, Permettre, Utiliser. « La XR permet d'évaluer l'acquisition des compétences et la performance des apprenants. Le formateur va pouvoir voir sur quoi le jeune rencontre des difficultés, lui dire sur quel aspect il n'est pas à l'aise et l'inviter à réessayer. » Participant 06
4	Mises en situations immersives	19.49%	Chose, Aller, Passer, Voir, Situation, Besoin, Mettre. « La XR va te mettre dans une situation d'apprentissage où tu vas faire des dégâts sur les choses, sur des personnes et voir sur toi-même. Si tu casses du matériel en XR, ce n'est pas très grave, si tu te blesses en XR, ce n'est pas très grave. » Participant 09

Figure 24. Corpus 1 – Analyse des similitudes : Le changement amené par l’Immersive Learning.



Classe 2 – La posture du formateur : L'implémentation de l'IL dans les pratiques pédagogiques des formateurs requiert un changement de posture de ces derniers. Ces technologies sont le résultat d'un condensé d'expertises métier, pédagogique et technique, dans l'objectif d'acquérir une compétence. Ces compétences n'étant plus possédées uniquement par le formateur, ces technologies les amènent à évoluer vers un rôle de médiateur entre le contenu d'une ressource et sa compréhension par l'apprenant. Leurs expertises, autant techniques que pédagogiques, demeurent afin d'en valider leurs apports, les intégrer avec pertinence dans leurs cours, et accompagner à leurs usages. C'est donc une activité hybride qui est proposée aux formateurs en alliant des approches pédagogiques aussi bien centrées sur le formateur que sur leurs élèves :

« Elles questionnent et repositionnent le formateur dans ses méthodes pédagogiques parce qu'il ne sera plus forcément en face de son apprenant. Le changement est de faire passer le formateur sachant à un accompagnateur à qui on donne les compétences et les outils pour tenir ce rôle. » Participant 01

Ce deuxième cluster souligne également un changement dans la manière de travailler du formateur pour favoriser la collaboration avec ses pairs. Il n'est plus seul dans sa salle de cours mais fait partie d'un écosystème visant l'opérationnalité des apprenants. Ce travail collaboratif se retranscrit dans le développement de nouvelles ressources pédagogiques, dans l'ingénierie de parcours de formation, l'animation de son cours, ou encore dans le suivi administratif de ses apprenants. Ces technologies accompagnent leurs activités aussi bien administratives que pédagogiques, et proposent de centraliser leurs pratiques. De cette manière, ces technologies favorisent la communication, la collaboration, et l'interconnectivité entre les différents acteurs d'un organisme de formation :

« Avec les technologies, on a de plus en plus d'informations et qui proviennent de partout. On doit travailler en s'écoulant, en équipe. On ne travaille plus de manière individuelle mais ensemble, de manière collaborative. » Participant 03

Classe 3 – L'acquisition des compétences : Ce cluster résume les intérêts pédagogiques que l'IL possède dans le développement des compétences. L'IL propose à l'apprenant d'acquérir un premier niveau d'expertise en sécurité. Il est immergé, évalué, et obtient des feedbacks sur ses performances. Il peut s'exercer, se tromper, comprendre, et réessayer afin d'obtenir la compétence souhaitée. Interagissant avec un environnement virtuel, il observe les conséquences de ses actions sans se blesser et anticipe celles qu'il réalisera en situations réelles :

« L'immersif permet de réaliser des formations techniques et de pouvoir faire pratiquer nos apprenants dans des situations réelles, à moindres coûts, et sans dangers. » Participant 02

L'IL apporte une modalité nouvelle, motivante, et impactante aux apprenants. Bien que l'utilisation des TI puisse se faire en autonomie et faire gagner du temps aux formateurs, un accompagnement pédagogique est nécessaire pour l'inscrire dans un contexte d'apprentissage. Cet accompagnement se retranscrit dans l'usage de ces technologies mais aussi dans la relation du formateur avec l'apprenant pour formaliser ses objectifs pédagogiques et vérifier leurs atteintes :

« Pour l'immersif, le rôle du formateur est essentiel. Ces technologies peuvent certes être utilisées en autonomie mais on les développe pour l'accompagnement pédagogique du formateur. » Participant 07

Classe 4 – Mises en situations immersives : Ce dernier cluster complète le précédent sur un apport spécifique des TI dans le développement des compétences : la reproduction d'environnements professionnels réalistes. Lors du temps passé en simulation, l'apprenant est concentré sur la découverte d'environnements nouveaux et adaptés à son besoin. Ils lui procurent une première expérience en lui donnant l'impression de l'avoir déjà vécu dans la réalité. Ces mises en situations immersives familiarisent l'apprenant à des situations professionnelles afin qu'elles le transposent dans la réalité de son futur métier :

« Quand tu es immergé, tu n'es pas perturbé par des stimuli extérieurs, tu n'as rien d'autre. Tu vas vivre une situation. Tu es complètement concentré sur ce que l'on veut te faire faire. En termes d'apprentissage, c'est extraordinaire. » Participant 08

b. Les résistances associées à l'Immersive Learning

Ce deuxième corpus correspond à notre deuxième question de recherche. Il décrit les résistances générées par l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation (QR2). Il contient 1 791 mots dont 296 formes actives. Parmi les plus citées, nous retrouvons les mots *Formateurs*, *XR*, *Résistance*, *Apprenants* et *Organisme de Formation*. Les mots uniques représentent 13.68% du nombre total de mots et 70.27% des formes actives. Nos analyses mettent en lumière 2 formes de résistances réparties en 2 clusters et 4 communautés : les résistances relatives à la XR comme une nouvelle manière d'apprendre pour les apprenants (1 ; cf., Tableau 4, Classe 1 ; Figure 25, Communautés Rouge et Bleu Cyan), et les résistances dues à une activité différente pour les formateurs (2 ; cf., Tableau 4, Classe 2 ; Figure 25, Communautés Verte et Violette). Le tableau 4 présente les clusters de mots avec leurs thèmes, leurs importances, leurs formes principales, et des citations représentatives. La figure 25 illustre à travers une AS la liaison entre les clusters et les mots qu'ils contiennent. Des citations illustratives sont également fournies dans les descriptions de nos clusters afin de renforcer nos interprétations.

Classe 1 – Les résistances des apprenants : Ce cluster souligne l'aspect disruptif de l'immersif en tant que nouvelle modalité d'apprentissage. Comme tout outil, il ne peut être adapté à tous les cas d'usage et à toutes les personnes. Lorsque ce rejet prend la forme de résistances, elles sont de deux ordres pour les apprenants : l'aspect technique de l'outil (1) et l'évaluation des compétences par la simulation (2). Le premier regroupe des difficultés de prise en main du hardware, une perte de contrôle sur leur environnement proximal, ainsi qu'à des symptômes de Cybersickness vécus pendant leur expérience ou lors des précédentes :

« Il y a aussi des contraintes d'adaptabilité des différentes personnes. Quand tu as un casque, tu peux ne pas être à l'aise. Il y a des personnes qui ne supportent pas vraiment d'être coupées d'un environnement réel. » Participant 06

La seconde forme de résistances des apprenants provient d'un changement de méthode d'apprentissage. Le formateur n'est plus l'unique évaluateur des compétences de l'apprenant, le simulateur l'est également. Ce partage de responsabilité est une source de résistance aussi bien chez des apprenants habitués à des méthodes d'apprentissage plus traditionnelles, que chez des opérateurs se formant en entreprise. La remise en cause de leurs manières d'apprendre et de leurs expertises, ainsi que le pouvoir certifiant du simulateur sur leurs compétences, justifient leur rejet de l'immersif :

« La XR centralise l'expérience des opérateurs dans la résolution des pannes. La résistance des opérateurs est due à une perte de leurs expériences ainsi qu'une perte de leurs pouvoirs sur les machines, et dans l'entreprise. » Participant 04

Classe 2 – Les résistances des formateurs : Les résistances des formateurs concernant l'utilisation de l'IL sont liées à la modification de leurs pratiques actuelles (1) et aux peurs qu'elles suscitent (2). L'immersif impacte l'activité des formateurs aussi bien sur leurs temps de travail que sur leurs manières de collaborer avec leurs collègues. Leur activité se retrouve décalée afin de préparer en amont leurs cours avec ces technologies, d'en faciliter leurs animations, et de prévoir des moments de débriefing. Les sessions de formation en asynchrone peuvent aussi entrer en contradiction avec les pratiques des formateurs, habitués à échanger en face-à-face avec leurs apprenants. Le développement et l'utilisation des TI demandent aux formateurs un travail d'équipe afin d'harmoniser leurs pratiques pédagogiques. Leurs différences dans leurs expertises et le changement de leurs méthodes de travail sont alors sources de résistances :

« Je voulais modéliser un geste métier mais les formateurs ont tous un geste métier. Chaque formateur a un geste. C'est la raison pour laquelle on arrivait parfois à des résistances. C'est parce qu'ils n'ont pas réussi à se mettre d'accord sur le geste. » Participant 03

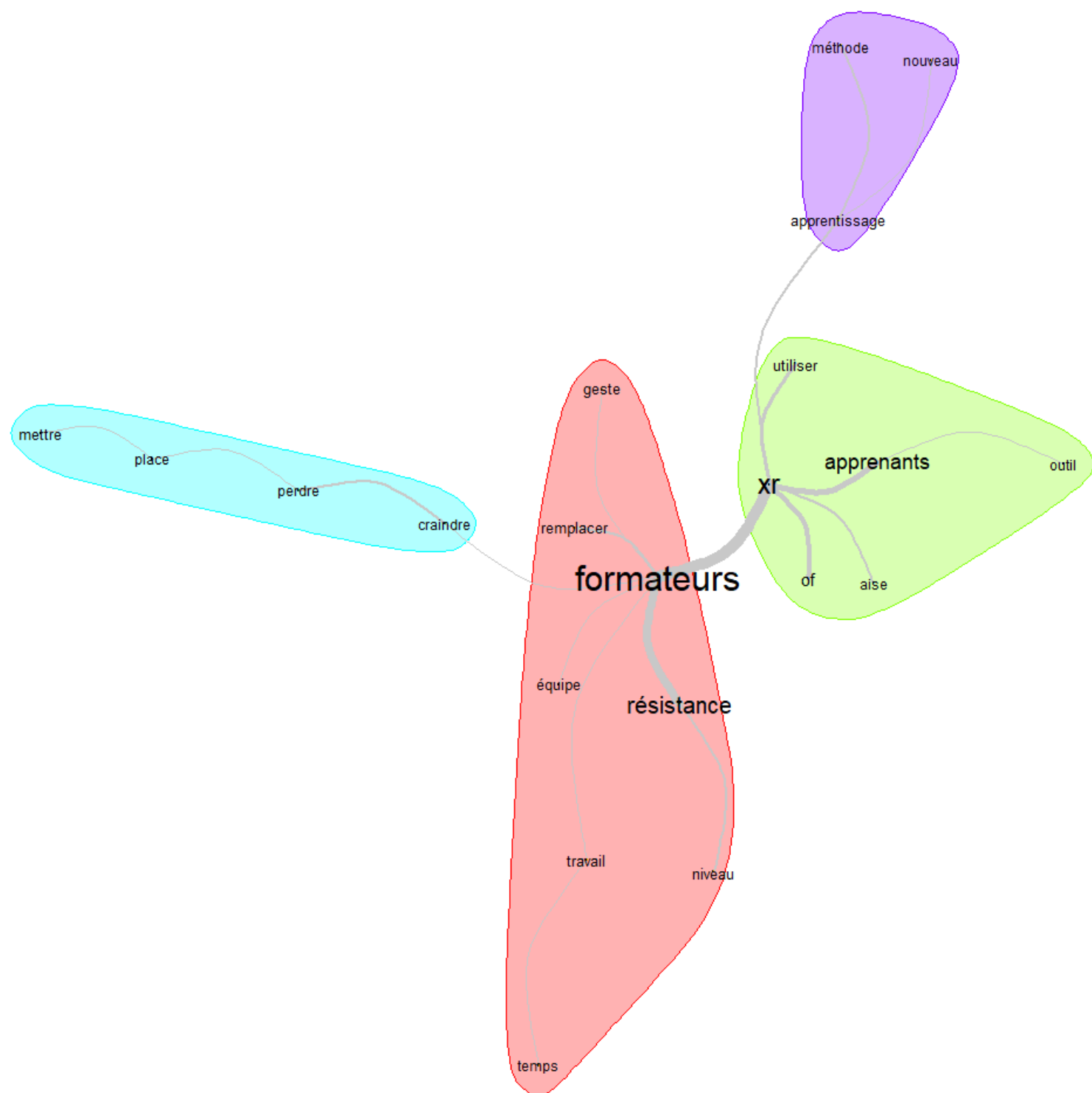
Les peurs des formateurs revêtent de multiples formes et se doivent d'être prises en compte afin d'éviter le refus d'intégrer ces technologies dans leurs pratiques. Ces peurs sont principalement de trois ordres : le remplacement (1), la crédibilité (2), et la maîtrise (3). La première est la plus courante ; les formateurs craignent, à terme, d'être remplacés par la simulation, de perdre leur expertise, et de ne plus avoir besoin d'eux. La deuxième porte sur le caractère *sérieux* de l'immersif comme modalité pédagogique. Au-delà de ressembler à des jeux vidéo et à un outil de divertissement, les formateurs doutent du caractère transposable des compétences acquises en immersifs à des situations réelles. La peur du manque de maîtrise des formateurs se retranscrit, quant à elle, dans leur appropriation de l'IL et dans son utilisation lors de l'animation d'un cours :

« Ils ont peur parce qu'ils pensent que cela va remettre en cause leur travail, profondément. C'est-à-dire que c'est un outil de productivité qui, à terme, va supprimer leur poste ou celui de leurs collègues qui font le même travail qu'eux. » Participant 09

Tableau 4. Corpus 2 – Classification Descendante Hiérarchique : Les résistances générées par l’Immersive Learning.

Classes	Thèmes	Discours	Formes & Citations représentatives des classes
1	Les résistances des apprenants	39.47%	Apprenants, XR, Utiliser, Organisme de Formation, Apprentissage, Outil, Méthode, Nouveau, Aise. « On a réalisé des expérimentations et on a observé un gros rejet des apprenants parce que la XR ne laisse rien passer. Pour les apprenants, être jugé par une machine, cela passait très mal. Il y en a qui se sont appuyés sur la difficulté de prise en main de la XR. Cela était assez mal accepté. » Participant 07
2	Les résistances des formateurs	60.53%	Geste, Mettre, Place, Perdre, Temps, Craindre, Equipe, Travail. Formateurs, Remplacer, Résistances, Niveau. « Les formateurs avaient des résistances parce qu’on est venu révolutionner leurs pratiques alors qu’on ne leur a jamais dit que ce qu’ils font a le droit d’évoluer. C’est tout type de résistance. C’est la peur de ne pas avoir la compétence pour utiliser la XR, ne pas être formé ou avoir le temps de le faire, de se faire remplacer, de perdre leur travail... » Participant 01

Figure 25. Corpus 2 - Analyse des similitudes : Les résistances générées par l'Immersive Learning.



c. Les étapes inhérentes à l'implémentation de l'Immersive Learning

Notre troisième corpus est associé à notre troisième question de recherche. Il détaille les étapes inhérentes à la conduite et l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation (QR.3). Il contient 6 157 mots dont 713 formes actives. Parmi les plus citées, nous retrouvons les mots *Etape*, *Projet*, *XR*, *Formateurs* et *Formation*. Les mots uniques représentent 7.21% du nombre total de mots et 54.97% des formes actives. Nos analyses mettent en lumière 6 étapes principales réparties en 6 clusters et 6 communautés : le planification du projet (1 ; cf., Tableau 5, Classes 1 ; Figure 26, Communauté Rouge), la montée en expertise sur l'immersif (2 ; cf., Tableau 5, Classes 2 ; Figure 26, Communauté Violette), la conception des scénarios immersifs (3 ; cf., Tableau 5, Classe 3 ; Figure 26, Communauté Jaune), le déploiement de l'immersif dans les centres de formation (4 ; cf., Tableau 5, Classes 4 ; Figure 26, Communautés Bleue), l'appropriation de l'Immersive Learning par les formateurs (5 ; cf., Tableau 5, Classes 5 ; Figure 26, Communauté Verte), et l'évaluation de l'efficacité de l'immersif (6 ; cf., Tableau 5, Classe 6 ; Figure 26, Communautés Bleu et Bleu Cyan). Le tableau 5 présente les clusters de mots avec leurs thèmes, leurs importances, leurs formes principales, et des citations représentatives. La figure 26 illustre à travers une AS la liaison entre les clusters et les mots qu'ils contiennent. Des citations illustratives sont également fournies dans les descriptions de nos clusters afin de renforcer nos interprétations.

Classe 1 – Planification du projet : Ce cluster résume les premières étapes d'un projet pour implémenter l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation : son approbation, son cadrage, et son financement. Le premier consiste à obtenir des soutiens et une validation hiérarchique. Cette étape indispensable, et souvent officieuse, octroie au projet une légitimité et une visibilité au sein de l'organisme de formation. Elle doit aussi être complétée par un aval provenant d'un maximum d'acteurs de l'organisme de formation. Apprenants, formateurs, administrateurs, ou décisionnaires, ces relais d'opinion se doivent d'être multiple afin de diffuser une vision positive du projet :

« Il y avait cette étape d'identifier des relais d'opinion, de les faire venir à soi. Mettre de son côté ces relais d'opinion est très important même si ce sont des personnes qui concrètement, quand ils viennent, ne font jamais de XR. » Participant 09

Lors du cadrage, l'équipe projet définit la cible visée (e.g., apprenants, simulateur, métiers, compétences), cadre sa temporalité, planifie ses étapes, et rédige un éventuel cahier des charges. Le financement n'est pas à sous-estimer car il peut s'avérer protéiforme et posséder ses propres contraintes. Dans les cas les plus simples, le financement est un investissement

de l'organisme de formation. Dans d'autres, il peut être régional, national, international, public, privé, ou plusieurs à la fois... Leurs récupérations, leurs gestions, et leurs reporting nécessitent du temps que le pilote de projet doit anticiper avant, pendant, et après la conduite du projet :

« Il y a une convention tripartite entre l'organisme de formation, le développeur et l'industriel. Il y a un financement public et privé dans le cadre de ce projet. Une fois la convention signée, il y a une définition de la ressource que l'on veut développer. » Participant 08

Classe 2 – Expertise de l'immersif : Pour un organisme de formation, l'immersif est de l'ordre de la découverte. Dans le cas contraire, il ne provoquerait pas de CO et n'impliquerait pas d'intervenants externes. Pour pallier son manque d'expertise, l'équipe projet monte en compétences sur l'IL et sélectionne les développeurs qui produiront la TI. Cette montée en compétences donne à l'équipe projet les cas d'usages à répliquer et les erreurs à ne pas commettre. Elle se traduit par de la veille documentaire, de l'acculturation, des salons ou encore la création de réseaux :

« Le gros gain de temps était l'état de l'art. Je connaissais un peu le marché de la XR parce que je suis allé dans des salons, que j'ai networké, que j'étais entrepreneur avant, et que j'étais incubé dans différentes structures. C'est très intangible. » Participant 10

A défaut d'avoir des développeurs internes spécialisés dans la conception de logiciels immersifs pédagogiques, l'organisme de formation devra identifier et sélectionner des prestataires^{et/ou} des partenaires. La veille réalisée précédemment aide l'équipe projet à choisir les experts qui vont les accompagner lors de la conception, ou de l'adaptation, de leurs solutions. Cette étape se clôture par leurs rencontres, la présentation des objectifs, la répartition des tâches, et leurs contractualisations :

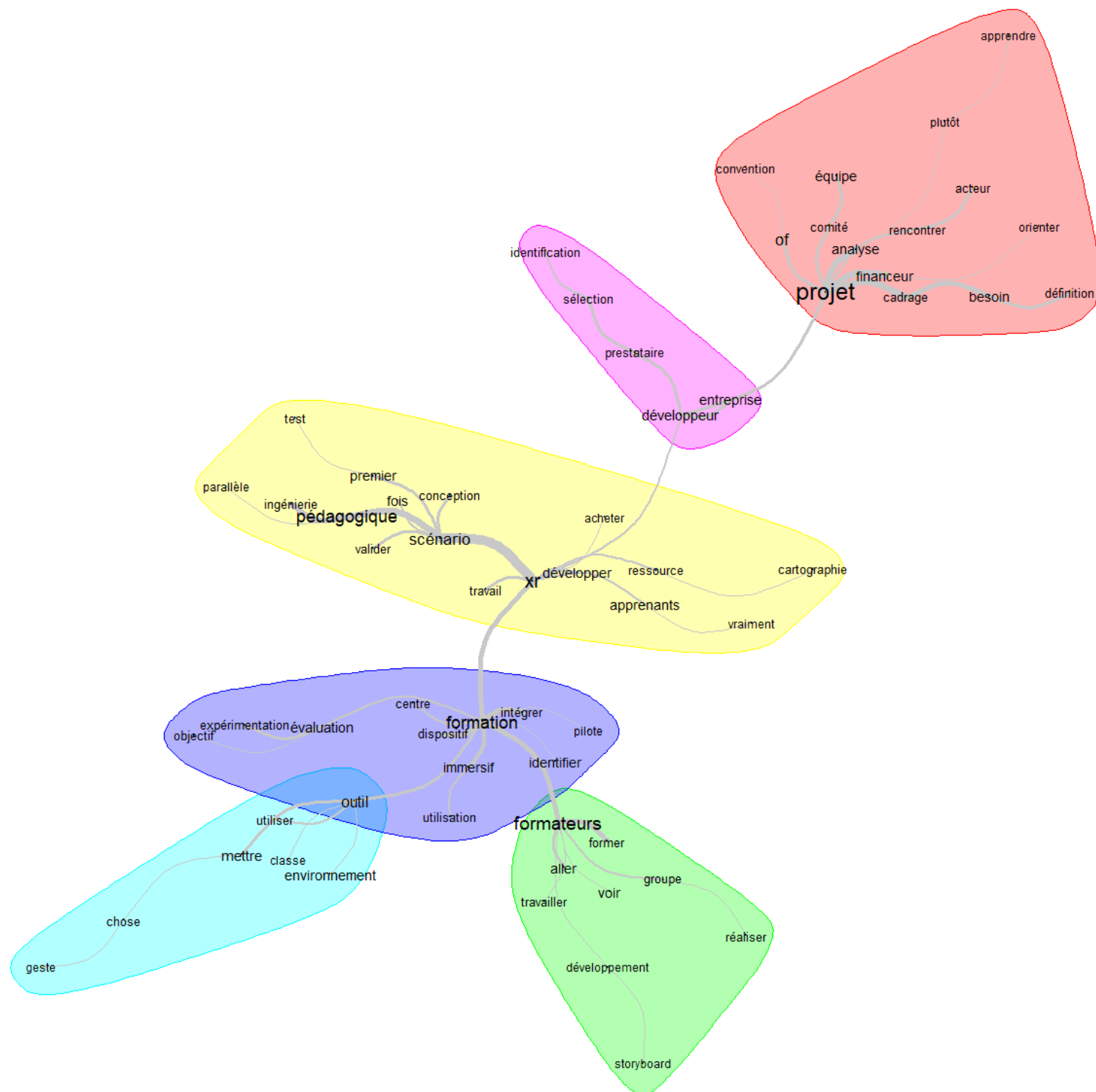
« Une phase de rencontre et de sélection des différents intervenants. Il y avait les développeurs pour concevoir la technologie et des experts sur la partie pédagogique dans son ensemble. On a travaillé ensemble sur la définition des rôles en listant ce que l'on devait mettre en place et en les attribuant à chacun. » Participant 02

Tableau 5. Corpus 3 – Classification Descendante Hiérarchique : Les étapes inhérentes à l'implémentation de l'Immersive Learning.

Classes	Thèmes	Discours	Formes & Citations représentatives des classes
1	Planification du projet	16.33%	Cadrage, Projet, Besoin, Financeur, Analyse, Orienter, Définition, Convention. « L'étape où le projet a été soumis et a été retenu par le financeur. C'était un financement européen. On a monté le projet, ouvert des appels d'offres, dépouillé les appels d'offres. Cela nous a permis de faire l'analyse du besoin et le cadrage du projet avant de le soumettre au financeur. » Participant 03
2	Expertise de l'immersif	24.49%	Développeur, Sélection, Rencontrer, Prestataire, Identification, Technologie, Acteur, Entreprise, Identifier, Développement, Développer, Chose. « Il y a eu l'identification et la sélection d'un sous-traitant développeur qui a développé d'un point de vue technique la ressource en XR. Il y a une étape d'acceptation et d'acclimatation du sous-traitant pour comprendre nos objectifs, s'intégrer au projet et rencontrer les différents acteurs. » Participant 08
3	Conception du simulateur	20.92%	Scénario, Pédagogique, Conception, Valider, Ingénierie, Environnement, XR, Fois, Ressource, Travail, Mettre, Cartographie, Travailler, Geste, Storyboard, Parallèle. « Le scénario et l'ingénierie pédagogique a été calquée sur l'existentiel pour pouvoir recréer l'environnement en XR. On a fait une étape d'observation et de cartographie des compétences à virtualiser en partant de métiers normés. Les apprenants se retrouvaient dans des environnements connus. » Participant 01

			Comité, Organisme de Formation, Equipe, Centre, Acheter, Pilote, Aller.
4	Déploiement de l'immersif	11.73%	« Il y a eu l'étape de constitution de l'équipe projet et la construction des comités. On a un groupe projet qui est constitué de pilotes. On a un pilote par centre sur les centres de formation de la région. Il y a un comité de pilotage qui a lieu tous les trois mois pour justement savoir si tout se passe dans les bonnes conditions, s'il faut soit réinvestir, soit orienté le projet différemment. » Participant 06
5	Appropriation des formateurs	16.33%	Immersif, Utilisation, Outil, Classe, Voir, Former, Dispositif, Formateurs, Formation, Intégrer, Apprendre, Utiliser. « On s'est dit qu'il fallait beaucoup plus d'appropriation des formateurs et qu'ils soient formés à les utiliser, et non pas l'objet mais le contenu des simulateurs. On a fait rédiger des fiches pédagogiques. On a effectué cette étape de travail d'ingénierie pédagogique, on l'a fait faire par les formateurs en l'occurrence. Le but était d'intégrer les briques d'immersif dans leurs formations. » Participant 09
6	Efficacité de l'immersif	10.20%	Evaluation, Expérimentation, Test, Apprenants, Groupe, Réaliser, Plutôt, Objectif, Vraiment, Premier. « Par la suite, c'était une étape d'évaluation et d'expérimentation avec la réalisation des scénarios pédagogiques de la journée de formation. C'étaient les premiers tests avant une généralisation. On a fait une évaluation à chaque fin de formation avec des questionnaires de satisfaction. C'étaient nos sessions de formation pilote avec le dispositif XR. » Participant 02

Figure 26. Corpus 3 - Analyse des similitudes : Les étapes inhérentes à l'implémentation de l'Immersive Learning.



Classe 3 – Conception du simulateur : Ce cluster regroupe trois étapes inhérentes au développement d'un simulateur d'apprentissage : la cartographie des compétences (1), le développement du simulateur (2), et l'ingénierie pédagogique (3). La première consiste à réaliser des analyses de l'activité avec des experts métier et des formateurs afin d'en cibler les compétences à numériser. Les méthodes employées prennent plusieurs formes allant des observations terrain aux entretiens, en passant par les questionnaires d'analyse de poste. Une validation par les experts-métiers assure la pertinence des informations récoltées et permet de réaliser une première ébauche du scénario à développer :

« Il y a eu la découverte du métier. Les techniciens nous ont fait la procédure en direct avec des prises photos et vidéos. Ensuite, j'ai dû tout analyser. C'est la réalisation d'un scénario énorme pour reproduire la procédure, et avec des étapes de validation. » Participant 07

Le développement d'une TI pour l'apprentissage est un travail collaboratif et itératif entre 3 typologies d'acteurs. Les développeurs se chargent de sa production, les formateurs de sa pédagogie, et les experts-métiers de son réalisme ; ces deux derniers n'étant pas toujours dissociés. Des phases de production, de tests, de démonstration, et de modification se succèdent jusqu'à obtenir sa version finale :

« Une fois que tu as signé ton script, ton scénario et ton travail d'ingénierie, il faut développer tes personnages et ton environnement. Tu as alors une étape d'allers-retours avec le client, des tests, et où tu modifies certaines choses dans le simulateur. » Participant 05

L'ingénierie pédagogique succède à la conception d'une TI et sert à intégrer l'utilisation de l'IL dans leurs parcours de formation. Elle implique une reformulation de leurs objectifs pédagogiques, la modification de leurs cours actuels, la définition de leurs animations de formation, la personnalisation de leur utilisation du simulateur, et la production de ressources pédagogiques complémentaires :

« Il y avait une étape d'ingénierie pédagogique pour accompagner les formateurs et pédagogues à créer le dispositif de formation. Les formateurs devaient créer – en module, séquence, et grain – les scénarios de pannes et dispenser la formation. » Participant 04

Classe 4 – Déploiement de l'immersif : Ce cluster décrit la manière de déployer une TI dans un organisme de formation ; qu'il soit, ou non, constitué de plusieurs centres. Cette étape comprend la construction des comités du projet mais aussi l'identification des formateurs et des centres de formation pour déployer les simulateurs. A l'image des relais d'opinion, les membres des comités ont des origines diversifiées afin de croiser les opinions, de déléguer les responsabilités, et d'informer au plus grand nombre de l'avancée du projet :

« On a fait un comité de pilotage où dedans il y avait des inspecteurs académiques, les formateurs, un chef d'établissement, des entreprises, un équipementier, et un laboratoire de recherche. C'était un moyen de faire rencontrer tous les acteurs du projet. » Participant 04

Pour faciliter le déploiement des TI et de l'IL, formateurs et centres de formation doivent être représentés dès le démarrage du projet. Les premiers assurent que la TI développée répond à leurs exigences tandis que les seconds fournissent les ressources nécessaires à son déploiement (e.g., financement, temps, formateurs). L'identification de formateurs volontaires favorise l'adhésion des pairs, donne des exemples d'application, les intègre à la conception du simulateur, valide sa pertinence, et accompagne son intégration :

« Dans l'étape de constitution des comités, dès le départ, on avait plusieurs formateurs qui allaient ensuite animer ces formations immersives. Cela fait partie des choses que j'exige quand je lance un projet : avoir des représentants des formateurs pour qu'ils soient ensuite ambassadeurs auprès des autres. » Participant 07

De leur côté, les centres de formation allouent le temps nécessaire aux formateurs pour participer au projet, monter en compétences, former des groupes de travail, et adapter la solution immersive. Leur aval assure également l'achat du matériel, son déploiement, sa maintenance, et son renouvellement. Formateurs comme centres de formation, cette implication leur donne aussi plus d'autonomie afin d'intégrer l'immersif dans leurs pratiques pédagogiques :

« L'acquisition et le déploiement des simulateurs dans les centres étaient une étape. Le scénario était déjà développé, c'étaient surtout des modifications de la solution pendant le déploiement du simulateur. » Participant 06

Classe 5 – Appropriation des formateurs : Ce cluster se rattache à une étape d'appropriation des formateurs de l'immersif et la mise en place d'un accompagnement continue. Avant d'intégrer l'immersif dans leurs formations, les formateurs ont besoin de s'approprier ces technologies. Des interventions telles que des formations, des groupes de travail, ou encore des sessions pilotes, facilitent cette montée en compétences et anticipent l'ingénierie pédagogique qu'ils devront réaliser pour intégrer l'immersif dans leurs cours :

« Au fur et à mesure, on a formé les formateurs à l'utilisation de l'immersif. On leur a appris à installer le matériel, à paramétrer l'environnement virtuel. J'avais rédigé un petit livret. C'était l'étape de la prise en main par les formateurs. » Participant 07

Pour s'assurer de l'intégration de l'IL dans les pratiques pédagogiques des formateurs, un accompagnement dépassant le cadre du projet doit aussi être mis en place. Il permet de continuer d'adapter la solution immersive à leurs besoins, d'échanger sur leurs pratiques, de perfectionner leur ingénierie pédagogique, et de suivre une technologie qui se veut évolutive :

« Ce projet de transformation digitale d'organisation doit être un accompagnement et monitoré tout au long du temps car on a des outils X aujourd'hui qui pourront être des outils Y demain, et Z après-demain » Participant 01

Classe 6 – Efficacité de l'immersif : Ce cluster se caractérise par l'évaluation de l'ergonomie de la TI développée et de son efficacité pédagogique auprès des apprenants. Les tests de fonctionnement se font en parallèle de son développement. Ils permettent de vérifier son adéquation avec les besoins formulés, du réalisme de l'environnement, du bon déroulé des scénarios, de la pertinence des *Learning Analytics*, de la cohérence des feedbacks, et de sa facilité de prise en main. Elle se termine par la validation de la solution par l'organisme de formation :

« Il y a eu plusieurs petites étapes de tests et de compréhension de l'outil pour une personne qui va suivre un module complet en immersif. Cela a été réalisé sur les tous premiers centres de formation qui ont travaillé sur la conception de l'outil. » Participant 06

Une fois la TI développée, il s'en suit une étape d'expérimentation auprès des apprenants. Elle se focalise sur son efficacité pédagogique et récupère des données telles que la satisfaction des apprenants, leurs performances, leurs motivations et leurs rétentions d'informations. Elles peuvent ensuite être comparées à des situations d'apprentissage plus classiques et n'impliquant pas l'utilisation de l'immersif. Les formateurs participent eux aussi à cette expérimentation en fournissant leurs ressentis lors de l'animation de leurs formations immersives. Ces données servent alors à enrichir le bilan venant clôturer le projet :

« Le simulateur a été testé en interne, puis auprès d'un groupe d'apprenants qui étaient plutôt en fin de parcours sur ce métier-là. Les premiers retours que l'on a sont assez positifs puisqu'avec la XR, cela plonge plutôt bien l'apprenant. » Participant 10

d. Les incidents critiques positifs à l'implémentation de l'Immersive Learning

Notre quatrième corpus se réfère à notre quatrième question de recherche. Il fait ressortir les facteurs impactant positivement l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation (QR4). Il contient 3 639 mots dont 557 formes actives. Parmi les plus citées, nous retrouvons les mots *Projet*, *XR*, *Immersif*, *Pédagogique* et *Formateurs*. Les mots uniques représentent 10.22% du nombre total de mots et 60.68% des formes actives. Nos analyses mettent en lumière 4 facteurs critiques positifs répartis en 4 clusters et 7 communautés : l'appropriation des formateurs (1 ; cf., Tableau 6, Classe 1 ; Figure 27, Communauté Verte et Jaune), le temps de déploiement de l'immersif (2 ; cf., Tableau 6, Classe 2 ; Figure 27, Communautés Violette et Bleu Cyan), le rôle des centres de formation (3 ; cf., Tableau 6, Classe 3 ; Figure 27, Communauté Rouge et Rose), et l'équipe projet (4 ; cf., Tableau 6, Classe 4 ; Figure 27, Communauté Bleue). Le tableau 6 présente les clusters de mots avec leurs thèmes, leurs importances, leurs formes principales, et des citations représentatives. La figure 27 illustre à travers une AS la liaison entre les clusters et les mots qu'ils contiennent. Des citations illustratives sont également fournies dans les descriptions de nos clusters afin de renforcer nos interprétations.

Classe 1 – L'appropriation des formateurs : Ce cluster met en avant 2 étapes dans lesquelles les formateurs jouent un rôle décisif dans l'implémentation de l'IL au sein d'un organisme de formation. La première est, sans surprise, l'appropriation de l'immersif par les formateurs. Si ces derniers n'arrivent pas à cibler l'intérêt de ces technologies et à en maîtriser son contenu, ils ne pourront pas l'intégrer avec pertinence dans leurs pratiques pédagogiques. Comme vu précédemment, cette appropriation se joue aussi bien dans leur montée en compétences que dans la mise en place d'un accompagnement continu dépassant le cadre du projet :

« Les formateurs doivent pouvoir jouer avec les contenus pédagogiques de ces outils et les intégrer à leurs contenus de formation. Ce qui a bien fonctionné est l'appropriation de l'immersif par les équipes pédagogiques, qu'ils aient vu la plus-value que cela pouvait apporter à leurs élèves et à eux-mêmes. » Participant 06

La deuxième étape critique prend place lors de l'ingénierie pédagogique et de la conception du simulateur. Les formateurs maîtrisent leur cour, son animation, et ses spécificités. Cette expertise est cruciale lors du développement d'une TI et son intégration dans un dispositif de formation existant. Elle assure que la technologie développée soit adaptée à leurs pratiques, centrée sur leurs objectifs pédagogiques, et représentative de leurs contextes métiers. En outre, solliciter leurs participations dès la genèse du simulateur facilite son appropriation et les projette sur la manière dont ils l'utiliseront :

« Quand on a fait ce workshop avec les objectifs comportementaux et toute l'équipe pédagogique, d'effectuer cet exercice de traduire leurs réponses dans un scénario. Les formateurs étaient très motivés et ils ont trouvé ça très excitant. » Participant 05

Classe 2 – Mise en œuvre de l'immersif : Ce cluster rappelle que ces technologies innovantes requièrent du temps pour être implémentées dans les pratiques d'un organisme de formation. Ce temps peut se retrouver allongé pour s'adapter au rythme de vie des organismes de formation et aux disponibilités des formateurs. Au-delà des étapes inhérentes à la conduite de ces projets, ce temps est aussi nécessaire pour évaluer sur la durée l'appropriation de l'immersif par les formateurs et son efficacité auprès des apprenants :

« J'aimerais faire à la rentrée un nouveau bilan pour voir un peu ce que cela donne. Pour voir si cela a un effet réel sur l'apprentissage de nos apprenants. C'est maintenant de savoir qu'elle est l'efficacité de la XR. » Participant 01

La mise en œuvre de l'immersif joue aussi un rôle dans la validation des process internes à l'organisme de formation. L'observation des compétences métiers à transposer dans un simulateur est l'occasion pour un ensemble d'experts de se rencontrer, d'échanger sur leurs méthodes, et d'harmoniser leurs pratiques :

« Le travail de développement de la XR permet de mettre les formateurs autour de la même table et de discuter des procédures et des améliorations à faire. C'est une évaluation interne de leurs process. » Participant 07

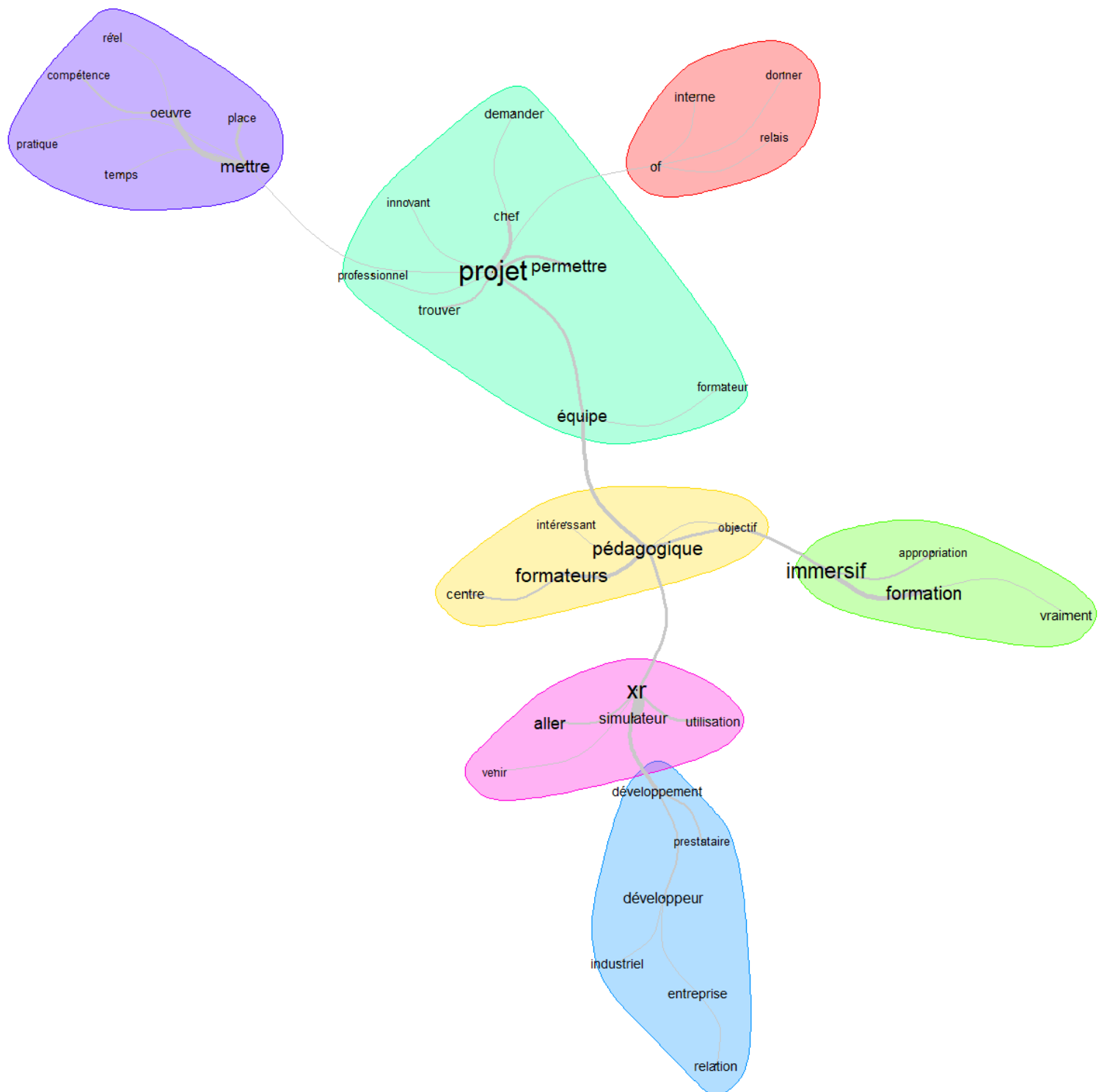
Classe 3 – Les centres de formation : Ce cluster appuie sur l'importance des relais d'opinion et sur l'autonomie des organismes de formation lors de l'implémentation de l'IL au sein de leurs pratiques. Les relais d'opinion facilitent la récupération des ressources indispensables à la conduite de ces projets, leur donne une visibilité, favorise l'échange de pairs à pairs, et apporte un soutien organisationnel. Ce soutien se retranscrit aussi bien dans l'aval de la hiérarchie, la mise en place d'ambassadeur, que l'implication des différents services des centres de formation :

« Un service me demandait quand et comment ils pouvaient m'aider, quand est-ce que cela démarre. Petit à petit, j'ai trouvé, comme ça, sur le chemin, des relais d'opinion et d'influence, ce qui fait que le projet n'est pas tombé à l'eau. » Participant 10

Tableau 6. Corpus 4 – Classification Descendante Hiérarchique : Les facteurs critiques de réussite impactant positivement l’implémentation de l’Immersive Learning.

Classes	Thèmes	Discours	Formes & Citations représentatives des classes
1	Les formateurs	28.49%	Immersif, Formateurs, Pédagogique, Formation, Equipe, Innovant, Objectif, Appropriation, Professionnel, Vraiment. « La participation des formateurs pour nous expliquer comment ils comptaient animer des ateliers avec l’immersif, comment ils voyaient les choses, comment on pouvait rendre un dispositif immersif innovant avec une vraie plus-value pédagogique. » Participant 07
2	Mise en œuvre de l’immersif	16.85%	Mettre, Œuvre, Temps, Place, Formateur, Compétence, Réel, Interne, Intéressant, Pratique. « On a recruté un formateur interne pour mettre en place des modules de formation avec l’immersif et accompagner sa prise en main. Il faut quelque temps de pratique et de mise en place pour mesurer si cela est efficace. Pour mesurer l’appropriation d’une modalité pédagogique, de dire si cela a un intérêt ou pas, d’avoir un ROI. » Participant 02
3	Les centres de formation	27.33%	XR, Simulateur, Aller, Centre, Venir, Utilisation, Développement, OF, Prestataire, Relais, Permettre. « L’organisation a eu l’initiative, pour le coup très heureuse, d’accompagner et de susciter le changement. Ils ont créé un centre d’expertise sur plusieurs sujets comprenant l’Intelligence Artificielle, l’immersif et les Fablab. C’est très bien et ils l’ont fait en interne pour que tous les projets soient fléchés vers cette équipe-là. » Participant 09
4	L’équipe projet	27.33%	Projet, Chef, Demander, Relation, Industriel, Trouver, Entreprise, Donner, Développeur. « La relation avec la responsable de projet, avec le chef d’entreprise de développeur, et que l’on a eue à l’intérieur du groupe de travail pour créer le cahier des charges et concevoir le prototype. » Participant 03

Figure 27. Corpus 4 - Analyse des similitudes : Les facteurs de réussite critiques impactant positivement l'implémentation de l'Immersive Learning.



Il est difficile pour l'équipe projet de maintenir une même qualité d'accompagnement à l'ensemble des formateurs d'un organisme de formation lorsqu'il est composé de plusieurs centres répartis sur un large territoire. L'implication des centres de formation donne au projet une présence localisée, une autonomie dans le déploiement de l'IL, et les responsabilise sur les actions à réaliser :

« On a des référents dans chaque centre où les simulateurs sont déployés pour décentraliser le pilotage de projet, faciliter leurs utilisations par les équipes pédagogiques, et responsabiliser les directeurs des centres pour accompagner les formateurs. L'utilisation de référents diminue ma charge de travail et donne le relais aux centres. » Participant 06

Classe 4 – L'équipe projet : Ce cluster confirme la place centrale de l'équipe projet dans l'implémentation de l'IL. Elle est la clé de voûte entre la conduite de ce changement et son acceptation par l'organisme de formation. A l'image du projet, la composition de son équipe possède des profils diversifiés afin de représenter l'ensemble des acteurs que le projet d'Immersive Learning impacte. Il est nécessaire que l'équipe projet instaure une relation collaborative pendant toute la durée du projet et lors de ses échanges avec ses partenaires externes (e.g., industriels, développeurs). Cette entente favorise la prise en compte des besoins de chacun, du bon déroulé de leurs interventions, et de l'adaptabilité de la solution implémentée :

« L'association de multiples acteurs avec des visions différentes entre les chercheurs, les entreprises, les pédagogues, les ingénieurs de formation, les ingénieurs pédagogiques, les développeurs... C'est multi-acteurs mais cela permet vraiment de réussir. » Participant 04

e. Les incidents critiques négatifs à l'implémentation de l'Immersive Learning

Notre cinquième corpus est rattaché à notre cinquième question de recherche. Il liste les facteurs impactant négativement l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation (QR5). Il contient 2 575 mots dont 442 formes actives. Parmi les plus citées, nous retrouvons les mots *Projet*, *Aller*, *XR*, *Formateurs* et *Seul*. Les mots uniques représentent 12.74% du nombre total de mots et 66.06% des formes actives. Nos analyses mettent en lumière 4 facteurs critiques négatifs répartis en 4 clusters et 3 communautés : l'appropriation de l'immersif par les formateurs (1 ; cf., Tableau 7, Classe 1 ; Figure 28, Communautés Bleue et Rouge), l'implication des centres de formation (2 ; cf., Tableau 7, Classe 2 ; Figure 28, Communauté Rouge), le risque d'un projet isolé (3 ; cf., Tableau 7, Classe 3 ; Figure 28, Communauté Verte), et le manque de temps (4 ; cf., Tableau 7, Classe 4 ; Figure 28, Communautés Verte et Bleue). Le tableau 7 présente les clusters de mots avec leurs thèmes, leurs importances, leurs formes principales, et des citations représentatives. La figure 28 illustre à travers une AS la liaison entre les clusters et les mots qu'ils contiennent. Des citations illustratives sont également fournies dans les descriptions de nos clusters afin de renforcer nos interprétations.

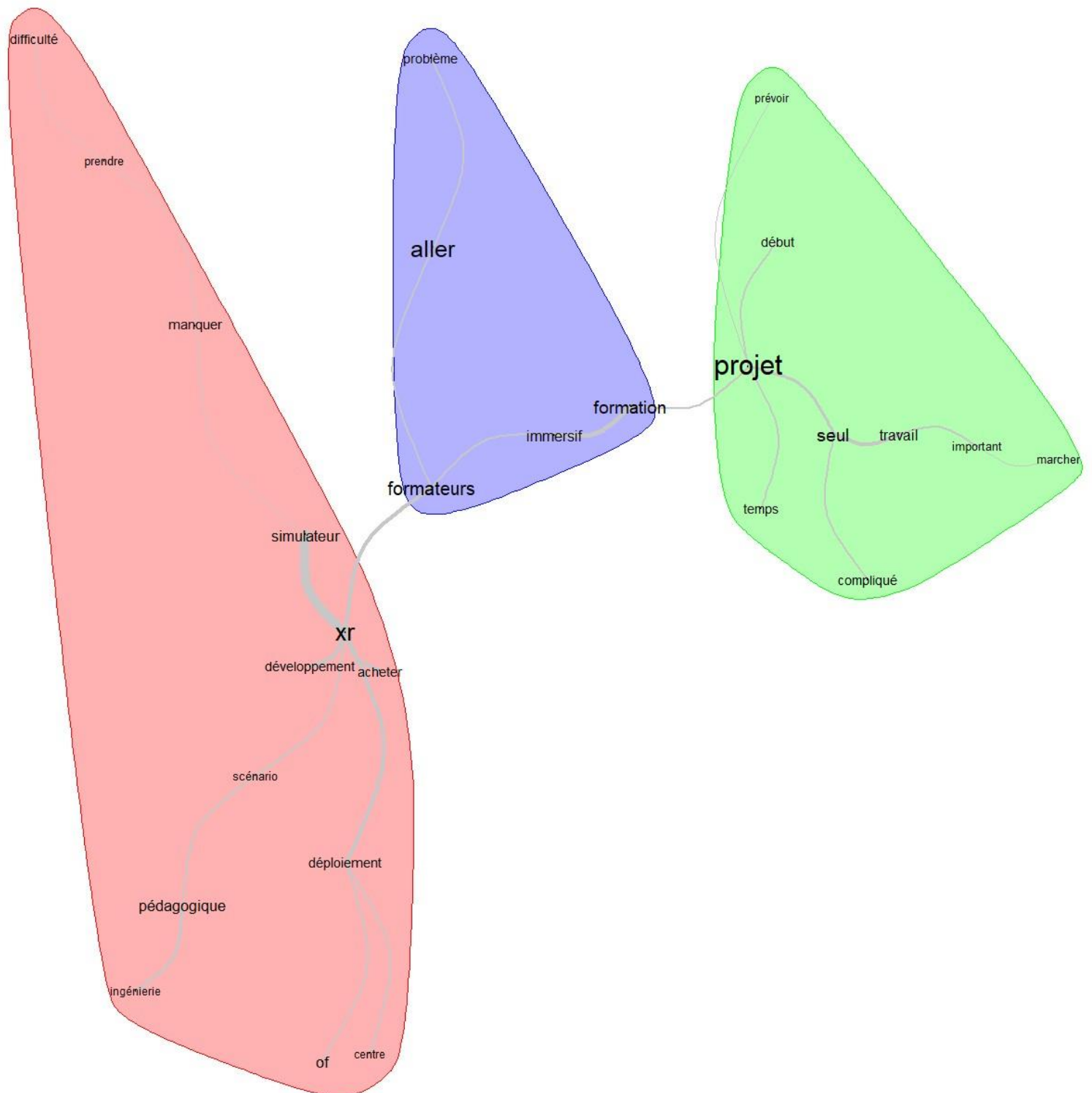
Classe 1 – L'appropriation des formateurs : En cohérence avec les résultats de nos précédents corpus, ce cluster souligne les difficultés que les formateurs rencontrent lors de l'implémentation d'une TI. La première réside de nouveau dans son appropriation afin de l'intégrer avec pertinence dans un dispositif de formation. Sans cette appropriation, l'utilisation de l'immersif risque de ne pas se réaliser, ou d'atteindre les objectifs qui ont été fixés. La deuxième repose sur la difficulté des formateurs d'atteindre un consensus sur la mise en application d'une compétence métier. L'absence d'une définition claire des rôles de chacun lors des sessions collectives de travail peut venir entraver le développement du simulateur ou le travail d'ingénierie pédagogique permettant son intégration :

« L'écriture des scénarios pédagogique en groupe est un calvaire à cause d'un manque de clarté dans les responsabilités de validation et de prise de décision. De savoir qui joue un rôle consultatif, qui joue un rôle décisionnel. » Participant 05

Tableau 7. Corpus 5 – Classification Descendante Hiérarchique : Les facteurs critiques de réussite impactant négativement l'implémentation de l'Immersive Learning.

Classes	Thèmes	Discours	Formes & Citations représentatives des classes
1	L'appropriation des formateurs	27.47%	Formation, Immersif, Pédagogique, Prendre, Manquer, Ingénierie, Difficulté, Formateurs. « Le nombre de module de formation en XR créés étaient insuffisants parce que c'était très complexe pour les formateurs. La réussite de l'utilisation de l'immersif et la modularisation des dispositifs de formation reposent et dépendent beaucoup trop des formateurs. C'est au bon vouloir des formateurs et cela représente un risque. » Participant 04
2	Les centres de formation	19.78%	XR, Simulateur, Déploiement, Acheter, Développement, Centre, OF, Scénario, Prévoir. « Il fallait convaincre les dirigeants pour acheter et déployer les simulateurs dans nos centres. C'est une insistance permanente, à la limite du harcèlement, pour essayer de convaincre les dirigeants de signer l'engagement de financement. » Participant 03
3	Un projet isolé	19.78%	Seul, Compiqué, Travail, Début, Important. « J'étais seul au début du projet et cela représentait beaucoup trop de travail pour moi. Il y avait trop de travail et j'étais tout seul. En termes de pilotage de projet, c'est compliqué. La charge de travail était trop importante pour une seule personne. » Participant 01
4	Le manque de temps	32.97%	Aller, Projet, Temps, Problème, Marcher. « Une gestion du projet par le budget. Cela nous a obligé à composer entre le budget et les aléas. Des tests de l'application qui étaient tardifs et qui nous n'ont pas permis de faire des corrections dès le début. Cela nous a fait perdre un peu de temps. C'est aussi la gestion d'intervention externe et qu'il a fallu aussi gérer et s'y adapter. » Participant 02

Figure 28. Corpus 5 - Analyse des similitudes : Les facteurs de réussite critiques impactant négativement l'implémentation de l'Immersive Learning.



Classe 2 – Les centres de formation : En accord avec nos résultats préalables, ce cluster souligne lui aussi l'impact des centres de l'organisme de formation dans l'implémentation d'une TI. Les centres, avec l'indépendance qu'ils possèdent, peuvent refuser de donner leur implication et leur soutien. Leur refus se répercute sur toute la conduite du projet rendant sa conduite laborieuse, voire impossible (e.g., financement, développement, déploiement) :

« Quand les formateurs doivent faire de la réingénierie pour moderniser leurs formations, cela leurs demandes de la disponibilité et des ressources que les centres de formation ne sont pas toujours prêts à leurs donner. » Participant 07

Classe 3 – Un projet isolé : Ce cluster appuie sur la charge de travail conséquente qu'implique la conduite de projets immersifs. Les actions pour implémenter l'IL sont nombreuses et ne peuvent reposer sur les épaules d'un seul collaborateur. Avoir une équipe constituée de plusieurs membres permet de diviser les responsabilités, d'amoindrir son caractère isolé, et d'éviter l'arrêt du projet à la suite du départ de son représentant :

« Pour aller plus loin qu'un projet, il faut mobiliser des niveaux de ressources à la fois humaines et financières qui, souvent, dépassent le cadre de la bonne volonté d'un collaborateur dans un organisme de formation. » Participant 09

Classe 4 – Le manque de temps : Ce cluster renforce l'importance du temps pour intégrer l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation. Pour les plus gros organismes de formation, la conduite de ces projets se déroule sur plusieurs années et est multisite. Malgré une planification rigoureuse, un allongement des deadlines est courant et ses raisons plurielles. Le rythme scolaire des centres de formation, l'externalisation du développement, l'organisation du travail des formateurs, l'achat des solutions immersives, ou encore le déblocage des financements en sont quelques exemples :

« Il y a des décalages non prévus dans l'acquisition des simulateurs. Ce décalage a provoqué un manque dans les équipements de simulateurs XR à disposition quand j'allais dans les centres. » Participant 06

4. Synthèse

Les résultats de notre étude avancent que l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation engendre un CO. Elle modifie l'activité de ses membres, suscite des résistances, et se conduit comme un projet. Pour autant, les résultats de nos deux premiers corpus montrent que ce changement ne se cantonne pas à une modification des méthodes pédagogiques des formateurs. Ce processus de CO impacte l'organisme de formation dans son ensemble. Les apprenants dans le développement de leurs compétences, le personnel administratif dans son fonctionnement, les dirigeants dans leurs offres de formations, et les formateurs dans leur activité pédagogique ainsi que leurs postures envers leurs apprenants. Quand cette technologie suscite des résistances auprès des apprenants, elles concernent son ergonomie, sa prise en main, et sa capacité à évaluer leurs compétences dans un contexte professionnel (Lombardo et Goglio-Primard, 2012). Pour les formateurs, elles portent sur la remise en cause de leur métier, le contrôle qu'ils ont de leur activité, et de la crédibilité qu'ils perçoivent envers cette nouvelle technologie (Dupain et al., 2023 ; Wilson et al., 2019) :

« On amène une nouvelle manière de faire et de nouvelles méthodes d'apprentissage. C'est une chaîne globale qui est impactée depuis les dirigeants de l'organisme de formation jusqu'aux apprenants qui vont utiliser l'outil. » Participant 01

Les résultats de notre troisième corpus montrent que l'implémentation de l'IL se résume en 6 principales étapes : la planification du projet (1), la montée en expertise sur l'immersif (2), la conception du simulateur (3), le déploiement de l'immersif (4), l'appropriation des formateurs (5), et l'efficacité de l'immersif (6). Les deux premières s'assurent de recevoir l'aval du projet, de récupérer ses financements, de sélectionner ses partenaires, de monter l'équipe projet, et de planifier ses étapes. La troisième développe, ou adapte, la TI à travers la définition de sa cible, la cartographie de ses compétences, l'écriture des scénarios, et le développement du logiciel. Cette conception du simulateur se fait de manière collaborative et itérative entre pédagogues, experts métiers, et développeurs. Les étapes de déploiement et d'appropriation s'anticipent dès la genèse du projet pour faciliter sa mise en œuvre. Ces quatrièmes et cinquièmes étapes consistent à déployer les TI dans les centres de formation et à accompagner l'appropriation de cette modalité pédagogique par les formateurs. Obtenir les soutiens des formateurs et de leurs responsables dès le lancement du projet permet de les intégrer dans les comités, de s'assurer de la disponibilité des formateurs, et de prévoir l'achat du matériel.

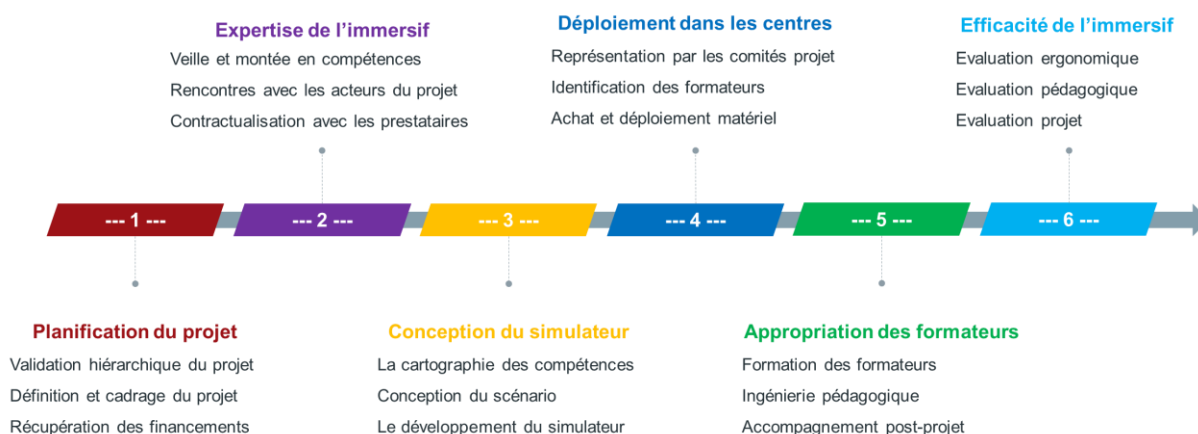


Figure 29. Les 6 étapes projet à l'implémentation de l'Immersion Learning dans les organismes de formation.

L'étape d'évaluation du projet et du simulateur est la dernière ressortie de nos analyses. Elle comprend des évaluations sur l'ergonomie de la technologie développée, son efficacité pédagogique auprès des apprenants, et son intégration dans les pratiques des formateurs. Les informations récupérées viennent enrichir le bilan du projet et proposent des perspectives d'évolution de la solution immersive. A la différence de la littérature sur la gestion de projet (Burke, 2017 ; Hasibuan et Dantes, 2012 ; Hornstein, 2015 ; Kotter, 1996), une étape de clôture n'est pas ressortie de nos analyses. Quand elle est mentionnée dans nos entretiens, elle désigne la fin des financements et des travaux de développement. Un bilan est alors réalisé avec les commanditaires et les financeurs du projet pour marquer sa clôture administrative. Cette absence se justifie aussi par la mise en place d'un accompagnement continu dépassant le simple cadre du projet. Cet accompagnement permet d'observer sur le long-terme l'intégration de l'IL dans les pratiques des formateurs et leur impact sur les apprenants. Comme l'étape de clôture, la communication n'est pas ressortie de nos verbatims alors qu'elle est décrite dans la littérature comme un facteur critique dans la conduite d'un projet de changement (Hasibuan et Dantes, 2012 ; Kotter, 1996). Nous interprétons cette absence comme un besoin continu pendant toute la conduite d'un projet et non spécifique à l'une de ses étapes :

« Officiellement, le projet est terminé mais, ensuite, le client te dit que leurs partenaires font un événement à Turin et ils te demandent si on ne veut pas venir... Tu feras toujours du service après-vente et un accompagnement post-projet. » Participant 05

Les résultats de nos deux derniers corpus confirment l'impact de trois facteurs critiques communs lors de la conduite de ces projets : l'implication des formateurs (1), le soutien des centres de formation (2), et le temps de mise en œuvre (3). L'implication des formateurs est cruciale car c'est à travers eux que le changement s'opère. Même si ces TI sont développées pour les apprenants, les formateurs en sont les premiers impactés, les premiers utilisateurs, et les premiers garants de son implémentation. Leur adhésion assure leur participation pendant toute la conduite du projet, allant du développement de la TI à son utilisation effective. Lorsque ces projets sont conduits dans des organismes de formation composés de plusieurs centres, l'aval des directeurs des centres est tout autant indispensable. Il octroie la disponibilité des formateurs, le déploiement du matériel, et un accompagnement localisé. Ces projets requièrent aussi un temps de mise en œuvre qui dépasse le cadre du projet. Il permet à l'équipe projet de s'adapter aux rythmes de travail des organismes de formation, de répondre aux aléas, et d'observer sur la durée l'intégration de l'immersif dans les pratiques pédagogiques. Enfin, les actions à réaliser pour conduire ces projets sont nombreuses et requièrent différentes expertises (e.g., pédagogique, développement, administrative). Avoir une équipe projet pluridisciplinaire allège la centralisation des responsabilités, augmente la visibilité du projet, renforce la crédibilité de ses intervenants, et diminue la charge de travail de ses membres (Alhogail et Mirza, 2011 ; Hornstein, 2015 ; Jordahn et al, 2024) :

« La méthodologie utilisée pour réaliser ce projet est avec une gestion tripartite. Une communication fluide avec la création d'une synergie entre les différents partenaires de l'équipe projet. » Participant 02

Contributions : Cette étude exploratoire propose des recommandations aux praticiens pour conduire des projets d'IL dans le contexte de la formation professionnelle. A notre connaissance, très peu d'études se concentrent sur l'impact et l'implémentation de ces projets disruptifs dans les pratiques des organismes de formation (Dengel et al., 2021 ; Lee et al., 2021). Ces études portent principalement sur le développement de ces TI (Al-Gindy et al., 2020 ; Fleury et al., 2023), l'implémentation des technologies éducatives au sens large (Alhogail et Mirza., 2011), et leurs appropriations par les équipes pédagogiques (Abd Majid et Mohd Shamsudin, 2019 ; Burgan, 1994 ; Manis et Choi, 2019). Anticiper les changements provoqués par l'IL, les résistances qu'elles provoquent, les étapes nécessaires pour les implémenter, et leurs facteurs critiques, aiguilleraient les praticiens à intégrer efficacement ces TI dans les pratiques pédagogiques existantes. Dans ce sens, cette étude propose les fondements d'un process en 6 étapes pour mettre en œuvre ces projets. Certaines d'entre elles concordent avec les travaux antérieurs sur la gestion de projet relatifs au CO et aux technologies éducatives (e.g., préparation, cadrage, accompagnement ; PMBOK guide, 2013 ; Hasibuan et Dantes, 2012 ; Hornstein, 2015). D'autres sont davantage spécifiques à l'IL telles

que la cartographie des compétences à virtualiser ou l'évaluation de l'efficacité de ces dispositifs auprès des apprenants. Au niveau académique, ces résultats posent une première grille de lecture afin de lister par étapes les facteurs critiques qui leurs sont afférents. De futurs travaux permettraient de comparer l'impact de ces facteurs sur la réussite, ou l'échec, de ce type de projet (Jacquemont et al., 2015). Enfin, cette étude propose une méthodologie originale afin d'analyser des corpus de texte, d'en faire ressortir leurs thématiques principales, et de limiter l'interprétation des chercheurs.

Limites : La conduite d'entretiens fournit des informations précieuses lors de l'exploration de sujets novateurs telle que la réalité virtuelle en formation. Néanmoins, leurs conduites, leurs traitements, ainsi que leurs interprétations demandent du temps, sont difficilement généralisables en dehors de son terrain d'étude, et sont sujets à l'erreur humaine (Korstjens et Moser, 2017). L'utilisation de logiciels d'analyses textuels comme Iramuteq ou Alceste permettent d'amoindrir certaines de ces limites tout en assurant une qualité dans les interprétations fournies. Toutefois, il semble pertinent de développer des logiciels complémentaires regroupant l'ensemble du processus spécifiques aux méthodes qualitatives (e.g., retranscription, analyses). L'essor de l'intelligence artificielle est prometteur et mérite une attention particulière de la communauté scientifique pour simplifier la conduite de ces études (Longo, 2019). Spécifique à notre sujet d'étude, il semble bon de souligner que la diversité des profils interviewés ne garantit pas d'obtenir une vision holistique dans la conduite de chacun de ces projets. Pourtant, se focaliser sur les pilotes et chefs de projets risquerait de perdre des informations sur des interventions situées en dehors de leurs champs d'action. Comme réalisée par Gerwing (2016), une solution serait de récolter des données sur l'ensemble des acteurs du changement d'un même projet, et de dupliquer ce protocole pour chaque projet analysé (e.g., pilote de projet, chef de projet, opérationnel). Enfin, utiliser les mêmes retranscriptions entre nos deux premières études pour construire nos corpus peut amener à des redondances entre nos différentes analyses même si elles renforcent la validité des thématiques décrites (e.g., l'appropriation des formateurs, le soutien des centres de formation).

Chapitre 7 : Etude 3 – Les prédicteurs à l'acceptation de l'Immersive Learning par les formateurs

1. Objectifs et Questions de recherche

Les formateurs possèdent un rôle central lors de l'implémentation des Technologies Immersives (TI) dans les pratiques d'un organisme de formation. Ils ne sont certes pas le changement, ils ne le conduisent pas non plus, mais ils sont les garants de sa mise en place. Cibler les facteurs déterminant à l'acceptation de l'Immersive Learning (IL) par les formateurs permettrait de faciliter cette transformation pédagogique. Dans ce sens, les modèles de David et al. (1989), et son évolution par Venkatesh et al. (2012), ont souligné le pouvoir prédictif de l'utilité, de la facilité d'utilisation, de la motivation, de l'influence sociale, du soutien, et de l'anxiété à l'intention d'utiliser une technologie. Le modèle du TPACK et de son facteur général, développé par Mishra et Koelher (2006), désigne les connaissances nécessaires aux formateurs pour intégrer une technologie éducative dans leurs pratiques pédagogiques. Plusieurs études ont fait la passerelle entre le facteur général du TPACK, du TAM, et de l'UTAUT2, en ont fait ressortir l'importance du sentiment d'auto-efficacité et de l'anxiété, et l'ont appliqué aux TI (Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; An et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2016 ; Joo et al., 2018 ; Kazakou et Koutromanos, 2023 ; Thohir et al., 2023). Dans les continuités de ces travaux, cette étude quantitative et exploratoire tend à répliquer leurs résultats auprès d'une population de formateur français expérimentés. Nous formulons ainsi les hypothèses suivantes tandis que la figure 30 précise la structure factorielle attendue de notre modèle :

- **H1.** L'influence sociale impacte positivement l'Utilité Perçue
- **H2.** L'influence sociale impacte positivement la Facilité d'Utilisation
- **H3.** L'influence sociale impacte positivement l'Auto-Efficacité
- **H4.** L'influence sociale impacte négativement l'Anxiété
- **H5.** Le facteur général du TPACK impacte positivement l'Utilité Perçue
- **H6.** Le facteur général du TPACK impacte positivement la Facilité d'Utilisation
- **H7.** Le facteur général du TPACK impacte positivement l'Auto-Efficacité
- **H8.** Le facteur général du TPACK impacte négativement l'Anxiété
- **H9.** Les conditions facilitantes impactent positivement l'Utilité Perçue
- **H10.** Les conditions facilitantes impactent positivement la Facilité d'Utilisation
- **H11.** Les conditions facilitantes impactent positivement l'Auto-Efficacité
- **H12.** Les conditions facilitantes impactent négativement l'Anxiété

- **H13.** L'Utilité Perçue impacte positivement l'Intention d'Utilisation
- **H14.** La Facilité d'Utilisation impacte positivement l'Intention d'Utilisation
- **H15.** L'Auto-Efficacité impacte positivement l'Intention d'Utilisation
- **H16.** L'Anxiété impacte négativement l'Intention d'Utilisation
- **H17.** La Motivation impacte positivement l'Intention d'Utilisation

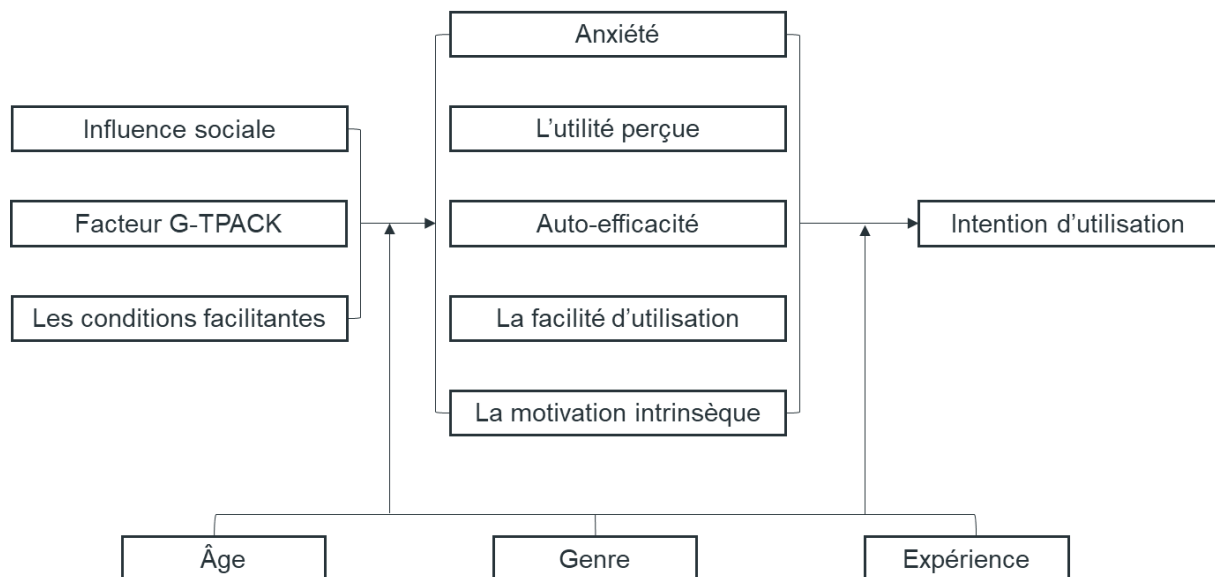


Figure 30. Modèle supposé de l'acceptation des formateurs de l'Immersion Learning.

Cette étude consiste en la passation d'un questionnaire auprès de 155 formateurs français en activité. Pour répondre à nos hypothèses de recherche, nous avons réalisé des analyses factorielles exploratoire (AFE) et confirmatoire (AFC), complétées d'un modèle d'équation structurelle (MES). L'intérêt d'utiliser ces méthodes d'analyse de données dans notre étude est triple. Le premier est de s'assurer des qualités psychométriques de notre échelle de mesure. Le deuxième est d'obtenir une capture mentale des facteurs rattachés à l'utilisation de la réalité virtuelle comme outil pédagogique. Le troisième est de préciser la relation que ces facteurs possèdent entre eux (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). A travers ces analyses, nous nous attendons ainsi à identifier la structure factorielle associée à l'acceptation de l'IL. Ces résultats préliminaires serviront également à fournir les fondements préliminaires au développement d'une échelle de mesure adaptée à une population de formateur français en activité.

2. Méthode

Participants : Cette étude pilote a été diffusée de février à septembre 2023 auprès de 263 participants par mail, papiers, et sur les réseaux sociaux (i.e., Facebook ^{et/ou} LinkedIn). Une stratégie d'échantillonnage raisonnée et en boule-de-neige a permis de cibler notre population et de diffuser le questionnaire en ligne avec plus de simplicité (Meadows, 2003). Pour être inclus dans cet échantillon de convenance, les répondants devaient avoir complété le questionnaire, être formateur ou équivalent depuis au moins un an, et avoir au moins 6 mois d'expérience professionnelle sur leur poste actuel. 155 formateurs (60% Hommes, 56% Femmes, 6% Autres ; *M* âge : 46.2, *ET* âge : 8.6) respectant ces critères ont été conservés pour nos analyses. Ils ont en moyenne 8 ans d'expérience sur leur poste actuel (*ET* : 8.03) et de 12.4 ans d'expérience dans le secteur de la formation, ou affilié (*ET* : 9.9). Les disciplines d'enseignement de notre échantillon sont variées et n'indiquent pas la prédominance d'une discipline par rapport à une autre (cf., Tableau 8). La moitié de notre échantillon n'a jamais eu d'expérience professionnelle, ou personnelle, impliquant l'utilisation d'un dispositif de réalité virtuelle.

Tableau 8. *Fréquences des disciplines enseignées par les participants.*

Disciplines Enseignées	n	%	% Cumulés
Transport & Logistique	16	10.3 %	10.3 %
BTP	14	9.0 %	19.3 %
Secourisme	13	8.4 %	27.7 %
Economie & Gestion	12	7.7 %	35.4 %
Systèmes informatiques & numériques	12	7.7 %	43.1 %
Education & Enseignement	11	7.1 %	50.2 %
Santé	10	6.5 %	56.7 %
Aéronautique	8	5.3 %	62.0 %
Maintenance	7	4.5 %	66.5 %
Electrique & électrotechnique	7	4.5 %	71.0 %
Mathématiques & Sciences	7	4.5 %	75.5 %
Lettres & Histoire	7	4.5 %	80.0 %
Hôtellerie & Restauration	6	3.9 %	83.9 %
Autre	5	3.3 %	87.2 %
Sécurité	4	2.6 %	89.8 %
Ingénierie	4	2.6 %	92.4 %
Industrie	3	1.9 %	94.3 %
Métiers d'arts	3	1.9 %	96.2 %
Sport	3	1.9 %	98.1 %
Social	3	1.9 %	100.0 %

Matériel :

Logiciels : Le logiciel Qualtrics a été utilisé pour transmettre le questionnaire en ligne. Les packages Seolmatrix et SEM ont été ajoutés au logiciel Jamovi (version 2.4.8) pour analyser l'ensemble de nos données. Ces logiciels sont conformes aux directives données par la CNIL française concernant le RGPD et cette étude est validée par le comité d'éthique de l'Université Paris Cité (N° 2022-93-JORHAN-SAKDAVONG-CABON). L'ensemble de nos données et de leurs résultats peuvent être consultés dans ce dépôt OSF⁹.

Questionnaire : Il comprend trois parties présentées dans cet ordre : la description de l'étude avec la récolte du consentement (1), l'échelle de mesure de nos variables (2 ; e.g., motivation, TPACK), et les informations démographiques (3 ; e.g., âge, genre). La présentation des items est aléatoire et leurs modalités de réponse utilisent une échelle de Lickert en 5 points allant de "*Pas du tout d'accord*" (1) à "*Tout à fait d'accord*" (5). En collaboration avec un chercheur spécialisé dans l'apprentissage et les TI, nous avons développé cette échelle de mesure. En s'inspirant des travaux de Pagé et al. (2023), les items ont été séparément sélectionnés, traduits, et adaptés au thème de cette étude. En concertation, les chercheurs ont alors fusionné leurs productions pour obtenir un total de 37 items. Le tableau 9 les présente avec leurs codages, la définition de leurs variables d'appartenance, les alphas de Cronbach d'origine, et leurs références bibliographiques principales. Les questions sur les informations démographiques ainsi que la notice d'information sont accessibles en annexes (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes).

⁹ https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Analyse de donnée : Dans la continuité des travaux antérieurs (An et al., 2023 ; Joo et al., 2018 ; Liaw et al., 2013 ; Thohir et al., 2023), nous avons appliqué quatre étapes d'analyse successives : une analyse descriptive (1), une analyse factorielle exploratoire (2 ; AFE), une analyse factorielle confirmatoire (3 ; AFC), et un modèle d'équation structurelle (4 ; MES). La combinaison de ces méthodes de statistiques inférentielles sont généralement utilisés en sciences humaines et sociale lors de la construction de questionnaires psychométriques et la compréhension de processus psychologiques. Ces méthodes regroupent des questions (i.e., items) en fonction de leurs variances communes et les rattachent à un concept théorique spécifique (i.e., variable latente ; e.g., Facilité d'Utilisation avec FU-1, FU-2, et FU-3). L'ensemble de ces concepts sont expliqués dans un modèle prédictif où la nature de leurs relations est précisée. Les trois premières étapes s'assurent que notre échelle de mesure soit sensible, valide, et fiable. C'est-à-dire qu'elle évalue avec finesse et constance ce qu'elle est censée mesurer, et non quelque chose d'autre. La dernière étape détermine, quant à elle, la nature et la force des relations entre nos variables (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). La description des indicateurs statistiques utilisés ainsi que de leurs seuils d'interprétations sont fournis conjointement aux résultats afin d'en faciliter leurs compréhensions.

Tableau 9. Description des échelles utilisées pour mesurer l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.

Variables	Définition	α	Code	Items	Références
Intention d'Utilisation (IU)	L'intention d'utiliser la réalité virtuelle dans un cours	0,91	IU-1	J'ai l'intention d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours	Thohir et al (2023)
			IU-2	Je prévois d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours	
			IU-3	Je ne compte pas utiliser la réalité virtuelle dans mon cours	
Facilité d'Utilisation (FU)	La difficulté de prise en main de la réalité virtuelle	0,9	FU-1	Je peux former facilement avec la réalité virtuelle	Thohir et al (2023)
			FU-2	La réalité virtuelle est difficile à prendre en main	
			FU-3	Apprendre à utiliser la réalité virtuelle est simple	
Utilité Perçue (UE)	L'intérêt d'utiliser la réalité virtuelle dans un cours	0,95	UP-1	La réalité virtuelle est utile en formation	Thohir et al (2023)
			UP-2	La réalité virtuelle rend mes élèves plus motivés	
			UP-3	La réalité virtuelle améliore l'apprentissage	
			UP-4	La réalité virtuelle rend mon cours plus intéressant	
Auto-Efficacité (AE)	La confiance à utiliser efficacement la réalité virtuelle dans un cours	0,91	AE-1	Je pense réussir à bien faire mes cours avec la réalité virtuelle	Liaw et al (2013)
			AE-2	Je me sens confiant à l'idée de former avec la réalité virtuelle	
			AE-3	Je me sens capable de faire de bonnes formations avec la réalité virtuelle	
Conditions facilitantes (S)	L'aide donné au formateur pour faciliter son utilisation de la réalité virtuelle	0,86	S-1	Je peux utiliser la réalité virtuelle en autonomie	Thohir et al (2023)
			S-2	Je peux être aidé si je rencontre des problèmes avec la réalité virtuelle	
			S-3	On me donne le temps de maîtriser la réalité virtuelle avant de faire mon cours	
			S-4	La réalité virtuelle est compatible avec ma pratique	

Influence Sociale (IS)	Influences externes incitant le formateur à utiliser la réalité virtuelle	0,91	IS-1	Mes responsables s'attendent à ce que j'utilise la réalité virtuelle	Monteiro et al (2022)
			IS-2	Mon institution a appuyé l'utilisation de la réalité virtuelle	
			IS-3	Mes collègues pensent que je devrais utiliser la réalité virtuelle dans mon travail	
			IS-4	Mes collègues sont contres l'utilisation de la réalité virtuelle en classe	
			IS-5	Je suis d'accord pour utiliser la réalité virtuelle dans mon cours	
			IS-6	L'utilisation de la réalité virtuelle n'est pas obligatoire dans mon travail	
Anxiété (A)	Craintes à utiliser la réalité virtuelle dans un cours	.86	A-1	Je suis anxieux à l'idée d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours	Cabrera-Sánchez et al (2020)
			A-2	L'idée de mal utiliser la réalité virtuelle m'inquiète	
			A-3	J'ai peur de perdre le caractère sérieux de mes cours en utilisant la réalité virtuelle	
			A-4	J'ai peur de ne plus maîtriser le déroulé de mon cours en utilisant la réalité virtuelle	
			A-5	J'ai peur qu'un apprenant se blesse en utilisant la réalité virtuelle	
			A-6	J'ai peur à l'idée de mal utiliser la réalité virtuelle en classe	
			A-7	J'ai peur de perdre l'attention de mes élèves en utilisant la réalité virtuelle en classe	
Motivation (M)	L'engouement à utiliser la réalité virtuelle dans un cours	0,92	M-1	Former avec la réalité virtuelle est une bonne idée	Monteiro et al (2022)
			M-2	Travailler avec la réalité virtuelle en formation est amusant	
			M-3	J'aime travailler avec la RV en formation	
TPACK (TPACK)	Les connaissances pour intégrer pédagogiquement la réalité virtuelle dans un cours	.97	T-1	Je sais accompagner un élève à maîtriser mon cours avec la réalité virtuelle	An et al (2023)
			T-2	Je peux intégrer des exercices en réalité virtuelle à mon cours	
			T-3	Je sais construire des parcours individualisés pour mes élèves en utilisant la réalité virtuelle	
			T-4	Je sais adapter mon utilisation de la réalité virtuelle aux particularités de mon cours	

3. Résultats

a. Analyses descriptives

Une analyse descriptive a été conduite afin de s'assurer que les items de notre échelle soient sensibles, suivent une distribution à minima normale, et conviennent à une analyse factorielle. A cette fin, les moyennes de nos items devaient être incluses entre 2 et 4, la répartition des modalités de réponse de nos items ne devait pas excéder un ratio de distribution de 30-70% par rapport à 3, l'allure de nos histogrammes devaient ressembler à une courbe Gaussienne, le Skewness devaient être inclus en -1 et $+1$, et le Kurtosis entre -2 et $+2$ (An et al., 2023 ; Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020 ; Noar, 2003 ; Shi et al., 2021). Les items UP1, M1, M2, IS5, et IS6 ne respectant pas ces critères arbitraires, ils ont été exclus des analyses suivantes. Le tableau 10 présente les principaux résultats. Les histogrammes et les tableaux de fréquence de nos items sont accessibles dans ce répertoire OSF¹⁰.

Nous avons ensuite observé la matrice de corrélation de nos items. Pour être conservé, un item devait corrélérer davantage avec les items rattachés à sa variable latente plutôt qu'avec les autres items du questionnaire (An et al., 2023 ; Hair et al., 2009 ; Joo et al., 2018 ; Navarro et al., 2020). Par exemple, les items S1, S2, S3, et S4, correspondant à la variable latente Conditions Facilitantes, devaient posséder des corrélations plus fortes entre eux qu'avec le reste des items du questionnaire. L'item M3 ne fut donc pas inclus dans la matrice de corrélation car il était le dernier item de la variable latente Motivation. Avec ce critère, les items FU1, S4, et IS4 ont également été exclus, nous laissant avec 28 items. La figure 31 présente une matrice de corrélation simplifiée où seules les corrélations significatives dépassant les .20 sont présentées. Les corrélations sont colorées en fonction de la force de leurs relations : faibles en verte ($>,20$), modérées en orange ($>,40$), et forte en rouge ($>,70$; Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). Toutes les corrélations présentées dans cette matrice sont significatives avec un seuil allant de .05 à .001. La matrice de corrélation complète figure en annexes ou est accessible dans ce répertoire OSF¹¹ (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes).

¹⁰ https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

¹¹ https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Tableau 10. *Statistiques descriptives des items de l'étude 3.*

Items	N	M	ET	Ratio	Skewness	Kurtosis
UP-1	155	3.77	0.94	20-80	-0.66	0.64
UP-2	155	3.57	0.93	30-70	-0.64	0.69
UP-3	155	3.50	0.94	30-70	-0.38	0.20
UP-4	155	3.44	0.96	30-70	-0.58	0.42
FU-1	155	3.04	0.94	50-50	-0.22	0.13
FU-2	155	3.01	0.91	50-50	-0.17	-0.01
FU-3	155	3.05	0.91	50-50	0.07	0.21
M-1	155	3.85	0.93	20-80	-0.87	1.10
M-2	155	3.71	0.91	20-80	-0.69	0.88
M-3	155	3.38	0.96	30-70	-0.24	0.46
IS-1	155	3.25	1.04	40-60	-0.19	-0.07
IS-2	155	3.23	1.08	40-60	-0.21	-0.23
IS-3	155	2.85	0.88	50-50	-0.34	0.73
IS-4	155	2.81	0.85	60-40	-0.12	1.06
IS-5	155	3.90	0.99	20-80	-1.04	1.15
IS-6	155	3.94	0.94	20-80	-0.83	0.57
S-1	155	3.31	1.13	40-60	-0.28	-0.68
S-2	155	3.21	1.09	40-60	-0.28	-0.36
S-3	155	3.14	1.12	40-60	-0.26	-0.48
S-4	155	3.61	1.16	30-70	-0.73	-0.26
A-1	155	2.33	1.11	70-30	0.40	-0.63
A-2	155	2.61	1.15	60-40	0.09	-1.03
A-3	155	2.21	1.02	70-30	0.61	-0.41
A-4	155	2.35	1.09	70-30	0.43	-0.65
A-5	155	2.25	1.07	70-30	0.52	-0.47
A-6	155	2.61	1.18	60-40	0.29	-0.90
A-7	155	2.66	1.19	60-40	0.31	-0.86
IU-1	155	3.59	1.13	30-70	-0.58	-0.3
IU-2	155	3.46	1.19	30-70	-0.47	-0.59
IU-3	155	2.38	1.16	70-30	0.64	-0.26
AE-1	155	3.40	1.03	30-70	-0.43	-0.19
AE-2	155	3.54	1.03	30-70	-0.60	-0.05
AE-3	155	3.55	1.02	30-70	-0.47	0.03
T-1	155	2.89	1.17	50-50	-0.05	-0.69
T-2	155	3.40	1.14	30-70	-0.52	-0.40
T-3	155	2.77	1.13	60-40	0.18	-0.49
T-4	155	3.05	1.12	50-50	-0.27	-0.65

Items	UP-2	UP-3	UP-4	FU-4	FU-2	FU-3	IS-4	IS-2	IS-3	IS-4	S-1	S-2	S-3	S-4	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	IU-1	IU-2	IU-3	AE-1	AE-2	AE-3	T-1	T-2	T-3	T-4
UP-2	—																														
UP-3	0.64	—																													
UP-4	0.64	0.65	—																												
FU-1	0.36	0.47	0.41	—																											
FU-2				-0.23	—																										
FU-3				0.30	0.31	—																									
IS-1	0.22	0.24	0.37	0.31			—																								
IS-2			0.22	0.37			0.67	—																							
IS-3		0.25	0.27	0.33			0.38	0.48	—																						
IS-4								-0.21	-0.26	—																					
S-1			0.25	0.31		0.30	0.22	0.21		—																					
S-2			0.22	0.48	-0.29	0.25	0.26	0.39	0.41	-0.21	0.45	—																			
S-3				0.36		0.22	0.28	0.46	0.34	-0.20	0.32	0.61	—																		
S-4	0.4	0.57	0.48	0.45			0.26	0.23	0.23	-0.20	0.22	0.22		—																	
A-1					0.38	-0.28				-0.31	-0.22				—																
A-2				0.35	-0.26				0.23	-0.25					0.66	—															
A-3	-0.29	-0.38	-0.34	-0.29	0.29		-0.23	-0.21		0.26					0.42	0.39	—														
A-4	-0.30	-0.34	-0.34	-0.34	0.31	-0.21	-0.28	-0.23			-0.35			-0.32	0.44	0.45	0.67	—													
A-5					0.25										0.40	0.38	0.23	0.46	—												
A-6					0.31						-0.26	-0.22			0.71	0.81	0.38	0.46	0.37	—											
A-7	-0.35	-0.41	-0.35	-0.26	0.24	-0.22								-0.29	0.35	0.33	0.63	0.77	0.35	0.39	—										
IU-1	0.39	0.51	0.57	0.48			0.49	0.38	0.28		0.31	0.28	0.22	0.56							-0.33	—									
IU-2	0.34	0.53	0.53	0.47			0.47	0.42	0.33		0.24	0.24	0.26	0.55							-0.34	0.842	—								
IU-3	-0.37	-0.50	-0.53	-0.33			-0.33	-0.26		-0.26	-0.22			-0.53	0.25	0.23	0.40	0.48	0.24	0.39	-0.32	-0.70	-0.74	—							
AE-1	0.34	0.49	0.47	0.47	-0.267	0.25	0.23		0.22		0.31	0.31		0.47	-0.23	-0.24	-0.30	-0.38	-0.21	-0.32	-0.32	0.57	0.59	-0.53	—						
AE-2	0.40	0.53	0.49	0.49	-0.343	0.27	0.30	0.27	0.20		0.45	0.36		0.51	-0.31	-0.32	-0.38	-0.48	-0.31	-0.40	0.56	0.62	0.62	-0.57	0.77	—					
AE-3	0.25	0.41	0.33	0.44							0.32	0.34	0.22	0.35	-0.25	-0.33	-0.23	-0.28	-0.30		-0.21	0.41	0.46	-0.44	0.62	0.69	—				
T-1	0.21	0.28	0.29	0.44		0.30					0.50	0.39	0.22	0.32	-0.21							0.22	0.30	-0.26	0.35	0.43	0.345	—			
T-2		0.24	0.21	0.37							0.41	0.38	0.22	0.24			-0.21	-0.30	-0.30			0.23	0.27	-0.27	0.33	0.33	0.393	0.70	—		
T-3		0.21		0.43							0.36	0.32	0.20					-0.25	-0.25			0.23	0.23	-0.27	0.33	0.37	0.42	0.74	0.85	—	
T-4		0.30	0.27	0.42							0.38	0.41			0.32	-0.28	-0.20	-0.21	-0.31			0.24	0.33	-0.29	0.40	0.42	0.46	0.83	0.71	0.79	—

Figure 31. Matrice de corrélation des items de l'étude 3.

b. Analyse Factorielle Exploratoire

Une méthode d'extraction par axe principal avec une rotation oblique de type promax a été employée pour réaliser l'AFE. Cette méthode est utile pour s'adapter à la taille de notre échantillon et aux corrélations attendues entre nos facteurs (De Winter et Dodou, 2012 ; Hair et al., 2009 ; Kyriazos et Poga-Kyriazou, 2023 ; Navarro et al., 2020). Une analyse en parallèle de Horn nous a permis de déterminer le nombre de dimensions de notre structure factorielle en se basant sur un jeu de données généré aléatoirement (Green et al., 2015 ; Ledesma et Valero-Mora, 2019). La significativité du test de sphéricité de Bartlett et la haute valeur du test d'adéquation de l'échantillonnage indiquent que nos données sont propices à la réalisation d'une AFE, respectivement ($\chi^2(120) = 1764$, $p < .001$) et $KMO = .88$ ($MSA > .80$). L'AFE met en lumière une solution factorielle finale en 5 dimensions expliquant de manière homogène 72.9% de la variance : le TPACK (18.7%), l'Intention d'Utilisation (14.4%), l'Anxiété (13.8%), l'Auto-Efficacité (11.9%), et l'Utilité Perçue (11.2%). Les 16 items conservés possèdent des saturations allant de .68 à .97, neaturent pas sur plusieurs facteurs au-delà de .30, et possèdent des unicités allant de .13 à .46. De fortes corrélations inter-facteurs sont observables indiquant que nos facteurs sont liés mais pas identiques. Toutes les corrélations présentées dans le tableau 11 sont significatives et allant de $p < .05$ à $p < .001$. Pour obtenir cette solution factorielle, nous avons exclu par itération les items avec des saturations inférieures à .60, des unicités supérieures à .50, des saturations à plus de .30 sur deux facteurs, et un MSA avec plus de .10 points de différence en dessous du KMO actuel (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). De cette manière, les items des variables latentes Facilité d'Utilisation, Influence Sociale, Conditions Facilitantes, ainsi que 4 items d'Anxiété (i.e., A-1, A-2, A-5, et A-6) ont été retirées de cette analyse et exclues des suivantes (i.e., CFA et MES). Le tableau 12 présente les résultats de l'AFE et sa solution factorielle conservée. Les résultats initiaux de l'AFE sont accessibles en annexes ou dans ce répertoire OSF¹² (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes).

¹² https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Tableau 11. *Corrélations inter-facteurs de l'étude 3.*

Facteurs	1	2	3	4	5
TPACK	—	.32	-.28	.52	.27
IU		—	-.52	.68	.63
A			—	-.45	-.50
AE				—	.55
UP					—

Tableau 12. Résultats de l'AFE de l'étude 3 sur la contribution des facteurs.

Items	Facteurs					Unicité	MSA	Variance
	1	2	3	4	5			
T-1	.91					.20	.84	18.7%
T-2	.77					.39	.90	
T-3	.84					.27	.88	
T-4	.91					.14	.85	
IU-1		.94				.18	.87	15.4%
IU-2		.97				.13	.86	
IU-3		-.68				.35	.94	
A-3			.71			.45	.90	13.8%
A-4			.94			.15	.81	
A-7			.89			.25	.80	
AE-1				.74		.31	.93	13.1%
AE-2				.84		.17	.89	
AE-3				.82		.37	.89	
UP-2					.92	.32	.85	11.9%
UP-3					.69	.34	.89	
UP-4					.70	.33	.92	

c. Analyse Factorielle Confirmatoire

Avant d'examiner la nature des relations entre les variables latentes identifiées dans notre AFE, une AFC a été conduite pour confirmer la validité de notre échelle (i.e., TPACK, IU, A, AE, et UP). Une méthode d'estimation par les Moindres Carrés Ordinaires avec une rotation oblique de type geomin a été utilisé pour que nos indices d'ajustement du modèle soient moins impactés par la faible taille de l'échantillon (Kyriazos et Poga-Kyriazou, 2023). Le test d'ajustement absolu du Chi² ($\chi^2(94) = 104$, $p = .23$) ainsi que les autres indices d'ajustement indiquent une bonne adéquation du modèle proposé à nos données : CFI = .96 (> .90), TLI = .94 (> .90), RMSEA = 0.03 (< .08 ; IC90% : .00, .05, $p = .93$), $\chi^2/ddf = 1.11$ (< 5 ; Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020 ; Peterson et al., 2020). L'Alpha de Cronbach à .91 indique une bonne cohérence interne de l'ensemble des items de l'échelle. La validité convergente de notre échelle est validée quand la saturation standardisée de nos items sur leur facteur d'appartenance dépasse les .70, la liaison entre l'item et sa variable latente est significative, l'AVE de chaque facteur est supérieure à .50, la fiabilité de construit (i.e., CR) est supérieure à .70, et l'Alpha de Cronbach par facteur est supérieur à .80. La validité discriminante est confirmée si les corrélations inter-facteurs sont inférieures à .80 et si l'AVE d'un facteur est supérieure au carré de chacune des corrélations qu'il partage avec les autres facteurs (An et al., 2023 ; Hair et al., 2009 ; Joo et al., 2018 ; Navarro et al., 2020). L'ensemble de ces critères sont validés et les résultats figurent dans les tableaux 13 et 14. Les indicateurs additionnels concernant le modèle utilisé, la contribution des items aux facteurs, la covariance des items et des facteurs, et la matrice de corrélation des résidus sont accessibles en annexes ou dans ce répertoire OSF¹³ (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes).

Tableau 13. *Variance expliquée des facteurs (diagonale), covariance des facteurs (triangle supérieur), et corrélation inter-facteurs mis au carré (triangle inférieur).*

Facteurs	1	2	3	4	5
TPACK	.80	.25	-.23	.35	.29
IU	.10	.71	-.29	.50	.44
A	.08	.27	.45	-.28	-.23
AE	.27	.46	.20	.65	.40
UP	.07	.40	.25	.30	.52

¹³ https://osf.io/dmxrg/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Tableau 14. Résultats de l'AFC de l'étude 3 sur la contribution des facteurs.

Items	Facteurs					AVE	α	CR	R ²
	1	2	3	4	5				
T-1	.92					.76	.92	.98	.84
T-2	.77								.60
T-3	.84								.71
T-4	.92								.85
IU-1		.90				.79	.91	.98	.81
IU-2		.94							.88
IU-3		.82							.67
A-3			.72			.71	.87	.96	.52
A-4			.95						.90
A-7			.85						.72
AE-1				.83		.73	.87	.97	.60
AE-2				.94					.87
AE-3				.77					.59
UP-2					.78	.67	.85	.96	.60
UP-3					.85				.73
UP-4					.82				.68

Nous avons ensuite conduit successivement deux analyses corrélationnelles afin de vérifier que nos variables démographiques n'impactent pas la variance des facteurs conservés de cette échelle et leurs liaisons (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). La première est une matrice de corrélation afin d'observer les liaisons entre nos variables démographiques et les facteurs conservés lors de nos analyses factorielles exploratoire et confirmatoire. Les variables démographiques analysées sont l'âge, le genre, l'expérience personnelle avec la réalité virtuelle, l'expérience professionnelle avec la réalité virtuelle, l'expérience sur le poste, et l'expérience sur le métier. La deuxième est une matrice de corrélation partielle entre les facteurs conservés lors de nos analyses factorielles exploratoire et confirmatoire en maintenant constant les variables démographiques décrites précédemment. La première analyse corrélacionnelle montre que la majorité de nos variables démographiques ne présentent pas de corrélations avec nos facteurs. Quand elles existent, elles sont faibles et ne dépassent pas les .30. La deuxième analyse corrélacionnelle montre que la significativité et la force de la relation entre nos facteurs ne sont pas impactées quand nos variables démographiques sont maintenues constantes. Afin de conserver une certaine parcimonie dans l'élaboration de nos MES et de s'adapter à la taille de notre échantillon, nous avons choisi ne pas inclure ces variables démographiques dans les analyses suivantes. Le tableau 15 présente les corrélations partielles inter-facteurs en maintenant constants nos variables démographiques. La matrice de corrélation entre nos facteurs et nos variables démographiques est accessible en annexes ou dans ce répertoire OSF¹⁴ (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes).

Tableau 15. *Corrélations partielles inter-facteurs de l'étude 3.*

Facteurs	1	2	3	4	5
TPACK	—				
IU	.23	—			
A	-.21	-.38	—		
AE	.42	.59	-.38	—	
UP	.23	.52	-.40	.47	—

Note. Corrélations partielles en contrôlant, l'âge, le genre, l'expérience métier, l'expérience sur le poste, l'expérience professionnelle et personnelle avec la réalité virtuelle.

¹⁴ https://osf.io/dmxrg/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

d. Modèle d'Equation Structurale

Analyse Principale : Pour les mêmes raisons que l'AFC, une méthode d'estimation par les Moindres Carrés Ordinaires avec une rotation oblique de type geomin a été employée afin de tester le modèle hypothétisé dans cette étude (cf., figure 30). Les variables Facilité d'Utilisation (FU), Influence Sociale (IS), Motivation (M), et Soutien (S) étant exclues lors de nos précédentes analyses, elles ne sont pas incluses dans ce modèle. Les hypothèses H1, H2, H3, H4, H9, H10, H11, H12, H14, et H17 sont donc réfutées d'emblée. Les indices d'ajustement du modèle ressortent mitigés : $\chi^2(98) = 134$, $p = .01$, CFI = .84, TLI = .80, RMSEA = 0.05 (IC90% : .03, .07), $\chi^2/ddf = 1.34$ (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020 ; Peterson et al., 2020). Ces résultats indiquent que la liaison des variables proposées par notre modèle est perfectible. Les indices de modifications suggérés pour améliorer la qualité des indices d'ajustement du modèle ont été appliqués après que la significativité des chemins de régressions hypothésisés dans cette étude ait été examinée. Les indices de modification du premier modèle sont accessibles en annexe (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes). Les indicateurs additionnels des deux modèles réalisés sont accessibles dans ce dépôt OSF¹⁵.

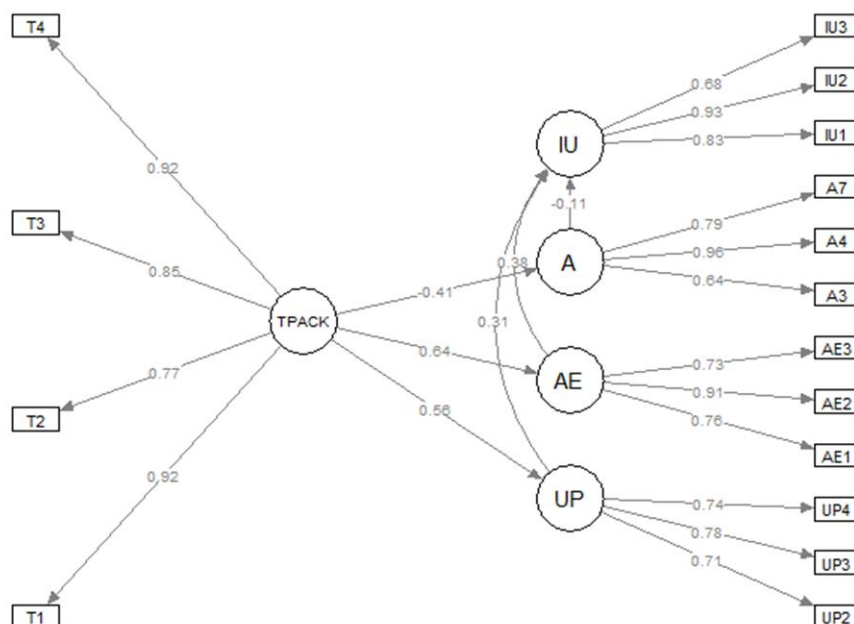


Figure 32. Modèle d'équation structurelle de l'analyse principale de l'étude 3.

¹⁵ https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

Nous avons tout d'abord confirmé si les connaissances nécessaires aux formateurs pour intégrer la réalité virtuelle dans leurs pratiques prédisent leurs perceptions d'auto-efficacité, d'utilité, et d'anxiété à utiliser cette technologie. Ces connaissances possèdent bien un effet direct significatif sur l'auto-efficacité (i.e., TPACK $\Rightarrow$ AE), l'utilité perçue (i.e., TPACK $\Rightarrow$ UP), et l'anxiété (i.e., TPACK $\Rightarrow$ A). Cet effet est positif pour les deux premiers et négatif pour le dernier. Ensuite, nous avons observé si l'intention des formateurs à utiliser la réalité virtuelle dans leurs cours est prédite par leurs perceptions d'auto-efficacité, d'utilité, et d'anxiété (i.e., A $\Rightarrow$ IU). L'auto-efficacité (i.e., AE $\Rightarrow$ IU) et l'utilité perçue (i.e., UP $\Rightarrow$ IU) possèdent bien un effet direct positif à l'intention des formateurs d'utiliser la réalité virtuelle dans leurs cours. Néanmoins, l'anxiété ne possède pas d'effet direct à l'intention des formateurs d'utiliser la réalité virtuelle. Enfin, nous avons vérifié la significativité des effets indirects de ces trois différents chemins de régression (i.e., TPACK $\Rightarrow$ AE $\Rightarrow$ IU, TPACK $\Rightarrow$ UP $\Rightarrow$ IU, et TPACK $\Rightarrow$ A $\Rightarrow$ IU). Ils ressortent significatifs à l'exception de celui impliquant l'anxiété. L'hypothèse H16 est donc réfutée. Ces résultats indiquent que les capacités des formateurs à intégrer la réalité virtuelle dans leurs pratiques prédisent leurs sentiments d'auto-efficacité, d'utilité, et d'anxiété à utiliser cette technologie. Cependant, seuls les sentiments d'auto-efficacité et d'utilité prédisent l'intention des formateurs d'utiliser la réalité virtuelle dans leurs cours. De cette manière les hypothèses H5, H7, H8, H13, et H15 sont validées. Les résultats sont présentés dans le tableau 16 tandis que la figure 32 illustre cette relation entre nos variables.

Tableau 16. Résumé des résultats des chemins de régression de l'analyse principale du modèle d'équation structurelle de l'étude 3.

Chemins de régression	Estimations	SE	95% Intervalle de confiance		β	Z	p	Hypothèses
			Bas	Haut				
TPACK $\Rightarrow$ UP	0.67	0.16	0.35	0.99	0.56	4.13	< .001	H5
TPACK $\Rightarrow$ AE	0.83	0.16	0.52	1.15	0.64	5.22	< .001	H7
TPACK $\Rightarrow$ A	-0.45	0.12	-0.68	-0.22	-0.41	-3.88	< .001	H8
UP $\Rightarrow$ IU	0.32	0.11	0.11	0.54	0.31	2.91	< .01	H13
AE $\Rightarrow$ IU	0.37	0.10	0.17	0.57	0.38	3.69	< .001	H15
A $\Rightarrow$ IU	-0.12	0.10	-0.32	-0.07	-0.11	-1.22	.22	H16
TPACK $\Rightarrow$ UP $\Rightarrow$ IU	0.22	0.09	0.05	0.38	0.17	2.53	< .01	-
TPACK $\Rightarrow$ AE $\Rightarrow$ IU	0.31	0.09	0.13	0.49	0.25	3.31	< .001	-
TPACK $\Rightarrow$ A $\Rightarrow$ IU	0.06	0.05	-0.04	0.15	0.04	1.17	.24	-

Analyse Complémentaire. Afin d'améliorer les indices d'ajustement et de comprendre la nature de la relation reliant l'anxiété avec le reste des variables latentes de notre modèle, nous avons regardé les indices de modifications. L'un des premiers indices proposés pour améliorer notre modèle est que l'auto-efficacité est prédite par l'utilité perçue ($AE \sim UP$: 13.13, EPC = .61) tandis que la première variable exogène proposée pour l'anxiété est également l'auto-efficacité ($AE \sim A$: 01.79, EPC = -.17). Nous avons donc testé trois modifications à notre modèle initial : l'auto-efficacité est prédite par l'utilité perçue (1) et l'anxiété (2), tandis que l'auto-efficacité est l'unique prédicteur de l'intention d'utilisation (3). Le modèle restant inchangé par ailleurs. Les indices d'ajustement s'améliorent et indiquent une adéquation acceptable de notre modèle à nos données. Le test d'ajustement du χ^2 augmente mais reste significatif ($\chi^2(99) = 124$, $p = .5$), le CFI = .89 et le TLI = .86 augmentent, tandis que le RMSEA = .04 (IC90% : .01, .06) et le ratio $\chi^2/ddl = 1.25$ diminuent. Nous avons ensuite examiné la significativité de ces nouveaux chemins de régression. L'ensemble des effets directs et indirects de ce modèle ressortent significatifs. La capacité des formateurs à intégrer la réalité virtuelle dans leurs pratiques prédit l'utilité (i.e., $TPACK \Rightarrow UP$) et l'anxiété (i.e., $TPACK \Rightarrow A$) à utiliser cette technologie dans leurs cours. L'effet direct est positif pour le premier et négatif pour le second. A leur tour, l'utilité perçue (i.e., $UP \Rightarrow AE$) et l'anxiété (i.e., $A \Rightarrow AE$) à utiliser la réalité virtuelle prédisent le sentiment d'auto-efficacité des formateurs. Ces effets directs sont eux aussi positifs pour l'utilité perçue et est négatif pour l'anxiété. Enfin, le sentiment d'auto-efficacité des formateurs lors de l'utilisation de la réalité virtuelle prédit leur intention d'intégrer cette technologie dans leurs pratiques (i.e., $AE \Rightarrow IU$). Les résultats sont présentés dans le tableau 17 tandis que la figure 33 illustre cette relation entre nos variables.

Tableau 17. Résumé des résultats des chemins de régression de l'analyse complémentaire du modèle d'équation structurelle de l'étude 3.

Chemins de régression	Estimations	SE	95% Intervalle de confiance		β	Z	p
			Bas	Haut			
$TPACK \Rightarrow UP$	0.65	0.13	0.39	0.91	0.55	4.91	< .001
$TPACK \Rightarrow A$	-0.50	0.11	-0.72	-0.28	-0.45	-4.43	< .001
$UP \Rightarrow AE$	0.92	0.17	0.59	1.25	0.66	5.47	< .001
$A \Rightarrow AE$	-0.48	0.13	-0.72	-0.24	-0.32	-3.85	< .001
$AE \Rightarrow IU$	0.74	0.12	0.50	0.98	0.78	6.02	< .001
$UP \Rightarrow AE \Rightarrow IU$	0.68	0.13	0.43	0.92	0.51	5.43	< .001
$A \Rightarrow AE \Rightarrow IU$	-0.35	0.09	-0.54	-0.17	-0.25	-3.75	< .001
$TPACK \Rightarrow UP \Rightarrow AE \Rightarrow IU$	0.44	0.11	0.23	0.65	0.28	4.07	< .001
$TPACK \Rightarrow A \Rightarrow AE \Rightarrow IU$	0.18	0.06	0.06	0.30	0.11	2.87	< .01

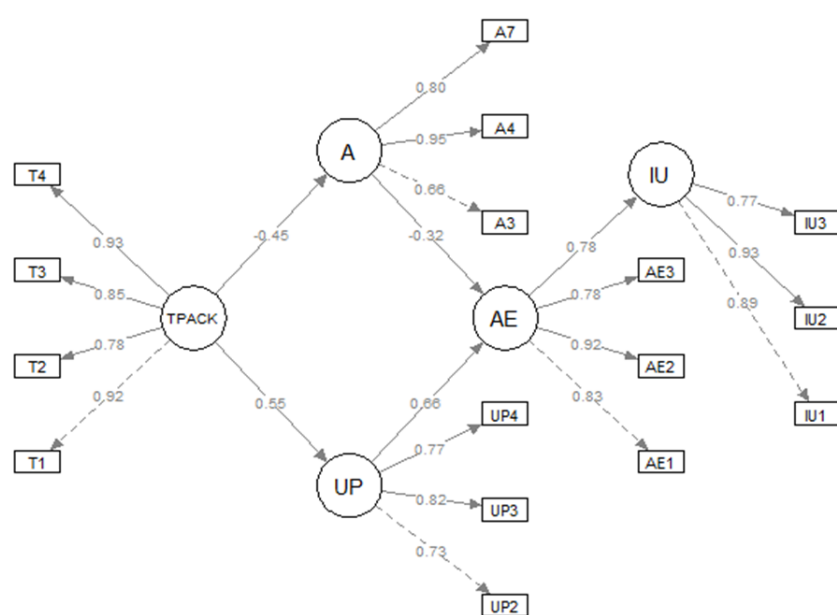


Figure 33. Modèle d'équation structurelle de l'analyse complémentaire de l'étude 3.

4. Synthèse

Cette étude exploratoire vise à observer si les facteurs décrits dans la littérature comme prédicteurs à l'acceptation d'une technologie éducative sont transposables à notre population et à notre sujet d'étude. Dans la continuité de travaux antérieurs, nous avons sélectionné les facteurs rattachés à l'intention d'utilisation, la motivation, l'influence sociale, le soutien, le TPACK, l'auto-efficacité, l'anxiété, l'utilité perçue, et la facilité d'utilisation (Al-Adwan et al., 2024 ; Alfaisal et al., 2024 ; An et al., 2023 ; Jang et al., 2021 ; Joo et al., 2016 ; Joo et al., 2018 ; Kazakou et Koutromanos, 2023 ; Liaw et al., 2013 ; Thohir et al., 2023). Parmi ces facteurs, nos résultats mettent en avant une solution factorielle en 5 dimensions et précisent leurs relations. L'acceptation de la réalité virtuelle comme technologie éducative par les formateurs serait ainsi expliquée par l'intention d'utilisation, l'anxiété, le TPACK, l'utilité perçue, et l'auto-efficacité. Plus précisément, les connaissances nécessaires pour intégrer la réalité virtuelle dans un cours prédiraient l'anxiété, l'utilité, et l'auto-efficacité perçues des formateurs à utiliser cette technologie. L'utilité et l'auto-efficacité prédiraient à leur tour l'intention des formateurs à utiliser la réalité virtuelle dans leurs cours. Contrairement aux travaux de Joo et al. (2016), l'anxiété n'est pas ressortie significative dans l'analyse de ces derniers chemins de régression.

Le rôle que possède l'anxiété dans l'intégration d'une technologie éducative dans les pratiques des formateurs est encore très peu étudié dans la littérature (Henderson et Corry, 2021). Il est ainsi complexe de déterminer précisément avec quelle variable l'anxiété entretient une relation causale. Par exemple, les études d'Agbatogun (2010) et de Chiu (2017) montrent que l'anxiété a un effet négatif sur l'utilité perçue et la facilité d'utilisation. Celle de Joo et al. (2016) avance quant à elle le rôle médiateur de l'anxiété entre l'intention d'utilisation et le TPACK. Afin d'affiner la compréhension de nos données, notre analyse complémentaire suggère qu'avec l'utilité perçue, l'anxiété posséderait un effet direct sur l'auto-efficacité. La confiance des formateurs en leurs performances à utiliser la réalité virtuelle prédirait alors leur intention d'utiliser cette technologie dans leurs cours. Ce chemin de causalité serait en accord avec de précédents résultats montrant que l'anxiété est un prédicteur à l'auto-efficacité (Chen, 2012 ; Howard, 2011 ; Hsiao et al., 2010). Dans notre étude, les items conservés de l'anxiété tendent à se rattacher à la perte de contrôle sur leurs cours et leurs élèves. Si les formateurs estiment ne pas maîtriser cette technologie face à leurs élèves, ils se sentent alors moins efficaces dans son utilisation et préfèrent ne pas l'utiliser. Il semble donc que l'anxiété soit un facteur à prendre en compte dans l'étude de l'acceptation d'une TI et l'élaboration de sa structure factorielle. Néanmoins, il est encore trop tôt pour affirmer quelles relations causales l'anxiété entretient avec le TPACK, l'auto-efficacité, et les autres variables du modèle du TAM ou de l'UTAUT2.

Parmi les variables exclues progressivement de nos analyses, la facilité d'utilisation fut la plus surprenante. Prenant son origine dans le modèle du TAM de Davis (1989), cette variable a démontré à mainte reprise sa pertinence dans l'étude de l'acceptation d'une technologie éducative auprès des enseignants et formateurs (Ali et al., 2024 ; Antonietti et al., 2022 ; Razak et al., 2023 ; Scherer et al., 2019 ; Šumak et al., 2011). Ces résultats, quoique moins nombreux, s'appliquent également sur le concept de l'IL (Alfaisal et al., 2024 ; Jang et al., 2021 ; Thohir et al., 2023). Une première explication à son absence réside dans la taille insuffisante de notre échantillon pour capter sa part de variance lors de nos analyses factorielles. Une seconde résiderait dans la formulation des items de cette variable latente, similaire aux items associés à celle de l'auto-efficacité. Une dernière, et moins probable, serait que la facilité de prise en main d'une technologie n'est pas un facteur indispensable à son acceptation, ou du moins, dans notre échantillon. Dans ce sens, la difficulté de prise en main de la réalité virtuelle ne justifie pas son rejet si elle reste pertinente aux yeux des formateurs et qu'ils se sentent efficace lors de son utilisation (Davis, 1989). De futures passations incluant des items remaniés, et avec un plus grand échantillon, permettraient de répondre à ces suppositions.

Contributions : Cette étude souligne l'importance de 4 variables latentes reliées à l'intention d'utiliser cette technologie : le sentiment d'efficacité, l'utilité perçue, l'anxiété, et le TPACK. En d'autres termes, les formateurs ont besoin de se sentir efficace lors de leurs utilisations de l'immersif, de savoir comment l'intégrer à leurs cours, de connaître ses apports pédagogiques, et de pouvoir l'utiliser en toute sérénité avec leurs élèves. Cette démarche est donc particulièrement utile afin de cibler les leviers sur lesquels agir et de pouvoir adapter les interventions conduites auprès des formateurs en fonction de leurs besoins. Par exemple, la construction de dispositifs de formation ou de sensibilisation s'articulerait autour de trois compétences entrant en résonance avec ces facteurs : l'apport des TI dans la formation (1), l'intégration de l'IL dans un dispositif de formation existant (2), et l'animation d'un cours avec l'immersif (3). Le développement de ces compétences pourrait augmenter leur sentiment d'efficacité et, par extension, leur intention à utiliser l'IL dans leurs cours. Au niveau académique, la conduite d'études expérimentales sur ces dispositifs permettrait de vérifier leurs impacts sur l'intention des formateurs à utiliser l'immersif (Alghamdi., 2018 ; Mento et al., 2002 ; Sakulsumpaopol., 2010). Les résultats de cette étude posent aussi les premiers fondements au développement d'une échelle de mesure française spécifique à l'acceptation de l'immersif comme technologie éducative. Dans ce sens, une version remaniée a été produite et est accessible en annexe (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes). Elle comprend 23 items organisés autour de 5 variables latentes : l'intention d'utilisation, la facilité d'utilisation, l'utilité perçue, l'auto-efficacité, l'anxiété, et le TPACK. Aussi, nous encourageons à transposer cette échelle de mesure sur d'autres technologies éducatives que les TI. A cette fin, le mot

“réalité virtuelle” dans les items de la version proposée peut être changé par la technologie désirée. Elle permettrait également de vérifier si l’absence de la facilité d’utilisation et la présence de l’anxiété est propre aux formateurs français, ou si cela relève uniquement de notre étude. A notre connaissance, très peu d’applications de ces modèles à une population de formateur français existent, ou étudient un possible effet culturel (Monteiro et al., 2022 ; Sumak et al., 2011).

Limites : Cette étude exploratoire se concentre sur les représentations des formateurs, et non de leurs comportements effectifs. Dans ce sens, l’utilisation actuelle de la réalité virtuelle n’a pas été prise en compte dans l’élaboration de la structure factorielle de notre modèle. Se basant sur la théorie des actions raisonnées, ce modèle part du postulat que notre attitude vis-à-vis d’un comportement détermine sa réalisation (Kéfi, 2010 ; Scherer et al., 2019). Il serait intéressant, lors de futures études, d’en vérifier sa validité avec ce modèle. La deuxième limite de cette étude concernant la taille d’échantillon insuffisante impactant le traitement de nos données et sa généralisation à sa population parente. Elle ne permet pas non plus d’en assurer sa fidélité afin que nos résultats soient répliquables. Afin d’en valider sa structure factorielle, la récolte de nouvelles données auprès d’échantillon de grandes tailles est donc nécessaire. En suivant les recommandations de Kyriazos et Stalikas (2018) sur la construction d’échelles psychométriques, elle suivrait 3 étapes sur des échantillons différents : une AFE (1), une AFC avec son MES (2), et la réalisation d’une méthode multi-trait, multiméthode (3 ; Campbell et Fiske, 1959 ; Kyriazos, 2018 ; Kyriazos et Stalikas, 2018). Ces méthodes d’analyses fourniraient davantage de précision quant à la relation causale entre les différentes variables latentes de cette étude. Enfin, une dernière limite concerne le terme « *réalité virtuelle* » employé dans cette étude pour désigner l’IL plus globalement. Le concept d’IL est un anglicisme récent et méconnu par certains. Nous avons ainsi préféré utiliser un concept plus parlant en l’explicitant au début du questionnaire pour favoriser la compréhension et la complétion de l’échelle par nos participants. Toutefois, il est possible que des divergences dans l’acceptation de l’IL subsistent en fonction de la TI étudiée. Ainsi, il serait préférable que de futures études vérifient si l’acceptation de l’IL par les formateurs change si elle implique l’utilisation d’un dispositif de réalité virtuelle, augmentée, ou mixte.

Chapitre 8 : Etude 4 – La formation des formateurs à l’Immersive Learning

1. Objectifs et Questions de recherche

Les technologies éducatives sont disruptives car elles provoquent un Changement Organisationnel (CO) dans les pratiques pédagogiques des formateurs. Afin de les accompagner dans cette transformation, la formation des formateurs est souvent décrite comme l’un de ses facteurs facilitateurs (Burgan, 1994 ; Li et al., 2023 ; OECD, 2023a ; Palmer et al., 2016 ; UNESCO, 2020). Elle leur transmettrait les compétences nécessaires pour se les approprier et les adapter à leurs activités. Néanmoins, très peu d’études se concentrent sur l’évaluation de l’efficacité de ces dispositifs de formation sur l’acceptation d’un CO, qu’il soit lié ou non aux Technologies Immersives (TI) et à l’Immersive Learning (IL ; Hu et al., 2003 ; Sensoy et Yildirim, 2018). Deux études ont pourtant montré la pertinence de réaliser des interventions afin de favoriser l’acceptation des TI et d’augmenter leur intention d’utiliser l’IL (Evgenia et al., 2024 ; Li et al., 2023). Dans la continuité de ces études, une formation destinée à acculturer les formateurs en activité à l’utilisation de l’IL a été développée. Cette étude exploratoire vise à évaluer l’impact de cette formation sur les dimensions de l’acceptation de l’IL identifiées dans notre troisième étude. A cette fin, nous formulons les 5 hypothèses suivantes :

- **H1.** La formation diminue significativement l’anxiété
- **H2.** La formation augmente significativement le TPACK
- **H3.** La formation augmente significativement l’utilité perçue
- **H4.** La formation augmente significativement l’auto-efficacité
- **H5.** La formation augmente significativement l’intention d’utilisation

Cette étude consiste en la passation d’un même questionnaire à 3 jours d’intervalle auprès de 45 formateurs français en activité. La moitié de nos participants ont suivi une formation tandis que le reste d’entre eux n’ont participé à aucune action de formation. Pour répondre à nos hypothèses de recherche, nous avons réalisé une analyse de variance à mesures répétées de type ANOVA (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020). A travers ces analyses, nous nous attendons à observer une différence significative sur les dimensions de l’acceptation de l’IL pour les formateurs ayant participé à la formation. A l’inverse, nous ne nous attendons pas à observer d’évolution pour les participants appartenant à notre groupe contrôle. Ces résultats serviront à justifier, ou non, l’intérêt de mettre en place un service d’accompagnement au sein de l’entreprise Mimbus pour aider les formateurs à intégrer l’IL au sein de leur activité.

2. Méthode

Participants : Cette étude pilote a été réalisée de janvier 2023 à juillet 2024 auprès de 54 participants. Une stratégie d'échantillonnage de convenance a été utilisée pour récupérer les 32 participants à l'action de formation. Ils correspondent aux clients de l'entreprise Mimbus souhaitant améliorer leurs compétences sur l'utilisation de l'immersif dans leurs pratiques pédagogiques. Une stratégie d'échantillonnage raisonnée et en boule-de-neige a été utilisée pour récupérer les 22 participants de notre groupe contrôle (Meadows, 2003). Pour être inclus dans cet échantillon, les participants devaient avoir complété les deux questionnaires, être formateur ou équivalent depuis au moins un an, et avoir au moins 6 mois d'expérience professionnelle sur leur poste actuel. Un total de 45 formateurs (69% Hommes, 31% Femmes ; M âge : 41.5, ET âge : 10.3) respectant ces critères ont été conservés pour nos analyses. Le groupe formation est composé de 26 participants et le groupe contrôle contient 19 participants. Ils ont en moyenne 7 ans d'expérience sur leur poste actuel (ET : 7.68) et 9.6 ans d'expérience dans le secteur de la formation, ou affilié (ET : 9.01). Les disciplines de nos participants de notre échantillon sont accessibles en annexe (cf., Annexes, Etude 4 : Annexes).

Matériel :

Logiciels : Le questionnaire a été transmis aux participants via le logiciel Qualtrics ou sous format papier. Le logiciel Jamovi (version 2.4.8) a été utilisé pour analyser l'ensemble de nos données. Ces logiciels sont conformes aux directives données par la CNIL française concernant le RGPD. Cette étude est validée par le comité d'éthique de l'Université Paris Cité (N° 2022-93-JORHAN-SAKDAVONG-CABON).

Questionnaire : Le questionnaire utilisé est commun aux deux dernières études de cette thèse et est accessible en annexe (cf., Annexes, Etude 3 : Annexes). Les données récoltées ont été anonymisées puis traitées collectivement. Le fichier de données utilisé avec leurs analyses est accessible dans ce répertoire OSF¹⁶. En accord avec les résultats de notre troisième étude, seules les 5 dimensions ressorties de nos analyses factorielles ont été analysées dans celle-ci : l'intention d'utilisation (1 ; 3 items ; α = .91), l'utilité perçue (2 ; 3 items ; α = .85), l'auto-efficacité (3 ; 3 items ; α = .87), l'anxiété (4 ; 3 items ; α = .87), et le TPACK (5 ; 4 items ; α = .92).

¹⁶ https://osf.io/dmxrq/?view_only=13c37c999b5743e69d7d1fb508e23b78

La formation : DFI-RV – Devenir Formateur Immersif avec la Réalité Virtuelle » – est une formation codéveloppée dans le cadre d'un partenariat regroupant les expertises respectives de deux entreprises. L'entreprise Mimbus, spécialisée dans l'IL, et l'entreprise Evol'Job, spécialisée dans l'accompagnement et les travaux d'ingénierie pédagogique incluant les TI (<https://evol-job.fr/>). Mimbus et Evol'Job commercialisent et dispensent cette formation auprès des organismes de formation demandeurs. Aucun participant à cette étude n'a financé sur ses fonds propres la participation à cette action de formation. L'organisme de formation avait à sa charge de trouver des formateurs volontaires parmi leurs salariés et d'en financer leur participation. DFI-RV est une formation de trois jours consécutifs et en présentielle. Elle représente un total de 21h de formation par participant où chaque session comprend entre 4 et 8 participants. Elle est animée par 2 formateurs. Le premier est un formateur et ingénieur pédagogique de l'entreprise Evol'Job, le second est le doctorant de cette thèse affilié à l'entreprise Mimbus.

DEVENIR FORMATEUR IMMERSIF AVEC LA RÉALITÉ VIRTUELLE

 3 jours (21 heures)

 Nos formations se déroulent en présentiel mais peuvent se tenir à distance si nécessaire

 Aucun prérequis exigé, une expérience d'au moins 6 mois dans les métiers de l'enseignement et de l'orientation est toutefois recommandée

 Tout acteur de la formation souhaitant adapter ses pratiques pédagogiques aux nouveaux publics d'apprenants

 Evaluation : Théorique par complétion d'un QCM
Pratique par mise en situation contextualisée
Certificat de réalisation & diplôme Open Badge



Objectifs



- ✓ Identifier l'impact de la Réalité Virtuelle sur vos pratiques pédagogiques actuelles
- ✓ Comprendre les avantages de la Réalité Virtuelle pour l'apprentissage
- ✓ Repérer les écarts entre les méthodes d'apprentissage traditionnelles et l'utilisation de technologies immersives
- ✓ Savoir développer et individualiser un parcours de formation avec la Réalité Virtuelle
- ✓ Intégrer l'utilisation des technologies immersives dans un dispositif de formation actuel
- ✓ Constater et suivre l'acquisition des compétences de ses apprenants avec la Réalité Virtuelle
- ✓ Initier la digitalisation de son offre de formation avec l'utilisation des technologies éducatives émergentes



Figure 34. Plaquette descriptive des objectifs de la formation DFI-RV.

DFI-RV couvrent quatre thématiques réparties sur les trois jours : l'apport des TI en formation (1), l'utilisation des TI (2), l'ingénierie pédagogique pour intégrer l'immersif dans son dispositif de formation (3), et la posture d'animateur du formateur avec l'IL (4). Pour chaque thématique abordée, des ateliers théoriques et pratiques sont réalisés avec les participants. L'après-midi du troisième jour est consacrée à l'évaluation des participants à travers un Questionnaire à Choix Multiple de 40 minutes et une mise en situation pratique de 10 minutes. Les deux formateurs ont la charge de superviser et d'évaluer les participants de cette formation. Le résultat des évaluations est transmis aux participants sous 10 jours ouvrables et la transmission d'un Open Badge atteste de sa réussite. Tous les participants à cette étude ont réussi les évaluations de cette formation. Les données issues de ces évaluations et des questionnaires de satisfaction ne sont pas analysées dans le cadre de cette étude. Les figures 34 et 35 précisent le programme de formation ainsi que ses objectifs pédagogiques.

PROGRAMME DE FORMATION

JOUR 1 Utiliser le matériel immersif	JOUR 2 Comprendre l'ingénierie pédagogique immersive	JOUR 3 Intégrer l'immersive learning dans un dispositif pédagogique
✓ Comprendre les enjeux du digital en formation ✓ Identifier les différentes technologies immersives ✓ Maîtriser les paramètres et précautions d'utilisation ✓ Accompagner un utilisateur débutant à l'utilisation du matériel VR ✓ Identifier les premières évolutions de l'ingénierie pédagogique immersive	✓ Identifier les évolutions de parcours pédagogiques ✓ Structurer l'adaptation pédagogique immersive d'un dispositif existant ✓ Etablir une conception pédagogique d'immersive learning ✓ Animer une session de formation immersive	✓ Maîtriser l'apport technologique dans le développement des compétences ✓ Intégrer l'immersive learning dans un dispositif pédagogique classique ✓ Concevoir son organisation pédagogique globale ✓ Evaluation théorique et pratique



+33 5 6170 7171

sales@mimbus.com

evol'Job

Figure 35. Plaquette descriptive du programme de formation DFI-RV.

Procédure : La procédure de cette étude change en fonction du groupe d'appartenance des participants (i.e., groupe formation ou groupe contrôle). Concernant les participants du groupe formation, la complétion du questionnaire se fait en deux temps. La première se réalise au début du premier jour, après la présentation des formateurs et des participants, et avant le début de l'action de formation. Le chercheur présente les objectifs de cette étude, précise qu'elle se base sur le volontariat, et que le traitement des réponses est anonyme et collectif. Il distribue d'abord les formulaires de consentement, puis les questionnaires à chaque participant. Sous leur accord, il associe à chaque participant un numéro qu'il indique sur la table de contingence et sur leurs questionnaires (cf., Annexes, Etude 4 : Annexes). Une fois ces deux documents complétés par l'ensemble des participants, la formation commence. Après les évaluations du troisième jour et la complétion des formulaires de satisfaction, le chercheur distribue de nouveau les questionnaires à chaque participant. Une fois les questionnaires remplis, le chercheur les remercie et répond à leurs éventuelles questions. Un feedback général marquant la clôture de l'action de formation est ensuite réalisé entre les formateurs et les participants. Concernant les participants du groupe contrôle, un mail est envoyé aux participants de cette étude. Dans ce mail est précisé l'objectif de cette étude, qu'elle se base sur le volontariat, que les données sont traitées de manière collective et anonyme, et fournit un lien pour compléter le questionnaire en ligne (cf., Annexes, Etude 4 : Annexes). Il souligne également l'importance d'indiquer son adresse e-mail à la fin du premier questionnaire pour recevoir le lien du deuxième questionnaire 3 jours après sa complétion. Si le deuxième questionnaire n'est pas complété par le participant au troisième jour, une relance lui est transmise. Un mail remerciant leur participation et faisant office de notice d'information est envoyé à chaque participant à la clôture de l'étude (cf., Annexes, Etude 4 : Annexes).

Analyse de données : L'ANOVA à mesure répétée est une technique d'analyse de la variance permettant de déterminer s'il existe une différence significative entre plusieurs moyennes répétée dans le temps (e.g., l'utilité perçue avant et après une formation). Avec cette méthode, nous visons à observer l'effet de nos variables indépendantes intra-participants (i.e., Temps : avant et après) et inter-participants (i.e. Intervention : groupe formation et groupe contrôle) sur nos variables dépendantes (e.g., utilité perçue, anxiété). Pour réaliser une ANOVA à mesure répétée à un facteur, deux conditions sont à respecter : les données doivent suivre une distribution à minima normale (1) et les observations sont indépendantes entre elles (2). La première se vérifie à travers l'observation de nos données (i.e., Skewness, Kurtosis, Shapiro-Wilk, et Q-Q Plots). La seconde est assurée quand les participants répondent aux questionnaires individuellement et sans s'influencer mutuellement (Hair et al., 2009 ; Navarro et al., 2020 ; Nieuwenhuis et al., 2011 ; Sensoy et Yildirim, 2018). Le logiciel Jamovi nous fournit les valeurs p pour les tests t de l'ANOVA à mesure répétées et le d de Cohen pour estimer les tailles d'effet. Pour interpréter ces résultats, nous avons utilisé les recommandations de Cohen (2013). Le seuil de significativité doit être inférieur à $p = .05$ et l'interprétation des tailles d'effet est classée comme suit : $d \leq 0.2$ est considéré comme un effet faible, $d \leq 0.8$ est considéré comme un effet modéré, $d > 0.8$ est considéré comme un effet fort (Cohen., 2013).

3. Résultats

a. Analyses descriptives

Le tableau 18 résume les moyennes et écart-types de nos groupes tandis que les indicateurs des conditions d'application figurent dans le tableau 19. Le test de normalité du Shapiro-Wilk indiquent que nos variables ne suivent pas une distribution normale. Le test non-paramétrique de Friedman avec une comparaison pair-à-pair pour une ANOVA à mesure répétée a donc été utilisée pour analyser chacune de nos variables.

Tableau 18. Résultats des indicateurs de normalité des variables de l'étude 4.

Variables	Skewness	Kurtosis	α	<i>M</i>	<i>ET</i>	Shapiro-Wilk
IU	-0.90	0.12	0.94	3.87	1.15	$p < .001$
AE	-0.49	-0.11	0.87	3.76	0.99	$p < .001$
UP	0.26	-0.79	0.72	3.80	0.67	$p < .001$
A	1.04	0.51	0.91	1.89	0.98	$p < .001$
T	-0.37	-0.84	0.93	3.29	1.17	$p < .001$

Tableau 19. Moyennes et Ecart-Types des groupes de l'étude 4.

Variables	Intervention				Contrôle			
	Avant		Après		Avant		Après	
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
IU	4.10	0.86	4.37	0.68	3.46	1.31	3.33	0.77
AE	3.65	0.70	4.26	0.77	3.35	1.02	3.64	1.11
UP	3.60	0.57	4.17	0.68	3.65	0.60	3.33	1.42
A	2.12	0.81	1.71	0.83	1.75	1.05	2.02	1.15
T	3.00	1.05	4.03	0.72	2.71	1.26	2.89	1.10

b. ANOVAs à mesures répétées

L'intention d'utilisation : L'ANOVA à mesures répétées a été utilisée séparément pour prédire le score *Intention d'utilisation* (IU) avec les variables *Intervention* (i.e., Formation et Contrôle) et *Temps* (i.e., Avant et Après). Nos analyses ont révélé une différence tendancielle et modérée entre les moyennes *Avant* ($M = 4.10$; $ET = 0.86$) et *Après* ($M = 4.37$; $ET = 0.68$) du groupe *Formation*, $t(1, 44) = 1.90$, $p = 0.071$, $d_{RM} = 0.44$. Cette différence n'est pas significative pour le groupe *Contrôle*, $t(1, 44) = 0.00$, $p = 1.00$. La valeur du p proche du seuil de significativité indique que la formation a tendance à augmenter l'intention de ses participants à utiliser la réalité virtuelle dans leurs pratiques pédagogiques.

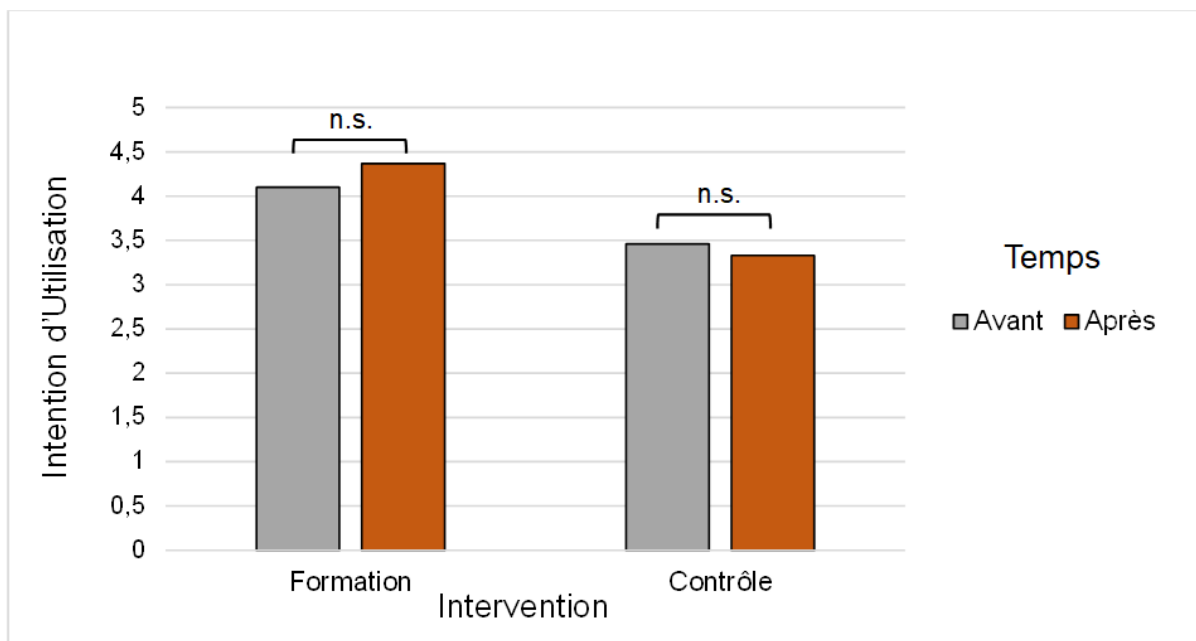


Figure 36. Effet de la formation sur l'intention d'utilisation la réalité virtuelle.

L'auto-efficacité : L'ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour prédire séparément le score *Auto-efficacité* (AE) avec les variables *Intervention* (i.e., Formation et Contrôle) et *Temps* (i.e., Avant et Après). Nos analyses ont révélé une différence forte et significative entre les moyennes *Avant* ($M = 3.64$; $ET = 0.70$) et *Après* ($M = 4.26$; $ET = 0.77$) du groupe *Formation*, $t(1, 44) = 3.88$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 0.83$. Cette différence n'est pas significative pour le groupe *Contrôle*, $t(1, 43) = .49$, $p = 0.63$. Ces résultats indiquent que la formation augmente leur sentiment d'efficacité à utiliser la réalité virtuelle dans leurs cours.

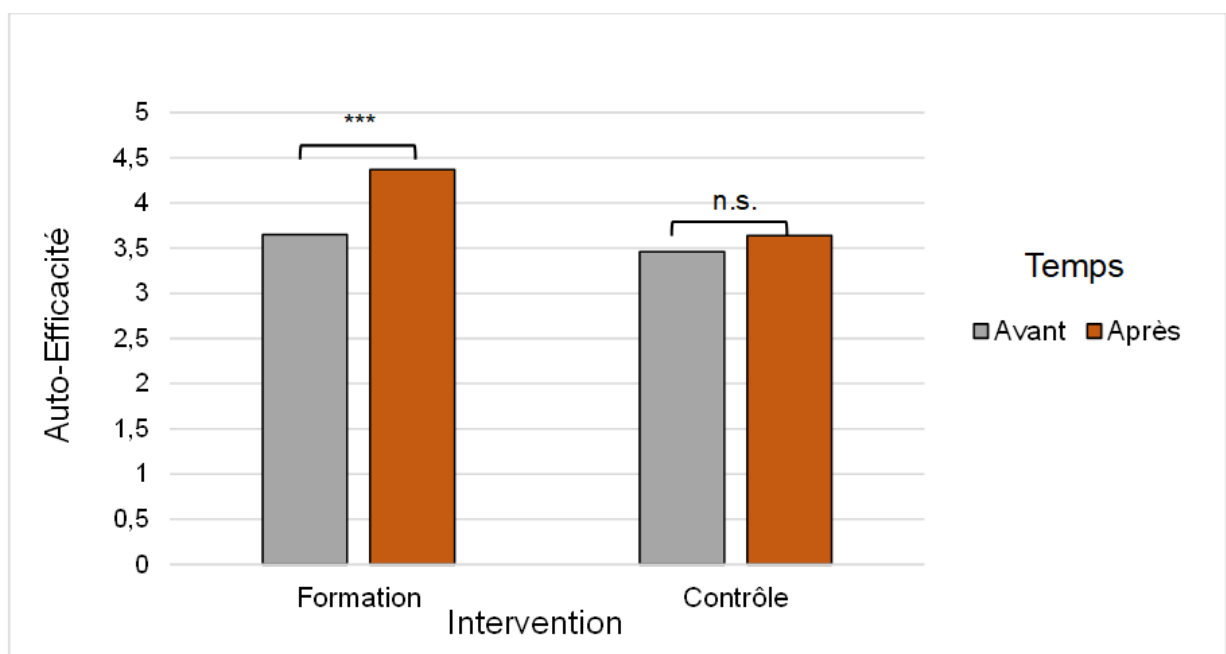


Figure 37. Effet de la formation sur l'auto-efficacité à utiliser la réalité virtuelle.

L'utilité perçue : L'ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour prédire séparément le score d'*Utilité perçue* (UP) avec les variables *Intervention* (i.e., Formation et Contrôle) et *Temps* (i.e., Avant et Après). Nos analyses ont révélé une différence forte et significative entre les moyennes *Avant* ($M = 3.60$; $ET = 0.57$) et *Après* ($M = 4.17$; $ET = 0.55$) du groupe *Formation*, $t(1, 44) = 4.57$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 0.94$. Cette différence n'est pas significative pour le groupe *Contrôle*, $t(1, 44) = 0.62$, $p = 0.54$. Ces résultats indiquent que la formation augmente l'intérêt qu'ont les participants à utiliser la réalité virtuelle à des fins pédagogiques.

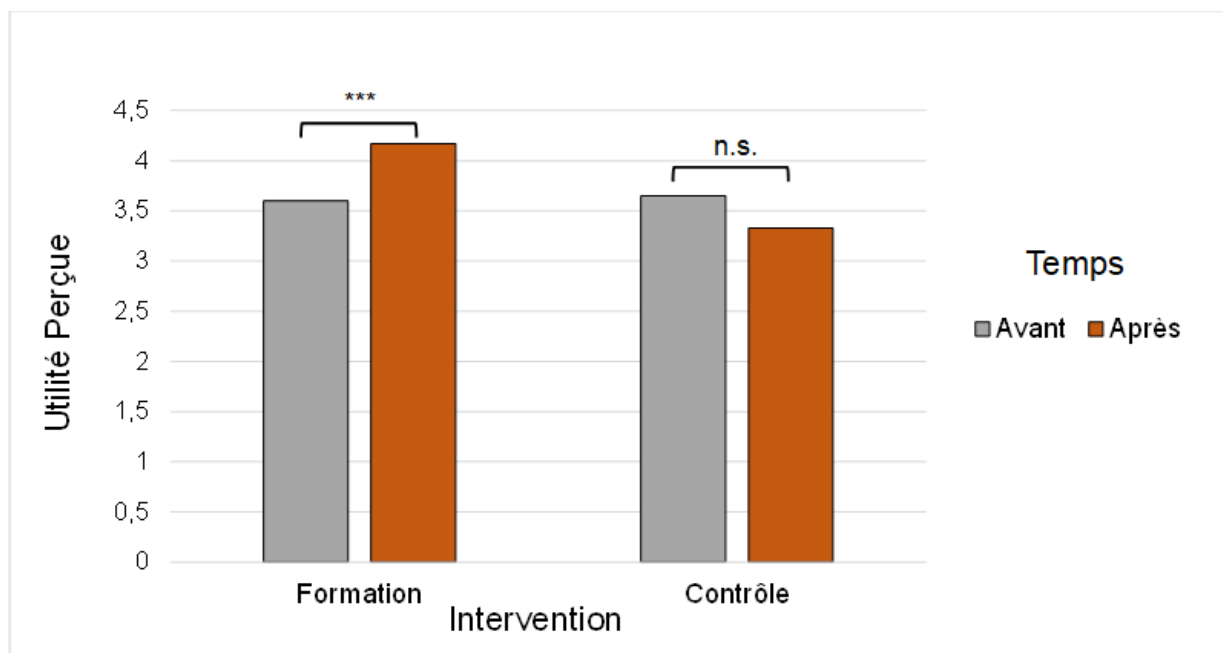


Figure 38. Effet de la formation sur l'utilité perçue à utiliser la réalité virtuelle.

L'anxiété : L'ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour prédire séparément le score d'*Anxiété* (A) avec les variables *Intervention* (i.e., Formation et Contrôle) et *Temps* (i.e., Avant et Après). Nos analyses ont révélé une différence modérée et significative entre les moyennes *Avant* ($M = 2.12$; $ET = 0.81$) et *Après* ($M = 1.71$; $ET = 0.83$) du groupe *Formation*, $t(1, 44) = 4.19$, $p < 0.001$, $d_{RM} = -0.39$. Cette différence est tendancielle et modérée entre les moyennes *Avant* ($M = 1.75$; $ET = 1.26$) et *Après* ($M = 2.02$; $ET = 1.10$) du groupe *Contrôle*, $t(1, 44) = 1.84$, $p = 0.08$, $d_{RM} = 0.47$. Ces résultats indiquent que la formation diminue l'anxiété de ses participants à animer leurs cours avec la réalité virtuelle. Ils indiquent également que l'anxiété à utiliser la réalité virtuelle des participants du groupe contrôle a tendance à augmenter entre les 3 jours.

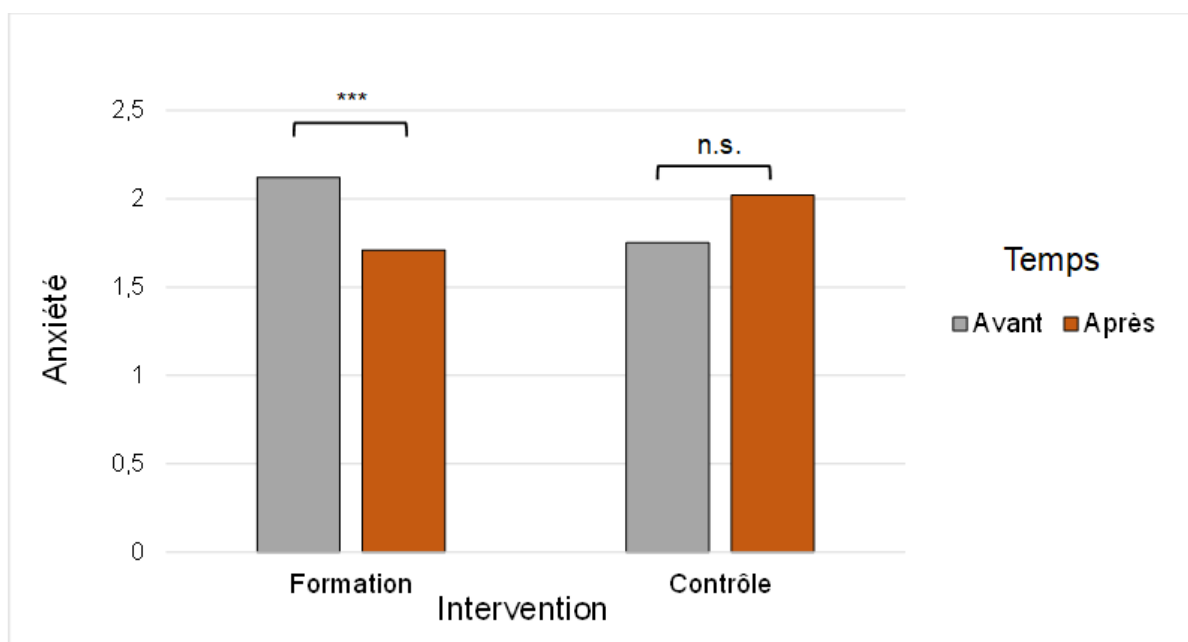


Figure 39. Effet de la formation sur l'anxiété à utiliser la réalité virtuelle.

Le TPACK : L'ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour prédire séparément le score *TPACK* (T) avec les variables *Intervention* (i.e., Formation et Contrôle) et *Temps* (i.e., Avant et Après). Nos analyses ont révélé une différence forte et significative entre les moyennes *Avant* ($M = 3.00$; $ET = 1.05$) et *Après* ($M = 4.03$; $ET = 0.72$) du groupe *Formation*, $t(1, 44) = 7.62$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 1.21$. Cette différence n'est pas significative pour le groupe *Contrôle*, $t(1, 43) = 0.83$, $p = 0.42$. Ces résultats indiquent que la formation augmente la perception que les participants ont de leurs propres compétences d'ingénierie pédagogique pour intégrer la réalité virtuelle dans leurs pratiques.

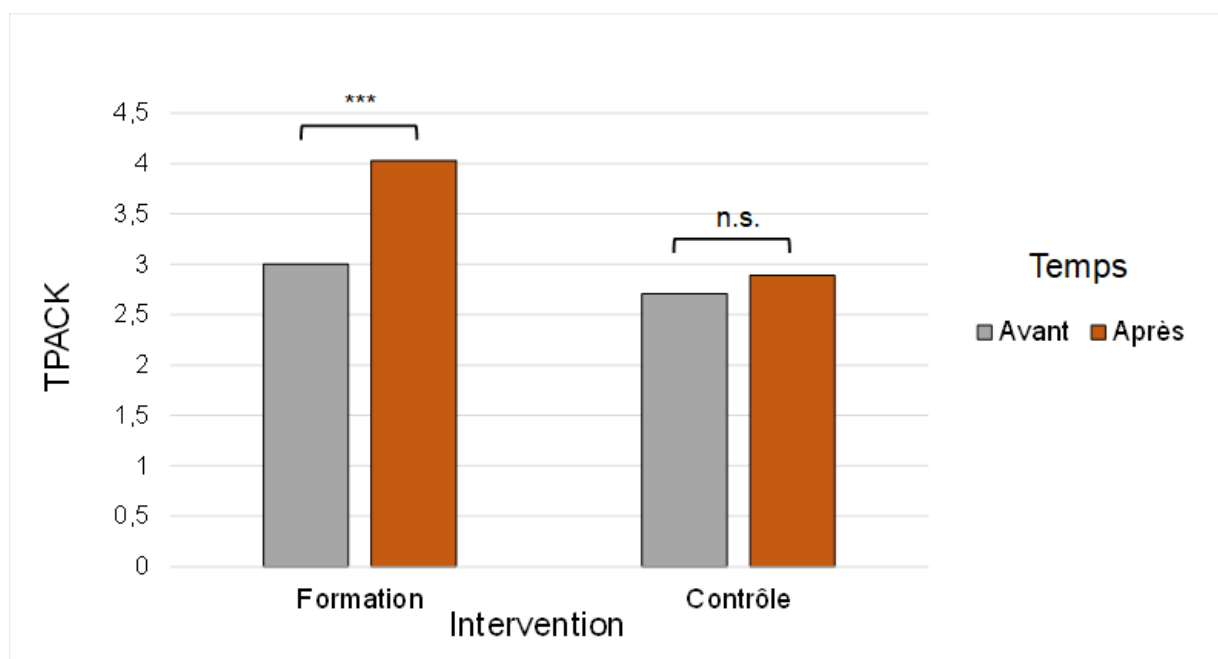


Figure 40. Effet de la formation sur le facteur général du TPACK pour utiliser la réalité virtuelle.

4. Synthèse

A travers la conduite d'un protocole expérimental, cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet d'une action de formation sur l'acceptation de la réalité virtuelle auprès de formateurs en activité. A cette fin, nous avons utilisé les 5 dimensions identifiées lors de notre troisième étude : l'intention d'utilisation (1), l'auto-efficacité (2), l'utilité perçue (3), l'anxiété (4), et le TPACK (5). Dans le cadre d'un partenariat avec l'entreprise Mimbus et d'une entreprise spécialisée en ingénierie pédagogique immersive, Evol'Job, une formation de 3 jours en présentielle a été codéveloppée. Elle s'articule autour de 4 thématiques : l'apport des TI en formation (1), l'utilisation des TI (2), l'ingénierie pédagogique pour intégrer l'immersif dans son dispositif de formation (3), et la posture d'animateur du formateur avec les TI (4). Nos ANOVAs à mesure répétées valident nos hypothèses en révélant une augmentation de l'intention d'utilisation, $t(1, 44) = 1.90$, $p = 0.07$, $d_{RM} = 0.44$, du sentiment d'auto-efficacité, $t(1, 44) = 3.88$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 0.83$, de l'utilité perçue, $t(1, 44) = 4.57$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 0.94$, et du TPACK, $t(1, 44) = 7.62$, $p < 0.001$, $d_{RM} = 1.21$. D'autre part, l'anxiété diminue pour le groupe formation et a tendance à augmenter pour le groupe contrôle, respectivement $t(1, 44) = 4.19$, $p < 0.001$, $d_{RM} = -0.39$ et $t(1, 44) = 1.84$, $p = 0.08$, $d_{RM} = 0.47$. En accord avec les réflexions de Burgan (1994) sur l'utilisation des ordinateurs en cours, ces résultats soutiennent nos hypothèses et soulignent la pertinence de mettre en place des actions de formation pour favoriser l'acceptation des technologies éducatives par les formateurs (Evgenia et al., 2024 ; Li et al., 2023).

Malheureusement, il n'existe pas à notre connaissance d'études scientifiques portant sur l'efficacité de la formation des formateurs en activité à utiliser les TI. En particulier, sur l'impact de ces dispositifs pour favoriser l'acceptation et l'intention des formateurs à utiliser l'IL. L'étude d'Evgenia et al (2024) porte sur des étudiants-formateurs en fin de formation pour apprendre à réaliser une manipulation en laboratoire de chimie. Celle de Li et al (2023) portent davantage sur une intervention de l'ordre de la démonstration de l'IL à de futurs formateurs que de la formation pour développer de nouvelles compétences professionnelles. Cette absence s'explique par le fait qu'il existe peu d'entreprises développant des partenariats avec des académiques afin d'évaluer leurs produits de formation ; d'autant plus quand ils concernent des technologies innovantes telles que la réalité virtuelle ou l'intelligence artificielle. Nos résultats sont néanmoins comparables à des travaux étudiant l'effet d'une formation sur l'utilisation de technologies éducatives auprès de formateurs et d'enseignants. Par exemple, l'étude de Reeves et Li (2012), ou celle de Bamrunsin et Khampirat (2022), montrent l'impact positif de la formation en ligne sur leurs sentiments d'efficacité, de facilité d'accès, de satisfaction, et d'utilité. Des résultats semblables sont retrouvables sur l'utilisation d'ordinateurs (Gningue, 2003 ; Yildirim, 2000), de tablettes (Chiu et al., 2016 ; Menon et al., 2020), de logiciels

(McCausland et al., 2015 ; Van Laarhoven et al., 2008), de robots (Schina et al., 2021), sur la formation synchrone et asynchrone (Emmanouilidou et al., 2012), ou encore sur un ensemble de technologies éducatives au sens large (Buss et al., 2018 ; Dawson et al., 2003 ; Hu et al., 2003 ; Lachner et al., 2021 ; Pozo-Rico et al., 2020). Comme dans notre étude, nous pouvons retrouver parmi les variables étudiées celles reliées à l'acceptation des technologies éducatives (e.g., facteur général du TPACK, auto-efficacité). Ces études expérimentales, portant aussi bien sur des enseignants en activité qu'en fin de formation, soutiennent l'intérêt de les préparer à l'utilisation de ces technologies éducatives et de les accompagner tout au long de leurs carrières.

Toutes les technologies éducatives ne sont pas similaires de nature et n'impactent pas toujours le même public. Elles ne nécessitent pas forcément le développement de compétences identiques pour les utiliser et ne sont donc pas strictement comparables entre elles. Une vigilance à avoir est qu'une différence significative ne renseigne pas sur l'ampleur de cette différence (Nieuwenhuis et al., 2011). Les tailles d'effets fournis dans nos résultats indiquent que la formation réalisée n'impacte pas toutes les dimensions de l'acceptation de l'IL. Par exemple, cette formation augmente en moyenne de 35% la perception que les participants ont de leurs propres compétences en ingénierie pédagogique immersive. Cette augmentation varie entre 15 et 20% pour l'utilité perçue, le sentiment d'auto-efficacité, et l'anxiété à utiliser l'immersif pour développer les compétences de leurs apprenants. Quant à l'intention d'utilisation, elle avoisine les 10%. Ce faible pourcentage se justifie par l'intérêt initial des formateurs à réaliser cette action de formation. Leur intention d'utiliser l'immersif en formation était forte avant le début de la formation. Il pourrait s'agir d'un biais qu'il serait intéressant de contrôler dans de futures manipulations expérimentales en comparant notre groupe de formateurs volontaires à un groupe plus récalcitrant à l'usage de ces TI.

Contributions : Les contributions de cette étude sont plurielles. La première avance que le modèle testé dans la troisième étude de cette thèse est suffisamment sensible pour capter une évolution des représentations à la suite d'une action de formation. Comme explicité précédemment, le questionnaire ne peut être défini comme un outil de mesure à part entière. Des passations expérimentales pour affiner sa structure sont encore requises. La deuxième contribution propose que l'acceptation de l'IL puisse être influencée par le développement de compétences spécifiques. Par exemple, les items de l'anxiété utilisés dans le cadre de cette étude sont associés à l'animation d'un cours avec l'immersif, l'apport des TI avec ceux de l'utilité perçue, et l'ingénierie pédagogique immersives avec ceux du facteur général du TPACK. Il serait intéressant d'étudier si d'autres actions impactent également l'acceptation (e.g., séminaire, mentorat, communication). De telles études permettraient d'identifier un panel d'intervention facilitant l'intégration des technologies éducatives dans l'activité des formateurs

et enseignants en activité. La troisième contribution s'accorde avec les travaux précédant sur la conduite d'un CO avec la formation comme l'un de ses facteurs facilitateurs. En effet, le développement de ces compétences permettrait aux formateurs de s'adapter aux changements amenés par les technologies et de les intégrer dans leur activité (Burgan., 1994 ; OECD., 2023a ; OECD., 2023b ; Palmer et al., 2016 ; UNESCO., 2020). L'augmentation de l'intention d'utilisation et de la perception que les participants ont de leurs propres compétences soutient ce postulat. Similaire aux travaux de Hu, Clark, et Ma (2003), il serait d'ailleurs pertinent de répliquer le protocole de cette étude afin d'analyser le chemin causal entre nos différentes variables. Une collecte de données de plus grande envergure permettrait d'observer non seulement si le lien causal entre les différentes dimensions de l'acceptation subsiste mais aussi si elles continuent d'augmenter à la suite d'une action de formation. Enfin, au niveau de l'entreprise Mimbus, ces premiers résultats sont prometteurs pour proposer des actions de formation auprès de ses clients et favoriser l'utilisation de ses simulateurs. Le développement de cette action de formation lui a permis de développer ses partenariats avec d'autres experts du domaine (e.g., formateurs, développeurs, financeurs), ainsi que de condenser, valoriser, et commercialiser son expertise dans l'IL.

Limites : A l'image de notre troisième étude, une première limite concerne l'évaluation de l'efficacité de la formation. En effet, elle se base sur le déclaratif de ses participants et non sur leurs comportements réels. Afin d'y remédier dans de futurs travaux, des évaluations organisées en début et en fin de formation pourraient servir de données expérimentales afin de comparer leurs évolutions. Aussi, de telles évaluations en début de formation faciliteraient l'individualisation de la formation auprès de ses participants. Une deuxième limite est que l'efficacité de la formation étudiée n'est pas suivie sur la durée. Comme le souligne Sensoy et Yildirim (2018), ainsi que Bamrungsin et Khampirat (2022), une absence de pratique des compétences développées en formation peut amener à leur diminution. Cette possibilité souligne l'importance d'un plan d'accompagnement lors de la mise en place d'un changement. Il est donc réducteur d'avancer qu'une formation suffit à un accompagnement car elle n'est qu'une de ses multiples actions. La conduite de travaux longitudinaux de nature comparative entre une action de formation et un plan d'accompagnement permettraient de confirmer, ou de réfuter, cette hypothèse. Une troisième limite est que la facilité d'utilisation n'est pas prise en compte car cette dimension a été écartée lors des analyses de notre troisième étude. Il serait intéressant d'intégrer cette dimension car elle reste centrale dans les modèles du TAM et de l'UTAUT2 (Alfaisal et al., 2024 ; Ali et al., 2024 ; Scherer et al., 2019). Une quatrième limite est que l'effet générationnel et de genre ne sont pas pris en compte alors qu'ils sont identifiés dans de nombreuses études comme possédant un impact sur les variables de l'acceptation d'une technologie (Blut et al., 2022 ; Venkatesh et al., 2012). Les caractéristiques

démographiques de nos participants et notre taille d'échantillon ne nous permettent pas de prendre en compte ce possible biais. Il serait ainsi pertinent de prendre en compte ces variables lors de prochaines analyses (Alfaisal et al., 2024 ; Ali et al., 2024 ; Scherer et al., 2019). Enfin, cette étude gagnerait à être reproduite sur un plus large panel de participant afin de renforcer ces premiers résultats exploratoires.

PARTIE 3 : DISCUSSION GENERALE

Chapitre 9 : Synthèse des quatre études exploratoires

1. L'intégration de l'Immersive Learning par les Agents du Changement

La première étude de cette thèse s'est concentrée sur l'activité des Agents du Changement (AC). Selon la littérature, cette activité consiste à implémenter un Changement Organisationnel (OC) dans les pratiques d'une organisation (Gerwing, 2016 ; Lippitt et al., 1958). Qu'elle soit désignée de façon formelle ou qu'elle émerge spontanément, cette activité implique une combinaison de rôles, de tâches, de compétences, et de traits de personnalité pour être menée à bien (Books, 2009 ; El Asame et Wakrim, 2018 ; Kayaalp et al., 2021 ; Leplat, 1990 ; Palmer et al., Pelt et al., 2017). Cette étude cherchait à déterminer si cette activité était applicable au CO provoqué par l'immersive learning et, plus globalement, des technologies éducatives. Elle avait pour objectif d'identifier les facteurs individuels de l'AC dans ce contexte de CO (1), et d'observer si certains de ces facteurs se regroupaient entre eux pour former des activités distinctes (2). Pour répondre à ces deux objectifs de recherche, 21 experts du CO, des technologies éducatives, et de la formation, ont participé à des entretiens semi-directifs et complété deux questionnaires d'analyses de poste. Les entretiens ont fourni les verbatims spontanés des experts interrogés sur l'activité de l'AC en termes de postes, tâches, rôles, et compétences. Les questionnaires d'analyse de poste ont fourni une liste des compétences et des traits de personnalité provenant de la littérature. Le même poids a été accordé à nos données et un modèle de triangulation en deux temps a été utilisé (Schoonenboom et Johnson, 2017).

Dans un premier temps, les données issues de ces deux méthodes ont été analysées séparément afin d'extraire les facteurs individuels jugés comme pertinents par les 21 experts interrogés. Les analyses descriptives réalisées sur les deux questionnaires ont fait ressortir 15 compétences et 15 traits de personnalités de l'AC. De son côté, une analyse de contenu dirigée a été réalisée sur les verbatims issus des entretiens et a fait ressortir 8 rôles, 9 tâches, et 8 compétences de l'activité de l'AC. Dans un second temps, les données mixtes conservées ont été fusionnées pour conduire une analyse factorielle des correspondances complétée d'une classification ascendante hiérarchique. La combinatoire de ces deux méthodes a révélé l'existence de 9 activités des AC avec leurs propres facteurs individuels de réussite. L'activité de chef de projet est centrale tandis que les 8 autres lui sont périphériques. Elles apportent à l'équipe projets une gestion, une stratégie, un accompagnement, une formation, une communication, une méthodologie, et des expertises tant technique, pédagogique, que financière. La pluralité de ces activités implique qu'elles ne peuvent pas être réalisées par une seule personne sans en impacter la qualité de la conduite d'un CO.

Décisionnaire

- Prise de décision et leadership
- Partenariat et réseau
- Pilote de projet

Accompagnateur

- Ecoute active
- Accompagnement et suivi
- Climat de confiance

Experts

- Expertise technique
- Expertise pédagogique
- Expertise financière



Formateur

- Ingénierie pédagogique
- Animation de formation
- Assurance et émotions positives

Analyste

- Méthodologies d'analyse
- Audit et Conseil
- Evaluation pédagogique

Communicant

- Communication
- Investigation et argumentation
- Sociabilité et Modestie

Figure 41. Les activités de l'Agent du Changement lors de l'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques d'un organisme de formation (rappel).

2. L'Immersive Learning comme un projet de Changement Organisationnel

La deuxième étude de cette thèse s'est intéressée au processus de Changement Organisationnel (CO) lié à l'implémentation de l'Immersive Learning (IL) dans les pratiques d'un organisme de formation. Quand il est conduit au sein d'une organisation, un processus de CO prend souvent la forme d'un projet, implique une certaine temporalité, et possède des facteurs de réussite qui lui sont propres (Hornstein, 2015 ; Kotter, 1996 ; PMBOK Guide, 2013). Le PMBOK Guide (2013) décrit la conduite d'un projet en 5 principales phases : l'initiation (1), la planification (2), le déploiement (3), l'évaluation (4), et la clôture (5). La transformation des pratiques des organismes de formation avec l'IL n'en fait pas exception (Alhogail et Mirza, 2011 ; Fleury et al., 2023 ; Karre et al., 2019 ; Polcar et al., 2021 ; Tischbein et al., 2021). Spécifique à l'implémentation de l'IL, nous supposons la présence d'une sixième phase : le développement du simulateur d'apprentissage. L'objectif de cette étude était ainsi d'observer si l'IL provoque un CO dans les pratiques de l'organisme de formation (1), engendre des résistances (2), respecte un phasage de gestion de projet (3), et possède des facteurs critiques impactant sa conduite de façon positive (4) ou négative (5). Afin de répondre à ces 5 objectifs de recherche, 10 études de cas détaillant l'implémentation de l'IL dans les pratiques des organismes de formation ont été analysées avec le logiciel Iramuteq. Avec leurs verbatims, nous avons généré 5 corpus de texte et conduit sur chacun d'entre eux une classification hiérarchique descendante complétée d'une analyse des similitudes.

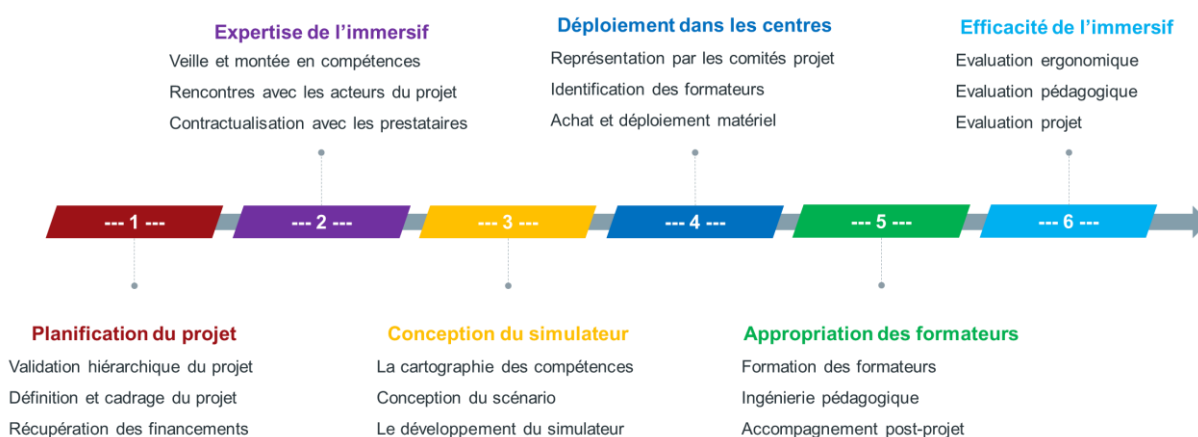


Figure 42. Les 6 étapes-projet à l'implémentation de l'Immersive Learning dans les organismes de formation (rappel).

A travers ces analyses textuelles, nos résultats montrent que l'implémentation de l'IL engendre un CO. Il modifie l'activité de ses membres, génère des résistances, se conduit comme un projet, et possède des facteurs critiques impactant sa réussite. Pour autant, nos analyses montrent que ce changement ne se cantonne pas uniquement à une modification des pratiques pédagogiques des formateurs. La nature de ce changement, ainsi que les résistances et les facteurs critiques qui lui sont reliés, supposent que l'IL impacte les pratiques d'un organisme de formation dans son ensemble. Les apprenants dans le développement de leurs compétences, le personnel administratif dans son fonctionnement, les dirigeants dans leurs offres de formations, et les formateurs dans leurs postures envers leurs apprenants. Cette étude qualitative révèle aussi 6 étapes liées à la mise en place de l'IL dans un organisme de formation : la planification du projet (1), la montée en expertise (2), la conception du simulateur (3), le déploiement dans les organismes de formation (4), l'appropriation des formateurs (5), et l'évaluation du simulateur (6). Trois facteurs critiques communs lors de la conduite de ces projets innovants sont mis en avant : l'implication des formateurs (1), le soutien des centres de formation (2), et le temps de mise en œuvre (3). Cette étude répond à un manque dans la littérature détaillant le CO provoqué par l'Immersive Learning et fournit aux praticiens des préconisations pour faciliter la conduite de ces projets innovants.

3. Les formateurs en tant que receveurs de l'Immersive Learning

La troisième étude s'est focalisée sur les facteurs déterminant l'acceptation des formateurs pour intégrer l'Immersive Learning (IL) dans leurs pratiques pédagogiques. Identifier ces facteurs permet de faciliter la transformation pédagogique que ces technologies proposent dans leur activité de formation (Abd Majid et Mohd Shamsudin., 2019). A cette fin, nous avons combiné dans un même modèle les facteurs de trois échelles de mesure : le TAM (1 ; Davis et al., 1989), l'UTAUT2 (2 ; Venkatesh et al., 2012), et le TPACK (3 ; Mishra et Koelher., 2006). Dans la continuité de précédentes études, nous avons sélectionné 9 de leurs facteurs et supposé leurs relations causales : l'intention d'utilisation (1), l'utilité perçue (2), la facilité d'utilisation (3), l'auto-efficacité (4), l'anxiété (5), la motivation intrinsèque (6), les conditions facilitantes (7), l'influence sociale (8), et le facteur général du TPACK (9). L'intention des formateurs à utiliser l'IL dans leur activité serait prédite par l'auto-efficacité, l'utilité perçue, la facilité d'utilisation, la motivation intrinsèque, et l'anxiété. Ces facteurs seraient à leur tour prédits par l'influence sociale, les conditions facilitantes, et le facteur général du TPACK. Afin de confirmer cette structure factorielle, 155 formateurs français en activité ont complété ce questionnaire. Sur les données récoltées, nous avons alors conduit successivement 4 analyses : une analyse descriptive (1), une analyse factorielle exploratoire (2), une analyse factorielle confirmatoire (3), et la création de deux modèles d'équations structurelles (4).

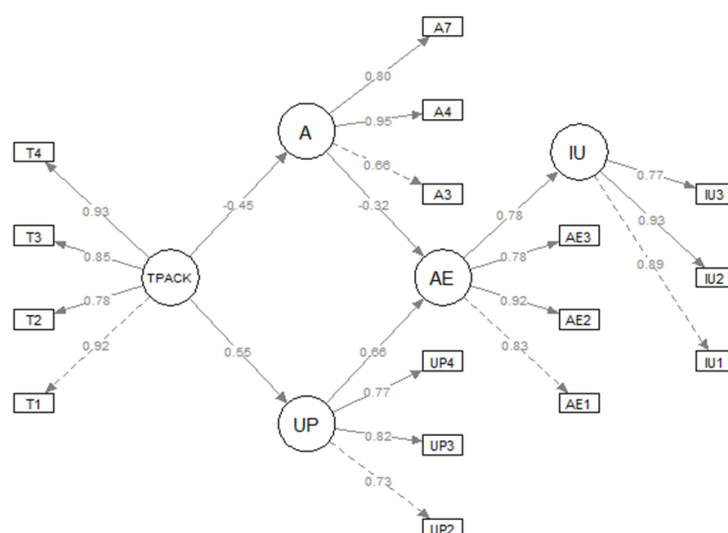


Figure 43. Modèle d'équation structurelle des facteurs déterminants à l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.

Ces analyses mettent en lumière une solution factorielle en 5 dimensions et précisent leurs relations. L'acceptation de l'IL par les formateurs serait expliquée par l'intention d'utilisation, l'anxiété, le facteur général du TPACK, l'utilité perçue, et l'auto-efficacité. Plus précisément, les connaissances nécessaires pour intégrer l'Immersive Learning dans un cours prédiraient l'anxiété et l'utilité perçue des formateurs à utiliser l'IL. L'utilité perçue et l'anxiété prédisent à leur tour le sentiment d'efficacité des formateurs lors de leur utilisation des Technologies Immersives (TI). Enfin, le sentiment d'efficacité ressenti par les formateurs à utiliser l'IL dans leurs cours prédit leur intention d'utilisation. En d'autres termes, les formateurs ont besoin de se sentir efficace lors de leur utilisation de l'immersif, de savoir comment l'intégrer à leurs cours, de connaître ses apports pédagogiques, et de pouvoir l'utiliser en toute sérénité avec leurs apprenants. Ces résultats mettent en avant le rôle de l'anxiété dans l'intégration de l'IL dans les pratiques pédagogiques des formateurs et ciblent des leviers sur lesquels les praticiens peuvent agir pour faciliter leur acceptation.

La quatrième étude de cette thèse a observé l'impact d'une formation professionnelle sur l'acceptation de l'IL auprès de formateurs en activité. La formation est souvent décrite comme l'une des méthodes permettant d'accompagner les formateurs à s'approprier les technologies éducatives et les intégrer dans leurs pratiques (Burgan., 1994 ; OECD., 2023a ; Palmer et al., 2016 ; UNESCO., 2020). Afin d'évaluer la pertinence de cette méthode d'intervention dans l'acceptation d'un CO, une formation a été codéveloppée. Elle est issue d'un partenariat entre l'entreprise financeuse de cette thèse CIFRE, Mimbus, et une entreprise d'ingénierie pédagogique spécialisée dans l'IL, Evol'Job. Cette formation s'étale sur 3 jours consécutifs, représente un total de 21h de formation, et comprend entre 4 et 8 participants par session. Elle couvre quatre thématiques réparties sur les trois jours : l'apport des TI en formation (1), l'utilisation des TI (2), l'ingénierie pédagogique pour intégrer l'immersif dans son dispositif de formation (3), et la posture du formateur avec les TI (4).

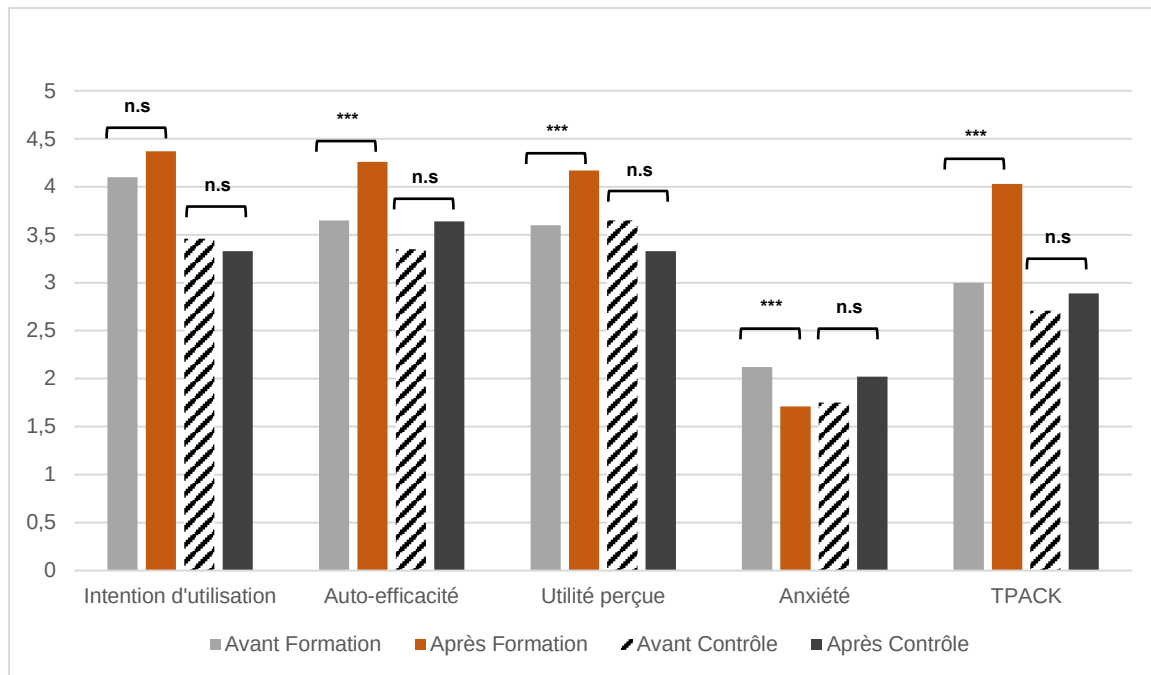


Figure 44. Effet de la formation sur les dimensions de l'acceptation des formateurs de l'Immersive Learning.

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'impact de cette formation sur les 5 dimensions à l'acceptation de l'IL identifiées lors de notre troisième étude. A savoir, l'intention d'utilisation, l'auto-efficacité, l'utilité perçue, l'anxiété, et le facteur général du TPACK. Au total, 45 formateurs français en activité ont été répartis en deux groupes homogènes (i.e., un groupe formation et un groupe contrôle), et ont complété un même questionnaire à 3 jours d'intervalle. Nos ANOVA à mesures répétées ont montré un effet significatif de la formation sur 4 des 5 dimensions utilisées dans cette étude : l'auto-efficacité (1), l'utilité perçue (2), l'anxiété (3), et le TPACK (4). L'intention d'utilisation montre, quant à elle, une différence tendancielle et modérée. A l'exception de l'anxiété, notre groupe contrôle n'a révélé aucune différence significative. En effet, l'anxiété tend à légèrement augmenter pour notre groupe contrôle au bout de trois jours. Ces résultats soutiennent l'intérêt de préparer les formateurs à l'utilisation de l'IL mais aussi de les accompagner à se les approprier tout au long de leurs carrières.

Chapitre 10 : Une approche multifactorielle du changement

Tout au long de ce travail de thèse, nous nous sommes interrogés sur le Changement Organisationnel (CO) que provoque l'Immersive Learning (IL) dans les pratiques des organismes de formation. Car ces Technologies Immersives (TI), quand elles sont utilisées à des fins d'apprentissage, provoquent bel et bien un CO (Dengel et al., 2021 ; Lee et al., 2021). Pour être implémentées, elles nécessitent des actions qui modifient le fonctionnement des organismes de formation aussi bien à un niveau individuel, collectif, qu'organisationnel (Dengel et al., 2021 ; Garcia, 2012). Dans notre revue de littérature, nous avons listé trois critères pour qu'un CO provoque un développement organisationnel dans les pratiques d'un organisme de formation. Le changement doit provenir d'un besoin (1), le changement doit être accompagné (2), et le changement doit provoquer une modification durable dans le fonctionnement d'un organisme de formation (3 ; Burke et Noumair, 2015). Notre revue de littérature a répondu à ce premier critère. Divers rapports institutionnels témoignent du potentiel des TI à s'intégrer dans plusieurs pans de notre société, incluant l'éducation et la formation (CNXR, 2023 ; Cohen, 2018 ; Dupain et al., 2023 ; Goldman Sachs, 2018 ; GVR, 2023 ; OECD, 2024). Ces rapports sont appuyés par de nombreux travaux académiques montrant l'intérêt d'employer ces TI à des fins d'apprentissage et de développement des compétences (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Howard et al., 2021 ; Makransky et Petersen, 2021 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2020). Plusieurs organismes de formation français ressentent également ce besoin et témoignent de différents cas d'usage à leurs utilisations. Le Conservatoire National des Arts et Métiers, l'Education Nationale, les Centres de Formation d'Apprentis, ou encore des entreprises privées telles que BlaBlaCar et la BPCE, en sont quelques exemples (Dupain et al., 2023). L'IL provoque donc bien un besoin de changer de la part des institutions publiques et des organismes de formation français.

Le deuxième critère de Burke et Noumair (2015) est que le changement doit être accompagné. Au sein des organisations, cet accompagnement prend la forme d'un projet (By, 2005 ; Hornstein, 2015 ; PMBOK Guide, 2013). Notre deuxième étude montre que l'implémentation de l'IL dans la pratique des organismes de formation respecte elle aussi ce postulat. Notre première étude explique le rôle des personnes qui ont la charge de conduire ce projet et de le mener à bien : les Agents du Changement (AC). Notre troisième et notre quatrième étude montrent l'importance de prendre en compte les besoins des formateurs pour réussir ce projet de CO. Pour que ce CO soit accompagné, il faut ainsi un accompagnement, des accompagnants, et des accompagnés. Le troisième critère de Burke et Noumair (2015) est d'observer une modification durable dans la pratique de ses membres. C'est-à-dire que l'IL soit intégré dans les pratiques des organismes de formation et que cette intégration s'observe

sur la durée. C'est l'une des limites à ce travail de thèse. Les quatre études exploratoires, dans leurs conduites, ne permettent pas d'observer une modification des pratiques des organismes de formation sur le long-terme. Dans leur ensemble, ces études se concentrent sur les facteurs facilitant l'implémentation de l'IL dans les pratiques d'un organisme de formation, et non sur les comportements témoignant d'une utilisation durable de ces TI.

La deuxième étude de cette thèse peut néanmoins apporter un début de réponse à ce troisième critère. Se basant sur des projets terminés, certains des interviewés ont pu observer une modification durable dans les pratiques des organismes de formation témoignant d'une implémentation de l'IL. Des indicateurs comme le remplacement des casques de réalité virtuelle, le développement de nouveaux simulateurs, le nombre de connexions, ou l'intégration de l'IL dans d'autres parcours de formation ont par exemple été mentionnés pendant les entretiens. A cela, l'absence d'une clôture définitive du projet dans les analyses de nos études de cas s'explique par le fait qu'un projet de changement impliquant les technologies éducatives et immersives n'est jamais réellement terminé. Il demande un accompagnement continu pour maintenir leurs usages dans les pratiques des équipes pédagogiques et anticiper leurs évolutions. A travers les études de cette thèse, nous pouvons donc avancer que l'IL provoque un CO et qu'il a le potentiel de générer un développement organisationnel. Notre deuxième étude montre que cette modification impacte l'écosystème d'un organisme de formation dans son ensemble (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021). Les apprenants dans le développement de leurs compétences, le personnel administratif dans son fonctionnement, les équipes informatiques dans l'aide qu'ils apportent aux équipes pédagogiques, les dirigeants dans leurs offres de formations, et les formateurs dans leurs activités pédagogiques avec leurs apprenants. Tout du moins, l'IL provoque ces changements lors de son accompagnement. La question n'est donc pas seulement de savoir s'il provoque un changement mais si ce changement peut être maintenu et étudié sur la durée afin de pouvoir constater un développement organisationnel.

Pour tenter de répondre à cette question, nous formulons plusieurs préconisations. La première est de conduire des études longitudinales afin d'observer sur la durée l'évolution des comportements des membres d'un organisme de formation vis-à-vis de l'IL. Elles permettraient alors de dépasser le cadre et la temporalité d'un projet de CO. La deuxième préconisation porte sur l'intérêt d'employer des méthodes de récoltes et d'analyses multifactorielles. Le changement provoqué par l'IL est complexe car il sous-tend la participation d'un grand nombre d'acteurs et l'observation de multiples représentations ou comportements. Une seule raison ne peut donc justifier la réussite à l'implémentation de ce changement tout comme une seule méthode ne peut suffire à expliquer la complexité de ce concept. Nos quatre études en sont un exemple en utilisant des méthodes d'analyses différentes mais démontrant

systématiquement que le changement étudié est de nature multifactorielle. Les AC possèdent différents facteurs individuels de réussite pour conduire un changement. Plusieurs facteurs viennent expliquer l'acceptation des formateurs pour intégrer l'IL dans leurs pratiques pédagogiques. Le projet de changement génère de multiples réactions auprès des membres d'un organisme de formation et requiert la réalisation de plusieurs étapes pour être mené à bien. Combiner ces méthodes multifactorielles à d'autres permettrait alors d'affiner la compréhension de ce concept émergent et encore peu exploré (Johansson et al., 2010). Dans ce sens, les *Sciences Humaines et Sociales* et l'étude des facteurs humains possèdent de nombreuses méthodes permettant de s'adapter à ce terrain d'étude (Fleury et al., 2023). Les focus group, les entretiens, les brainstormings, les questionnaires, les enquêtes, les observations terrains, les mises en situation, ou encore les T-groups en sont quelques exemples (Burnes et Cooke, 2012). A cela, récolter des données impliquant des comportements ou des performances permettrait de compléter les représentations des personnes impliquées dans ce changement. Ce qui est aussi l'une des limites aux études conduites dans cette thèse. Elles portent exclusivement sur la manière dont les personnes interrogées se représentent le changement et non sur leurs comportements *per se*. Le changement étant avant tout humain, il semble ainsi nécessaire de pouvoir s'adapter à leurs spécificités et de pouvoir adapter ses méthodes de recherche en conséquence.

Une troisième préconisation est de prendre en compte la diversité des acteurs impliqués dans l'étude de ce processus de CO. Comme nous avons pu le souligner précédemment, ces acteurs sont pluriels au sein d'un organisme de formation. Directeurs de centre, responsable de formation, personnel administratif, responsable informatique, ingénieur pédagogique, formateurs et apprenants, sont impactés par l'IL de manières différentes. Toutefois, ces acteurs ne se cantonnent pas uniquement à un organisme de formation. Notre première étude montre que différents profils peuvent aussi lui être externes. Les consultants spécialisés dans l'IL accompagnent cette transformation à travers leurs expertises et la prise en compte des avis de chacun. Les chercheurs permettent de mettre en place des protocoles de recherche afin d'évaluer l'efficacité de ces nouveaux dispositifs éducatifs et de préconiser des solutions pour les améliorer. Les institutionnels insufflent cette dynamique d'intégration du numérique et cofinancent cette transformation. Enfin, les développeurs et fournisseurs de logiciels créent ces technologies en fonction des besoins de chacun (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021). En accord avec la citation d'Eden et al. (2024), c'est bien un écosystème extrêmement vaste qui est associé à cette transformation des pratiques pédagogiques, et couvrant tant la formation, l'éducation, que l'enseignement. Une même typologie d'acteur peut d'ailleurs se retrouver dans des organisations différentes. Par exemple, les fournisseurs de matériels immersifs tels que PICO ou Meta sont à distinguer des

développeurs de logiciels. Pourtant, ils doivent savoir travailler de concert pour fournir une TI viable et ergonomique. Le même constat peut s'appliquer avec les experts pédagogiques ou les financeurs ; ils peuvent aussi bien être externes qu'internes à l'organisme de formation vivant le CO.

Les acteurs de l'IL sont donc nombreux. Chacun apporte sa pierre à l'édifice et nous supposons que chacun intervient à différents moments du processus de CO. Dans ses limites, notre première étude préconise de prendre en compte ces moments d'interventions et de multiplier les points de vue évaluant ces mêmes moments interventions (Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024). L'impact AC sur l'implémentation d'un CO peut être perçu différemment en fonction de la personne interrogée. Par exemple, l'équipe projet avec laquelle il collabore peut percevoir son impact sur le changement de manière différente que les personnes recevant ce même CO (Endrejat et al., 2021 ; Gerwing, 2016 ; Oreg et al., 2011 ; Radzi et al., 2019). Cette logique à 360° peut s'appliquer à différents sujets de l'IL et du CO qu'il provoque (e.g., résistances, besoins, acteurs, processus). C'est une troisième limite commune à ce travail de thèse. Chacune des études conduites porte sur le point de vue d'une typologie d'acteurs impliquée dans ce processus de CO. Elles ne les croisent pas. Les deux premières études récoltent les représentations des AC tandis que les deux dernières se concentrent sur les formateurs en tant que receveurs de ce CO. Il serait pertinent dans de futures recherches de pouvoir croiser ces représentations afin d'obtenir une vision holistique du CO provoqué par l'IL.

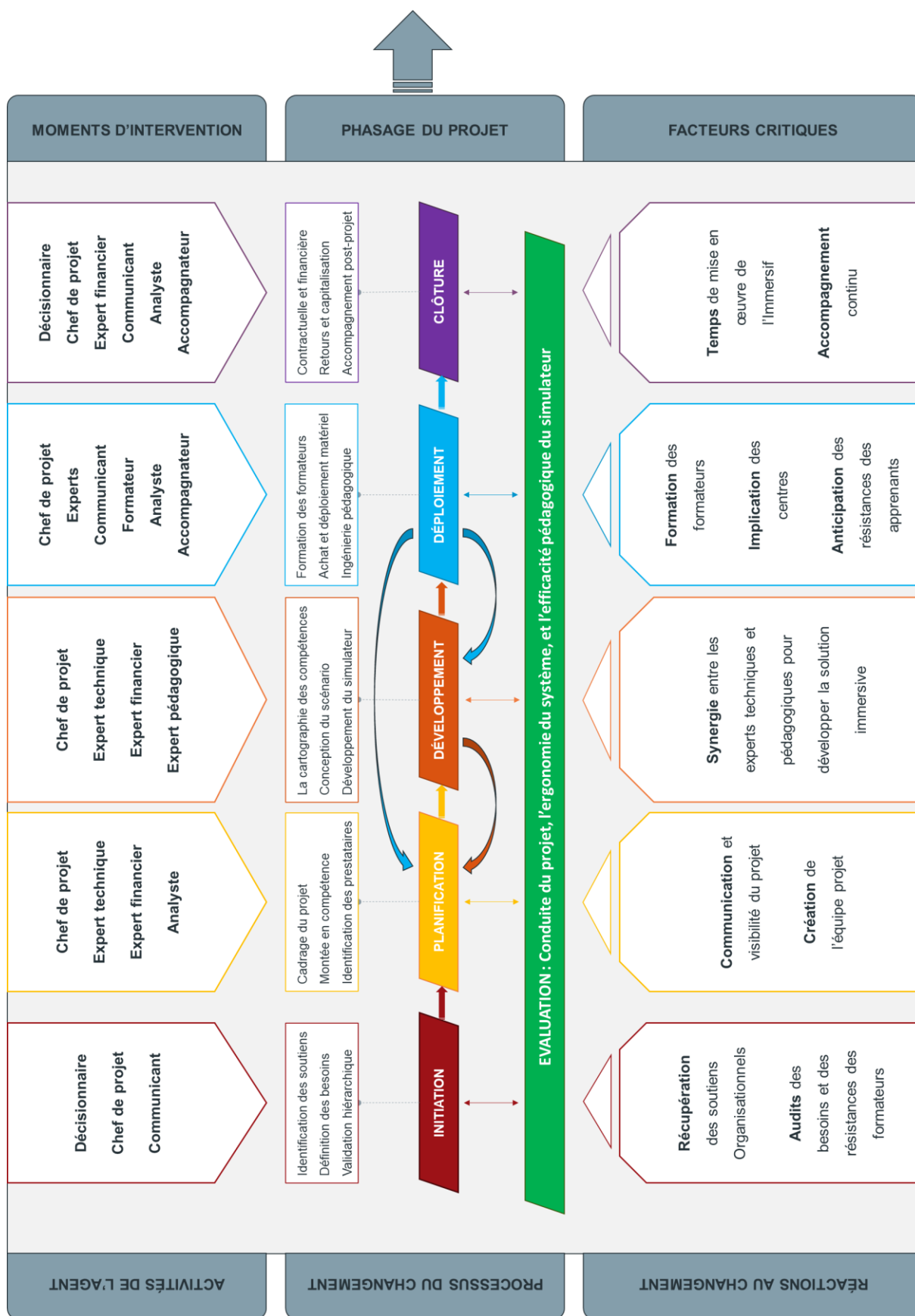


Figure 45. L'implémentation de l'Immersive Learning dans les pratiques des organismes de formation, un Changement Organisationnel de nature multifactorielle.

La figure 45 met en avant les contributions empiriques de cette thèse. Elle combine les résultats obtenus dans nos quatre études exploratoires, les positionnent en fonction des phases d'un projet de CO (By, 2005 ; Hornstein, 2015 ; PMBOK Guide, 2013), et hypothétise leurs relations. La frise chronologique centrale détaille le processus de CO provoqué par l'implémentation de l'IL dans les pratiques des organismes de formation. Elle fusionne les 6 étapes issues de la deuxième étude de cette thèse avec les 5 phases de la gestion d'un projet, et détaille leurs principales actions (PMBOK Guide, 2013). La partie supérieure du graphique indique les moments d'interventions supposés des différentes activités de l'AC dans ce processus de CO. Ces 9 profils issus de la première étude de cette thèse mettent en avant une activité complexe et protéiforme de l'AC (Gerwing, 2016 ; Jordahn et al., 2024). Cette typologie de l'AC fournit aux chercheurs un ensemble de facteurs individuels de réussite qui impacte la conduite d'un projet. Nous encourageons à les utiliser pour observer leur impact sur la conduite de chacune des phases d'un projet de CO. La partie inférieure du graphique rattache les facteurs critiques positifs et négatifs qui ont été explicités dans l'étude 2. Elle souligne aussi le besoin de prendre en compte les 5 dimensions de l'acceptation des formateurs de l'IL identifiées dans la troisième étude de cette thèse (i.e., l'intention d'utilisation, l'auto-efficacité, l'anxiété, l'utilité perçue, et le facteur général du TPACK). Suite aux résultats de notre quatrième étude, elle précise également le besoin de former les formateurs lors du déploiement de l'IL dans les organismes de formation afin de faciliter son appropriation. Pris ensemble, les résultats de ces études permettent d'identifier les facteurs impactant la conduite de ce type de projet et d'améliorer la compréhension de ce CO. Nos études étant exploratoires et portant sur des échantillons de petites tailles, nous ne pouvons pas généraliser leurs résultats. C'est une autre limite de ce travail de thèse. Il serait intéressant d'observer si ce modèle supposé des facteurs déterminants à l'implémentation de l'IL soit répliquable sur des échantillons de plus grandes tailles tout en prenant en compte l'avis de l'ensemble de ces parties prenantes.

Chapitre 11 : Une focale sur les équipes pédagogiques

Les Technologies Immersives (TI), et plus globalement les technologies éducatives, modifient la manière de former, d'enseigner, de transmettre. Elles n'ont pas pour vocation de remplacer les méthodes pédagogiques existantes, ou traditionnelles, mais de les compléter (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Howard et al., 2021 ; Portelli et al., 2020 ; Wu et al., 2020). Elles ne rendent pas non plus obsolète l'activité du formateur (Dupain et al., 2023 ; Wilson et al., 2019). A notre connaissance, aucune technologie ne le pourra réellement car l'acte pédagogique se réalise à minima entre deux personnes. Une personne possédant la volonté de transmettre une compétence et une seconde désireuse de l'acquérir. Un formateur et un formé. La technologie permettant cette transmission n'est qu'un média. Un outil utile à bien des égards, mais qu'un outil avant tout (Mignot et al., 2019). Ces technologies éducatives, quelles que soient la forme qu'elles revêtent, sont bien souvent issues d'un travail collaboratif. Un travail collaboratif entre un expert métier qui possède la compétence, un expert technique qui développe la technologie, et un expert pédagogique qui l'inscrit dans un contexte d'apprentissage (Chugh et al., 2023 ; Dengel et al., 2021 ; Eden et al., 2024 ; Lee et al., 2021). Parfois, ces expertises sont dissociées et réparties auprès de différentes personnes ; parfois, elles sont combinées et possédées par une seule. Cela dépend de la technologie éducative en question et des compétences possédées par les experts (Jordahn et al., 2024). C'est seulement ensuite que la technologie éducative issue de ce condensé d'expertise est transmis aux apprenants. Bien que ce raisonnement possède une validité purement apparente, les résultats de nos deux premières études ont tendance à soutenir cette logique. La première étude a identifié le besoin de ces expertises tandis que la seconde a fait ressortir deux étapes de travail collaboratif avec les formateurs. La première pour développer, ou adapter, la TI en fonction de leurs besoins. La deuxième pour l'intégrer dans leurs parcours de formation existants.

Cette deuxième étape de travail collaboratif pour intégrer l'Immersive Learning (IL) est la plus complexe pour les formateurs. Contrairement au développement du simulateur, cette étape touche tous les formateurs qui souhaitent l'intégrer dans leurs pratiques pédagogiques. Lors du développement du simulateur, la participation de quelques formateurs est suffisante afin de transmettre leurs expertises et développer avec eux les scénarios immersifs. De son côté, l'intégration de l'IL a le potentiel d'impacter tous les formateurs de l'organisme de formation. Le panel de personnes impactées par l'IL, et qui doit être accompagné, est donc plus large. Aussi, les résultats de nos quatre études montrent que l'intégration de l'IL nécessite une montée en compétences de la part des formateurs (Alfalah, 2018 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018). Une première compétence est de connaître les apports de l'IL et les

scénarios immersifs qu'ils souhaitent intégrer dans leurs dispositifs de formation. Sans cette connaissance, il sera difficile pour les formateurs de savoir quoi intégrer dans leurs parcours de formation actuels et de pouvoir le justifier. Cette compétence suppose aussi la maîtrise d'un nouvel espace de formation. Un espace physique pour s'assurer que les simulateurs soient correctement utilisés mais aussi un espace numérique afin que les scénarios proposés soient en accord avec les compétences transmises par le formateur. La deuxième compétence concerne l'ingénierie pédagogique afin de savoir comment intégrer l'IL dans l'activité des formateurs. C'est-à-dire qu'ils doivent connaître leurs référentiels de formation, cibler les compétences qui sont développées par le simulateur, l'intégrer avec pertinence dans le déroulé de leurs dispositifs de formation, et développer des animations permettant de l'utiliser avec leurs apprenants.

Une dernière compétence consiste à maîtriser le fonctionnement du simulateur et de pouvoir animer son cours avec la TI. Cette dernière compétence suppose un changement de posture de la part du formateur lors de son utilisation de la TI (Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018). La compétence qu'il souhaite développer avec ses apprenants n'est plus uniquement en sa possession, elle est également présente dans le simulateur. Le formateur n'est donc plus le seul tributaire d'une expertise et la transmission d'une compétence ne repose plus uniquement sur sa capacité à animer seul son cours. Le formateur devient le médiateur entre le contenu d'une ressource pédagogique et son appropriation par les apprenants dans l'objectif de développer une nouvelle compétence. Dans la littérature, nous pouvons retrouver cette opposition entre les concepts de *teacher-centered learning* et de *student-centered learning* (Emaliana, 2017 ; Serin, 2018). Le premier renvoie à un rôle du formateur en tant que principale source d'information et d'évaluation pour acquérir une compétence. Il développe et contrôle la totalité des expériences d'apprentissage mises à disposition des apprenants. La seconde renvoie à un environnement permettant une démarche active des apprenants pour développer une compétence. Les apprenants s'engagent dans des activités pédagogiques où le formateur accompagne et régule les apprentissages. L'utilisation de l'IL entrerait davantage dans cette seconde approche. Le formateur met à disposition un ensemble d'activités pédagogiques incluant l'immersif et accompagne les apprenants à leurs utilisations (Alfalah, 2018 ; Khukalenko et al., 2022 ; Weber et al., 2018).

Dans leur article, Khukalenko et al. (2022) montrent que les formateurs interrogés possèdent une approche hybride alliant ces deux concepts alors que la plupart n'ont jamais utilisé l'immersif dans leurs activités pédagogiques. Ces deux approches ne sont donc pas forcément opposées l'une à l'autre dans la pratique mais suppose un juste mélange entre les deux. Il serait intéressant dans de futures études d'observer si l'implémentation de l'IL dans les pratiques des formateurs change leur approche pédagogique. En particulier si l'IL privilégie celle centrée sur l'apprenant ou celle favorisant une approche hybride. Les résultats de nos deux dernières études ne permettent pas de répondre à cette hypothèse. La troisième étude met en avant un besoin de prendre en compte l'anxiété des formateurs d'utiliser l'IL en cours. Les items conservés après nos analyses supposent néanmoins que l'anxiété est liée à l'animation de leurs cours (e.g., la maîtrise du déroulé d'un cours, la perte d'attention des élèves). La quatrième étude montre qu'une formation diminue cette même anxiété. Nous supposons, dans nos interprétations, que cette diminution de l'anxiété est due au développement de la compétence associée à la posture du formateur avec l'immersif. C'est-à-dire la manière dont il anime son cours avec ces technologies. Cette compétence, quand elle est abordée lors de la formation, implique une approche centrée sur l'apprenant. Néanmoins, notre protocole ne nous permet pas de confirmer ce lien causal. Lors de futures sessions de formation, il serait pertinent de prendre en compte ces facteurs pour observer si une formation permet de changer cette approche pédagogique des formateurs.

Ce besoin en compétences de la part des formateurs renforce la nécessité de les accompagner à s'approprier les technologies éducatives et, dans notre contexte, les TI. Cet accompagnement ne peut se réduire à une action de formation car elle n'est qu'une de ses multiples actions pour instaurer un CO. Ces actions de formation les initient au développement de ces nouvelles compétences mais ne permettent pas de les maîtriser. L'accompagnement leur octroie cette possibilité en étant encadrés et guidés dans l'élaboration de ces nouveaux parcours de formation incluant l'immersif. Dans ce sens, notre deuxième étude souligne l'importance d'accorder du temps aux formateurs pour s'approprier ces nouvelles technologies et les rattacher à un contexte pédagogique. Ce manque d'accompagnement et de compétences des formateurs peuvent également expliquer des résultats parfois contradictoires sur l'efficacité pédagogiques de ces technologies. Pour éviter un éventuel biais dans l'évaluation de l'efficacité de ces dispositifs immersifs, il est donc important de contrôler la maîtrise de l'IL par les formateurs et son intégration dans les parcours de formation. Aussi, ces mêmes études mettent régulièrement en opposition des approches dites traditionnelles avec l'utilisation des technologies immersives (Angel-Urdinola et al., 2021 ; Daling et Schlittmeier, 2024 ; Howard et al., 2021 ; Portelli et al., 2020). A notre sens, elles doivent davantage avoir une approche intégrative (Wu et al., 2020). L'efficacité pédagogique de l'IL

doit effectivement être comparée à d'autres méthodes pédagogiques afin d'en cibler sa plus-value. Cependant, l'étude de la combinaison entre ces méthodes est tout autant pertinente. Par exemple, l'étude De Vries et May (2019) va dans ce sens en montrant que des parcours de formation hybride alliant les TI à d'autres méthodes pédagogiques sont plus efficaces ensemble que séparément. Ainsi, nous encourageons de futures études évaluant l'efficacité de ces technologies à prendre en compte si elles sont acceptées, maîtrisées, et intégrées, dans l'activité des formateurs les utilisant.

Chapitre 12 : Un changement organisationnel à Mimbus

Avant de terminer la discussion générale de cette thèse, il semble judicieux de mettre en avant un autre Changement Organisationnel (CO). Celui instauré au sein de l'entreprise Mimbus et résultant de ces cinq années de recherche. Il consiste à combiner la pratique et la recherche afin d'élaborer deux nouveaux services au sein de l'entreprise Mimbus. Un service de Formation et d'Accompagnement (1), et un service de Recherche et de Développement (2). A l'image de l'Immersive Learning (IL), ce changement ne peut pas être le fruit du travail d'un seul. L'élaboration de ces deux services est le résultat d'un travail commun, collaboratif, et volontaire de la part de mes collègues *mimbusiens*. Lors de mon arrivée à Mimbus, le *Chief Technology Officer* actuel m'a posé une question des plus troublantes : « Pourquoi recruter un psy ? On a des problèmes à Mimbus ? ». A ce moment-là, j'avais envie de lui répondre avec sarcasme : « Allonges-toi sur le divan et sers-toi un café, ça risque d'être long... ». A la place, je lui ai répondu : « Pourquoi ? Tu penses qu'il y a des problèmes à Mimbus ? ». Il s'en est suivi toute une conversation pour démystifier l'activité d'un psychologue du travail et, surtout, pour expliquer les raisons qui nous ont amenées à construire ce projet de thèse CIFRE. Celles visant à identifier les moyens de faciliter l'utilisation des simulateurs par les formateurs. C'était la première étape de ce CO : la formulation d'un besoin.

La deuxième étape était la compréhension de l'environnement dans lequel je me trouvais. En parallèle de ma revue de littérature et de la construction du matériel de la première étude, je découvrais le fonctionnement de Mimbus. A la suite de la première étude de cette thèse, un constat s'est imposé. Si l'on souhaite aider les formateurs à prendre en main l'IL et l'intégrer dans leurs pratiques, il faut qu'on trouve un moyen de les accompagner. L'ébauche du premier service se dessinait et s'est concrétisée sur la deuxième année de cette thèse. C'était le début de la troisième étape, la création d'un service de formation et d'accompagnement. Avec un partenaire, Evol'Job, nous avons alors construit notre première formation interne, DFI-RV. Une formation pour initier les formateurs à l'IL et l'intégrer dans leur activité. Elle se veut donc générique et non destinée à l'un de nos produits. Sur les années suivantes, cette offre de formation s'est élargie pour proposer un produit de formation sur chacun de nos simulateurs. La création de nouveaux partenariats pour animer ces formations a été mise en place et une entité de formation a été déclarée à la Drafipca Occitanie : Mimbus Academy. Mimbus Academy possède désormais un réseau d'une dizaine de partenaires externes et une offre de formation modulable. Cette offre de formation s'articule autour de deux produits de formation en présentiel : DFI-RV (1) et les formations produits (2). Une fois cette offre de formation construite, il nous restait à développer un plan d'accompagnement pour proposer aux formateurs un suivi sur la durée. Ce plan d'accompagnement est actuellement en phase de

test dans le cadre du projet LEARN DEFFINUM porté par la Fondation des Apprentis d'Auteuil. Il est piloté par le Ministère du Travail et de l'Emploi ainsi que la Caisse des Dépôts et Consignations. Aujourd'hui, ce service de formation et d'accompagnement de Mimbus Academy est stable. Il s'est greffé au fonctionnement de l'entreprise. De nouvelles actions sont prévues sur les prochaines années comme la mise en place d'un service de formation à distance ou le référencement Qualiopi.

Le deuxième changement instauré à Mimbus est un service de Recherche et Développement. Il est également rattaché à Mimbus Academy en tant qu'entité. Il permet d'apporter une expertise de recherche pour évaluer l'efficacité des dispositifs de formation avec l'IL. L'un des axes du projet LEARN DEFFINUM piloté par Mimbus en est un exemple. Il consiste à conduire trois études expérimentales en partenariat avec le laboratoire toulousain CLLE. La première étude porte sur une cartographie des représentations de l'IL auprès des formateurs et apprenants de la Fondation des Apprentis d'Auteuil. La deuxième étude porte sur l'évaluation de l'efficacité du plan d'accompagnement réalisé auprès des formateurs pendant les trois années du projet. La troisième étude porte sur l'efficacité d'une action de formation employant l'un des simulateurs Mimbus sur l'analyse et la gestion de risque sur chantier. Cette dernière étude fera l'objet d'une communication et d'une publication sur l'année 2025. Un autre exemple de partenariat de recherche réalisé avec ce service est une étude conduite avec Inspirit et l'Harrison School District 2 au Colorado. Elle a pour objectif d'étudier l'efficacité d'un simulateur d'orientation professionnelle auprès de jeunes apprenants quand il est intégré dans un dispositif d'orientation existant. Ce projet de recherche est à son commencement et se déroule sur l'année scolaire 2024-2025. Ces différents exemples témoignent de la mise en place d'un service de Recherche et Développement au sein de l'entreprise Mimbus. Il a pour objectif de se pérenniser sur les prochaines années.

Au-delà d'étudier le changement provoqué par l'IL, ce projet de thèse CIFRE a donc aussi permis de provoquer un CO au sein de l'entreprise financeuse. Selon la définition de Burke et Noumair (2015) qui a été le fil conducteur de notre réflexion, un développement organisationnel a été mis en place. Il provenait d'un besoin interne à l'organisation (i.e., critère 1). Celui de trouver des leviers pour faciliter l'utilisation de l'IL par les formateurs. Ce changement devait être accompagné (i.e., critère 2). La mise en place de Mimbus Academy au sein de Mimbus l'a été en impliquant la totalité des équipes de Mimbus dans son développement et sa mise en production. L'équipe marketing a permis de développer les supports de communication rendant Mimbus Academy visible. L'équipe commerciale a inclus les services de Mimbus Academy dans leur offre auprès de leurs clients. L'équipe de développement a ajouté la formation des formateurs lors de la conduite d'un projet de développement. L'équipe support a participé à la construction et à l'animation des formations

produits. L'équipe administrative a rendu possible la création de ce service et a assuré son fonctionnement administratif. C'est donc une modification durable du fonctionnement de l'organisation qui a été mis en place et qui s'observe aussi bien à un niveau individuel, collectif, qu'organisationnel (i.e., critère 3). Les prochaines étapes de ce changement sont de s'assurer que les services proposés par cette entité provoquent bel et bien un développement organisationnel. Mais cette fois-ci, de nouveau auprès de ses clients. *La boucle est bouclée.*

Conclusion

Comme le souligne si justement Eden et al. (2024), c'est en travaillant ensemble que l'utilisation des technologies éducatives permettra de former de manière inclusive et équitable les futures générations. Développeurs, formateurs, institutionnels, directeurs de centres, apprenants, chercheurs ou encore membres d'une association, sont quelques exemples de la grande diversité d'acteurs impliqués dans la diffusion de l'immersive learning et de son utilisation par tous. L'étude des travaux sur l'immersive learning et des changements qu'ils provoquent auprès des organismes de formation n'en est qu'à ses débuts. Ces nouvelles technologies illustrent les transformations que le numérique provoque dans nos manières d'apprendre et de former. Elles requièrent un accompagnement continu des équipes pédagogiques pour se les approprier et les intégrer durablement dans leurs activités.

L'objectif de ce travail de thèse était d'identifier les facteurs déterminants l'implémentation de l'immersive learning dans les pratiques d'un organisme de formation. A travers trois approches du changement organisationnel, les résultats de nos études exploratoires ont montré que la réponse est de nature multifactorielle. Ce changement organisationnel prend la forme d'un projet quand il est amené au sein d'une organisation. Il est mis en place par des agents du changement qui ont pour objectif d'intégrer durablement l'immersive learning dans les pratiques d'un organisme de formation. Ce changement organisationnel est reçu par les formateurs qui sont les premiers garants de son utilisation et qui possèdent des besoins spécifiques pour faciliter son appropriation.

La première étude de cette thèse avait pour objectif d'identifier les facteurs de réussite des agents du changement dans cette transformation des pratiques pédagogiques avec le numérique. Ses résultats mettent en avant la nature protéiforme de l'agent du changement à travers 9 activités distinctes. L'activité de chef de projet est centrale tandis que les 8 autres lui sont périphériques. Elles apportent à l'équipe projets une gestion, une stratégie, un accompagnement, une formation, une communication, une méthodologie, et des expertises tant technique, pédagogique, que financière. La pluralité de ces activités implique qu'elles ne peuvent pas être réalisées par une seule personne sans en impacter la qualité de la conduite d'un changement organisationnel.

La deuxième étude de cette thèse portait sur le processus de changement organisationnel lié à l'implémentation de l'immersive learning dans les pratiques des organismes de formation. Elle avait pour objectif de définir le changement que l'immersive learning provoque au sein des organismes de formation, la forme que prend ce processus, et les facteurs critiques qui lui sont associés. Ses résultats avancent que ce changement organisationnel impacte les

pratiques d'un organisme de formation dans son ensemble. Les apprenants dans le développement de leurs compétences, le personnel administratif dans son fonctionnement, les dirigeants dans leurs offres de formations, et les formateurs dans leurs activités pédagogiques. Les résultats de cette étude révèlent aussi 6 étapes à l'implémentation de l'immersive learning avec ses propres facteurs critiques impactant sa réussite.

La troisième étude de cette thèse s'est concentrée sur les formateurs comme receveurs de ce changement organisationnel. Elle avait pour objectif d'identifier les facteurs déterminant leur acceptation pour intégrer l'immersive learning dans leurs pratiques pédagogiques. Ses résultats mettent en lumière une solution factorielle en 5 dimensions et précisent leurs relations. L'acceptation de l'immersive learning par les formateurs serait expliquée par l'intention d'utilisation, l'anxiété, le facteur général du TPACK, l'utilité perçue, et l'auto-efficacité. Pour intégrer l'immersive learning dans leur activité, les formateurs ont besoin de se sentir efficace lors de son utilisation, de savoir comment l'intégrer à leurs cours, de connaître ses apports pédagogiques, et de pouvoir l'utiliser en toute sérénité avec leurs élèves.

La quatrième étude de cette thèse a observé l'impact d'une formation sur l'acceptation de l'immersive learning auprès de formateurs en activité (i.e., Chapitre 8). Elle avait pour objectif d'évaluer l'intérêt de cette méthode d'intervention pour améliorer l'intention des formateurs à intégrer l'immersive learning dans leurs pratiques pédagogiques. Ses résultats ont montré un effet significatif de la formation sur 4 des 5 dimensions identifiées dans notre troisième étude : l'auto-efficacité (1), l'utilité perçue (2), l'anxiété (3), et le TPACK (4). L'intention d'utilisation montre, quant à elle, une différence tendancielle et modérée. Ces résultats soutiennent l'intérêt de préparer les formateurs à l'utilisation de ces technologies immersives mais aussi de les accompagner à se les approprier tout au long de leurs carrières.

A travers les études de cette thèse, nous pouvons donc avancer que l'immersive learning provoque un changement organisationnel et qu'il a le potentiel de générer un développement organisationnel (Burke et Noumair., 2015). L'immersive learning provient d'un besoin des institutions et des organismes de formation d'intégrer ces technologies éducatives dans leurs pratiques pédagogiques. Ce changement organisationnel prend la forme d'un accompagnement pour aider les formateurs à s'approprier ces technologies et les intégrer dans leur activité. Néanmoins, les études de cette thèse se concentrent sur les facteurs facilitant l'acceptation de ces technologies immersives et non sur les comportements témoignant de leur utilisation sur le long-terme. A cette fin, nous encourageons à continuer l'étude de ce concept afin d'observer si ce changement organisationnel peut être maintenu sur la durée et provoquer un développement organisationnel auprès des organismes de formation.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbas, J. R., O'Connor, A., Ganapathy, E., Isba, R., Payton, A., McGrath, B., ... & Bruce, I. A. (2023). What is virtual reality? A healthcare-focused systematic review of definitions. *Health Policy and Technology*, 12(2), 100741. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2023.100741>
- Abbey, A., Porssut, T., Herbelin, B., & Boulic, R. (2021, November). Assessing the Impact of Mixed Reality Immersion on Presence and Embodiment. In *Proceedings of the 14th ACM SIGGRAPH Conference on Motion, Interaction and Games* (pp. 1-10). <https://doi.org/10.1145/3487983.3488304>
- Abd Majid, F., & Mohd Shamsudin, N. (2019). Identifying factors affecting acceptance of virtual reality in classrooms based on technology acceptance model (TAM). *Asian Journal of University Education*, 15(2), 1-10. <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/29675>
- Acton, K. S. (2021). School leaders as change agents: Do principals have the tools they need?. *Management in Education*, 35(1), 43-51. <https://doi.org/10.1177/0892020620927415>
- Aebersold, M. (2016). The history of simulation and its impact on the future. *AACN advanced critical care*, 27(1), 56-61. <https://doi.org/10.4037/aacnacc2016436>
- Agbatogun, A. (2010). Self-concept, computer anxiety, gender and attitude towards interactive computer technologies: A predictive study among Nigerian teachers. *International Journal of Education and Development using ICT*, 6(2), 55-68. <https://www.learntechlib.org/p/42333/>
- Agrewal, S., Simon, A. M. D., Bech, S., Bærentsen, K. B., & Forchammer, S. (2019). Defining immersion: Literature review and implications for research on. *Journal of the Audio Engineering Society*. <https://doi.org/10.17743/jaes.2020.0039>
- Ahmad, J., Khan, A. W., & Khan, H. U. (2021). Role of critical success factors in offshore quality requirement change management using SLR. *IEEE Access*, 9, 99680-99698. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3096663>
- Ajzen, I. (1991). The Theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Al-Adwan, A. S., Meet, R. K., Anand, S., Shukla, G. P., Alsharif, R., & Dabbaghia, M. (2024). Understanding continuous use intention of technology among higher education teachers in emerging economy: evidence from integrated TAM, TPACK, and UTAUT model. *Studies in Higher Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2343955>
- Al-Gindy, A., Felix, C., Ahmed, A., Matoug, A., & Alkhidir, M. (2020). Virtual reality: Development of an integrated learning environment for education. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(3), 171-175. <http://dx.doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.3.1358>

- Albakri, G., Bouaziz, R., Alharthi, W., Kammoun, S., Al-Sarem, M., Saeed, F., & Hadwan, M. (2022). Phobia exposure therapy using virtual and augmented reality: a systematic review. *Applied Sciences*, 12(3), 1672. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/3/1672#>
- Aldebert, B., & Rouzies, A. (2014). Quelle place pour les méthodes mixtes dans la recherche francophone en management?. *Management international/International Management/Gestión Internacional*, 19(1), 43-60. <https://doi.org/10.7202/1028489ar>
- Alfalah, S. F. (2018). Perceptions toward adopting virtual reality as a teaching aid in information technology. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2633-2653. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9734-2>
- Alfaisal, R., Hashim, H., & Azizan, U. H. (2024). Metaverse system adoption in education: a systematic literature review. *Journal of Computers in Education*, 11(1), 259-303. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6>
- Alfes, K., Shantz, A. D., Bailey, C., Conway, E., Monks, K., & Fu, N. (2019). Perceived human resource system strength and employee reactions toward change: Revisiting human resource's remit as change agent. *Human Resource Management*, 58(3), 239-252. <https://doi.org/10.1002/hrm.21948>
- Alghamdi, M. (2018). Success factors of implementing enterprise resource planning systems in North American organizations. University of Phoenix. <https://www.proquest.com/openview/9f27c3475eac7769ef87af2dbb5e1db8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- Alhogail, A., & Mirza, A. A. (2011). Implementing a virtual learning environment (VLE) in a higher education institution: a change management approach. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 31(1), 42-52. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a72ff345aef5506c4c2a9c56ea9687c3e00caf95>
- Ali, I., & Warraich, N. F. (2023). Use and acceptance of technology with academic and digital libraries context: A meta-analysis of UTAUT model and future direction. *Journal of Librarianship and Information Science*, <https://doi.org/10.1177/09610006231179716>
- Ali, I., Warraich, N. F., & Butt, K. (2024). Acceptance and use of artificial intelligence and AI-based applications in education: A meta-analysis and future direction. *Information Development*, <https://doi.org/10.1177/02666669241257206>
- Alomary, A., & Woollard, J. (2015). How is technology accepted by users? A review of technology acceptance models and theories. <https://eprints.soton.ac.uk/382037/>
- Alsharija, M., & Watters, J. J. (2021). Secondary school principals as change agents in Kuwait: Principals' perspectives. *Educational Management Administration & Leadership*, 49(6), 883-903. <https://doi.org/10.1177/1741143220925090>

- An, X., Chai, C. S., Li, Y., Zhou, Y., Shen, X., Zheng, C., & Chen, M. (2023). Modeling English teachers' behavioral intention to use artificial intelligence in middle schools. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5187-5208. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11286-z>
- Andrae, A. S. (2017). Life cycle assessment of a virtual reality device. *Challenges*, 8(2), 15. <https://doi.org/10.3390/challe8020015>
- Angehrn, A. A., & Atherton, J. E. (1999). A conceptual framework for assessing development programmes for change agents. *Proceedings of the ECIS, Copenhagen*. [https://www.insead.edu/sites/insead/files/assets/faculty-personal-site/albert-a-angehrn/documents/9-A Conceptual Framework for Assessing Development Programmes for Change Agents.pdf](https://www.insead.edu/sites/insead/files/assets/faculty-personal-site/albert-a-angehrn/documents/9-A%20Conceptual%20Framework%20for%20Assessing%20Development%20Programmes%20for%20Change%20Agents.pdf)
- Angel-Urdinola, D. F., Castillo-Castro, C., & Hoyos, A. (2021). Meta-analysis assessing the effects of virtual reality training on student learning and skills development. *World Bank*. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-okr-1098635299>
- Ansari, S. Z. A., Shukla, V. K., Saxena, K., & Filomeno, B. (2022). Implementing virtual reality in entertainment industry. In *Cyber Intelligence and Information Retrieval: Proceedings of CIIR 2021* (pp. 561-570). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4284-5_49
- Antonietti, C., Cattaneo, A., & Amenduni, F. (2022). Can teachers' digital competence influence technology acceptance in vocational education?. *Computers in Human Behavior*, 132, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107266>
- Asnan, R., Nordin, N., & Othman, S. N. (2014). Lean implementation in service sector: The role of change agent. <https://stmlportal.net/ictom04/papers/P26.pdf>
- Asoodar, M., Janesarvatan, F., Yu, H., & de Jong, N. (2024). Theoretical foundations and implications of augmented reality, virtual reality, and mixed reality for immersive learning in health professions education. *Advances in Simulation*, 9(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s41077-024-00311-5>
- Assarroudi, A., Heshmati Nabavi, F., Armat, M. R., Ebadi, A., & Vaismoradi, M. (2018). Directed qualitative content analysis: the description and elaboration of its underpinning methods and data analysis process. *Journal of Research in Nursing*, 23(1), 42-55. <https://doi.org/10.1177/1744987117741667>
- Astani, A. I., & Macarie, A. (2013). The ideal ability profile of the student future military aircraft pilot. *Review of the Air Force Academy*, (1), 89. https://www.afahc.ro/ro/revista/Nr_1_2013/54%20Andreea%20Astani.pdf

- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments/MIT press.
<https://www.hitl.washington.edu/people/tfurness/courses/inde543/READINGS-03/OTHER/Azumapaper.pdf>
- Balet, O. (1998). Un système interactif pour le prototypage virtuel coopératif (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse). <https://theses.hal.science/tel-01249230v1>
- Bamrungsin, P., & Khampirat, B. (2022). Improving professional skills of pre-service teachers using online training: applying work-integrated learning approaches through a quasi-experimental study. Sustainability, 14(7), 4362. <https://doi.org/10.3390/su14074362>
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action. Englewood Cliffs, NJ, 1986(23-28), 2. <http://ereserve.library.utah.edu/Annual/PSY/3960/Gelfand/social1.pdf>
- Barbe, F., & Boboc, A. (2022). Intégration de la réalité virtuelle dans une formation à distance en contexte de crise sanitaire: étude de l'hybridation d'un parcours de formation. Phronesis, 11(4), 57-74. <https://hal.science/hal-04099293v1>
- Bareil, C. (2008). Démystifier la résistance au changement: questions, constats et implications sur l'expérience du changement. Télescope, La gestion du changement stratégique dans les organisations publiques, 14(3), 89-105. https://telescope.enap.ca/telescope/docs/index/vol_14_no_3/telv14n3_bareil.pdf
- Bareil, C., Savoie, A., & Meunier, S. (2007). Patterns of discomfort with organizational change. Journal of Change Management, 7(1), 13-24. <https://doi.org/10.1080/14697010701232025>
- Basdevant, A., François, C., & Ronfard, R. (2022). *Rapport de la mission exploratoire sur les métavers*. Ministère de la Culture (France) ; Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. (hal-04056414)
- Bell, C. H., & French, W. L. (1995). Organizational development. Behavioral Science Interventions for Organization Improvement. https://books.google.nl/books/about/Organization_Development.html?id=CKdDAgbzPTcC&redir_esc=y
- Benosman, R., & Kang, S. B. (2001). A brief historical perspective on panorama. In Panoramic vision: sensors, theory, and applications (pp. 5-20). New York, NY: Springer New York. <https://hal.science/hal-04056414v1>
- Berkman, M. I., & Akan, E. (2024). Presence and immersion in virtual reality. In Encyclopedia of computer graphics and games (pp. 1461-1470). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23161-2_162

- Berger, T., & Thomas, M. (2011). Integrating digital technologies in education: A model for negotiating change and resistance to change. In *Digital education: Opportunities for social collaboration* (pp. 101-119). New York: Palgrave Macmillan US. https://doi.org/10.1057/9780230118003_6
- Bertrand, P. (2021). XR Body Swap pedagogical tools for empathy: Interdisciplinary design and implementation of Extended Reality (XR) learning experiences for improving empathic capacities (Doctoral dissertation, Université Paris Cité). <https://theses.hal.science/tel-04144849v1>
- Bertrand, P., Guegan, J., Robieux, L., McCall, C. A., & Zenasni, F. (2018). Learning empathy through virtual reality: multiple strategies for training empathy-related abilities using body ownership illusions in embodied virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 326671. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00026>
- Blut, M., Chong, A. Y. L., Tsiga, Z., & Venkatesh, V. (2022, January). Meta-analysis of the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): challenging its validity and charting a research agenda in the red ocean. *Association for Information Systems*. <http://hdl.handle.net/10919/110090>
- Biocca, F. (1997). The cyborg's dilemma: Progressive embodiment in virtual environments. *Journal of computer-mediated communication*, 3(2), JCMC324. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00070.x>
- Boel, C., Rotsaert, T., Valcke, M., Rosseel, Y., Struyf, D., & Schellens, T. (2023). Are teachers ready to immerse? Acceptance of mobile immersive virtual reality in secondary education teachers. *Research in Learning Technology*, 31. <http://doi.org/10.25304/rlt.v31.2855>
- Books, H. S. E. (2009). Reducing error and influencing behaviour. <http://www.bespokesafetytraining.com/Resources/Reducing%20Error%20and%20Influencing%20Behaviour%20HSG%2048a.pdf>
- Bullen, C. V., & Rockart, J. F. (1981). A primer on critical success factors. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/1988/SWP-1220-08368993-CISR-069.pdf>
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2006). Virtual reality technology. *International Journal of e-Collaboration*, 2(1), 61-64. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e33657412d495f4332c136fc7c9d0fb6b2ba493a>
- Burgan, O. (1994). Training the Trainers in Technology. <https://eric.ed.gov/?id=ED375092>
- Burke, W. W. (2017). *Organization Change: Theory and Practice*. SAGE Publications. <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=EWZCDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=KYPMSvNQg8&sig=Zurjy-wr-oCGZn0A1CZ99ac7IOk#v=onepage&q&f=false>

- Burke, W. W., & Noumair, D. A. (2015). Organization development: A process of learning and changing. FT Press. <http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED375092>
- Burkhardt, J. M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques. *Le travail humain*, 661(1), 65-91. <http://dx.doi.org/10.3917/th.661.0065>
- Burnes, B., & Cooke, B. (2012). The past, present and future of organization development: Taking the long view. *Human relations*, 65(11), 1395-1429. <https://doi.org/10.1177/0018726712450058>
- Buss, R. R., Foulger, T. S., Wetzel, K., & Lindsey, L. (2018). Preparing teachers to integrate technology into K–12 instruction II: Examining the effects of technology-infused methods courses and student teaching. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(3), 134-150. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1437852>
- By, R. T. (2005). Organisational change management: A critical review. *Journal of change management*, 5(4), 369-380. <https://doi.org/10.1080/14697010500359250>
- Cabrera-Sánchez, J. P., Ramos-de-Luna, I., Carvajal-Trujillo, E., & Villarejo-Ramos, Á. F. (2020). Online recommendation systems: Factors influencing use in e-commerce. *Sustainability*, 12(21), 8888. <https://doi.org/10.3390/su12218888>
- Caldwell, R. (2001). Champions, adapters, consultants and synergists: the new change agents in HRM. *Human Resource Management Journal*, 11(3), 39-52. <https://doi.org/10.1111/j.1748-8583.2001.tb00044.x>
- Caldwell, R. (2003). Change leaders and change managers: different or complementary?. *Leadership & Organization Development Journal*, 24(5), 285-293. <https://doi.org/10.1108/01437730310485806>
- Calmels, M. (2024). L'Agence nationale pour la Formation professionnelle des adultes (AFPA). In *Annales des Mines-Réalités industrielles* (No. 1, pp. 59-62). Cairn/Cairn. <https://shs.cairn.info/revue-realites-industrielles-2024-1-page-59?lang=fr>
- Camargo, B. V., & Bousfield, A. B. S. (2009). Social representations, risk behaviors and AIDS. *The Spanish Journal of Psychology*, 12(2), 565-575. <https://doi.org/10.1017/S1138741600001931>
- Cameron, E., & Green, M. (2019). Making sense of change management: A complete guide to the models, tools and techniques of organizational change. Kogan Page Publishers. <https://tashfeen.pbworks.com/f/Making%20Sense%20of%20Change%20Management.pdf>

- Campbell, D. T., & Fiske, D. W. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychological bulletin*, 56(2), 81. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0046016>
- Cardenas-Robledo, L. A., Hernández-Urbe, Ó., Reta, C., & Cantoral-Ceballos, J. A. (2022). Extended reality applications in industry 4.0.–A systematic literature review. *Telematics and Informatics*, 73, 101863. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101863>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, 51, 341-377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Carter, L., Sullivan, R. L., Goldsmith, M., Ulrich, D., & Smallwood, N. (2013). *The Change Champion's Field Guide: Strategies and Tools for Leading Change in Your Organization*. John Wiley & Sons. <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=1bUzAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR17&ots=tq2TFhshDD&sig=jDsKxB3y0A1Ep-hbtBYnis5Z7Ic#v=onepage&q&f=false>
- Carpenter, R. E., McWhorter, R., & Stone, K. (2023). Adopting Virtual Reality for Education: Exploring Teachers' Perspectives on Readiness, Opportunities, and Challenges. <http://hdl.handle.net/10950/4576>
- Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A., & Göbel, S. (2021). Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. *Virtual Reality*, 25(4), 1153-1170. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6>
- Cawsey, T., Deszca, G. and Ingols, C. (2012). *Organizational Change: An Action-Oriented Toolkit*, 2nd edn. Sage Publications, Thousand Oaks, CA. https://www.researchgate.net/publication/277011129_Organizational_Change_An_Action-Oriented_Toolkit
- Chabot, M. (1994). Informatique à l'école maternelle. *epi.asso.fr*. Consulté le 30 octobre 2024 sur <https://www.epi.asso.fr/revue/73/b73p087.htm>
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Chaudhary, A., & Saini, A. (2018). Virtual reality in education. *Blue Dot*, 8, UNESCO MGIEP. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372385.locale=fr>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>

- Chen, K. T. (2012). Elementary EFL Teachers' Computer Phobia and Computer Self-Efficacy in Taiwan. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 11(2), 100-107. <https://www.learntechlib.org/p/55729/>
- Chen, S. E. (1995, September). Quicktime VR: An image-based approach to virtual environment navigation. In *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 29-38). <https://doi.org/10.1145/218380.218395>
- Chen, X., Chang-Richards, A. Y., Pelosi, A., Jia, Y., Shen, X., Siddiqui, M. K., & Yang, N. (2022a). Implementation of technologies in the construction industry: a systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(8), 3181-3209. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2021-0172>
- Chen, B., Wang, Y., & Wang, L. (2022b). The effects of virtual reality-assisted language learning: A meta-analysis. *Sustainability*, 14(6), 3147. <https://www.mdpi.com/1532462>
- Chen, J., Fu, Z., Liu, H., & Wang, J. (2024). Effectiveness of virtual reality on learning engagement: A meta-analysis. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, 19(1), 1-14. DOI: 10.4018/IJWLTT.334849
- Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Hsu, Y. T. (2023). The roles of epistemic curiosity and situational interest in students' attitudinal learning in immersive virtual reality environments. *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), 494-519. <https://doi.org/10.1177/07356331221121284>
- Chesher, C. (1994). Colonizing virtual reality: Construction of the discourse of virtual reality. *Cultronix*, 1(1), 1-27. http://www.casa.ucl.ac.uk/cyberspace/Colonizing_Virtual_Reality.pdf
- Chiang, F. K., Shang, X., & Qiao, L. (2022). Augmented reality in vocational training: A systematic review of research and applications. *Computers in Human Behavior*, 129, 107125. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107125>
- Chiu, T. K. (2017). Introducing electronic textbooks as daily-use technology in schools: A top-down adoption process. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 524-537. <https://doi.org/10.1111/bjet.12432>
- Chiu, T. K., & Churchill, D. (2016). Adoption of mobile devices in teaching: Changes in teacher beliefs, attitudes and anxiety. *Interactive Learning Environments*, 24(2), 317-327. <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1113709>
- Chugh, R., Turnbull, D., Cowling, M. A., Vanderburg, R., & Vanderburg, M. A. (2023). Implementing educational technology in Higher Education Institutions: A review of technologies, stakeholder perceptions, frameworks and metrics. *Education and Information Technologies*, 28(12), 16403-16429. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11846-x>

- CNXR (2023). *Compréhension du marché et des besoins entreprise XR en France*. Conseil National de la XR. <https://cnxr.fr/etude-de-marche/>
- Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cohen, L. (2018). *Augmented and Virtual Reality in Operations*. Capgemini Research Institute. <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/09/AR-VR-in-Operations1.pdf>
- Costa Jr, P. T., & McCrae, R. R. (2008). *The Revised Neo Personality Inventory (neo-pi-r)*. Sage Publications, Inc. <https://psycnet.apa.org/doi/10.4135/9781849200479.n9>
- Costa Jr, P. T., McCrae, R. R., & Kay, G. G. (1995). Persons, places, and personality: Career assessment using the Revised NEO Personality Inventory. *Journal of Career Assessment*, 3(2), 123-139. <https://doi.org/10.1177/106907279500300202>
- Costa, P. T., McCrae, R. R., & Rolland, J. P. (2016). *NEO™-PI-3 Inventaire de Personnalité (3^e éd)*. Hogrefe. <https://www.hogrefe.com/fr/shop/inventaire-de-personnalite.html>
- Cox, S., Kadlubsky, A., Svarverud, E., Adams, J., Baraas, R. C., & Bernabe, R. D. (2024). A scoping review of the ethics frameworks describing issues related to the use of extended reality. *Open Research Europe*, 4(74), 74. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.17283.1>
- Creusier 1, J., & Bietry 2, F. (2014). Analyse comparative des méthodes de classifications: l'exemple du bien-être au travail. *Revue Interdisciplinaire sur le Management et l'Humanisme*, (1), 105-123. <https://shs.cairn.info/revue-rimhe-2014-1-page-105?lang=fr>
- Cruz-Neira, C., Fernández, M., & Portalés, C. (2018). Virtual reality and games. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.3390/mti2010008>
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64-73. <https://doi.org/10.1145/129888.129892>
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media psychology*, 19(2), 272-309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>
- Cummings, S., Bridgman, T., & Brown, K. G. (2016). Unfreezing change as three steps: Rethinking Kurt Lewin's legacy for change management. *Human relations*, 69(1), 33-60. <https://doi.org/10.1177/0018726715577707>

- Daling, L. M., & Schlittmeier, S. J. (2024). Effects of augmented reality, virtual reality, and mixed reality-based training on objective performance measures and subjective evaluations in manual assembly tasks: a scoping review. *Human factors*, 66(2), 589-626. <https://doi.org/10.1177/00187208221105135>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace 1. *Journal of applied social psychology*, 22(14), 1111-1132. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x>
- Davis, S., Nesbitt, K., & Nalivaiko, E. (2014, December). A systematic review of cybersickness. In *Proceedings of the 2014 conference on interactive entertainment* (pp. 1-9). <https://doi.org/10.1145/2677758.2677780>
- Dawson, C., & Rakes, G. C. (2003). The influence of principals' technology training on the integration of technology into schools. *Journal of research on Technology in Education*, 36(1), 29-49. <https://doi.org/10.1080/15391523.2003.10782401>
- De Vries, L. E., & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians—motivation and study intensity. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(3), 257-262. <https://doi.org/10.1002/bmb.21221>
- De Winter, J. C., & Dodou, D. (2012). Factor recovery by principal axis factoring and maximum likelihood factor analysis as a function of factor pattern and sample size. *Journal of applied statistics*, 39(4), 695-710. <https://doi.org/10.1080/02664763.2011.610445>
- De Witte, Serge (1998), « La compétence professionnelle, enjeu stratégique : journées internationales de la formation 1998, objectif compétences », t. 1, Paris : CNPF. https://pmb.cereq.fr/index.php?lvl=notice_display&id=14262
- Dempsey, M., Geitner, L., Brennan, A., & McAvoy, J. (2021). A review of the success and failure factors for change management. *IEEE Engineering Management Review*, 50(1), 85-93. <https://doi.org/10.1109/EMR.2021.3130989>
- Dengel, A. (2022, May). What is immersive learning?. In *2022 8th international conference of the immersive learning research network (iLRN)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN55037.2022.9815941>
- Dengel, A., Buchner, J., Mulders, M., & Pirker, J. (2021, May). Beyond the horizon: Integrating immersive learning environments in the everyday classroom. In *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459368>
- Dengel, A., & Mägdefrau, J. (2018, December). Immersive learning explored: Subjective and objective factors influencing learning outcomes in immersive educational virtual

- environments. In 2018 IEEE international conference on teaching, assessment, and learning for engineering (TALE) (pp. 608-615). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615281>
- Deschamps, J. C. (2003). Analyse des correspondances et variations des contenus des représentations sociales. Méthodes d'étude des représentations sociales, 179-200.
https://shs.cairn.info/article/ERES_ABRIC_2003_01_0179?lang=fr&tab=premieres-lignes
 - DGAFP. (2023). Développer l'hybridation et la multimodalité grâce à la formation en ligne. Fonction-publique.gouv.fr. Consulté le 26 octobre 2024. <https://www.fonction-publique.gouv.fr/la-dgafp/notre-coeur-dactivite/animer-la-politique-interministerielle-de-formation/developper-lhybridation-et-la-multimodalite-grace-la-formation-en-ligne>
 - Dick, E. (2021). Balancing user privacy and innovation in augmented and virtual reality. Information Technology and Innovation Foundation.
<https://itif.org/publications/2021/03/04/balancing-user-privacy-and-innovation-augmented-and-virtual-reality/>
 - Drazich, B. F., McPherson, R., Gorman, E. F., Chan, T., Teleb, J., Galik, E., & Resnick, B. (2023). In too deep? A systematic literature review of fully-immersive virtual reality and cybersickness among older adults. Journal of the American Geriatrics Society, 71(12), 3906-3915. <https://doi.org/10.1111/jgs.18553>
 - Duan, J., Li, C., Yang, G., Qu, C., Chang, E., Zhang, Z., & Che, X. (2024). Study of Cybersickness in Augmented Reality Railway Inspections Applications. IEEE Access.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3421660>
 - Dünser, A., Grasset, R., & Billinghurst, M. (2008). A survey of evaluation techniques used in augmented reality studies (pp. 5-1). Christchurch, New Zealand: Human Interface Technology Laboratory New Zealand. <http://dx.doi.org/10.1145/1508044.1508049>
 - Dupain, N., Penelope, V., Leborgne, J., & Grenet, F. (2023). Tout savoir sur l'Immersive Learning, pour renouveler le plaisir d'apprendre et de transmettre. France Immersive Learning. <https://www.fil-asso.fr/page/2452699-guide-immersive-learning>
 - Eden, C. A., Chisom, O. N., & Adeniyi, I. S. (2024). Harnessing technology integration in education: Strategies for enhancing learning outcomes and equity. World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 11(2), 001-008.
<https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.2.0071>
 - EDU (2023). *What is Virtual Reality Training? 5 Benefits of Immersive Technology*. ArborXR.com. Consulté le 06 octobre 2024. <https://arborxr.com/blog/what-is-virtual-reality-training-5-benefits-of-immersive-technology/>

- El Asame, M., & Wakrim, M. (2018). Towards a competency model: A review of the literature and the competency standards. *Education and Information Technologies*, 23(1), 225-236. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9596-z>
- Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative content analysis: A focus on trustworthiness. *SAGE open*, 4(1), 2158244014522633. <https://doi.org/10.1177/2158244014522633>
- Elphinston, R. A., Vaezipour, A., Fowler, J. A., Russell, T. G., & Sterling, M. (2023). Psychological therapy using virtual reality for treatment of driving phobia: a systematic review. *Disability and rehabilitation*, 45(10), 1582-1594. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2069293>
- Elrod, P. D., & Tippet, D. D. (2002). The “death valley” of change. *Journal of organizational change management*, 15(3), 273-291. <https://doi.org/10.1108/09534810210429309>
- Emaliana, I. (2017). Teacher-centered or student-centered learning approach to promote learning?. *Jurnal Sosial Humaniora (JSH)*, 10(2), 59-70. <http://dx.doi.org/10.12962/j24433527.v10i2.2161>
- Emmanouilidou, K., Derri, V., Antoniou, P., & Kyrgiridis, P. (2012). COMPARISON BETWEEN SYNCHRONOUS AND ASYNCHRONOUS INSTRUCTIONAL DELIVERY METHOD OF TRAINING PROGRAMME ON IN-SERVICE PHYSICAL EDUCATORS' KNOWLEDGE. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 13(4), 193-208. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tojde/issue/16902/176209>
- Endrejat, P. C., Klonek, F. E., Müller-Frommeyer, L. C., & Kauffeld, S. (2021). Turning change resistance into readiness: How change agents' communication shapes recipient reactions. *European Management Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.004>
- Erlingsson, C., & Brysiewicz, P. (2017). A hands-on guide to doing content analysis. *African journal of emergency medicine*, 7(3), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2017.08.001>
- Errida, A., & Lotfi, B. (2021). The determinants of organizational change management success: Literature review and case study. *International Journal of Engineering Business Management*, 13. <https://doi.org/10.1177/18479790211016273>
- Evans et Sutherland (2024, 11 juin). Dans *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Evans_%26_Sutherland
- Evgenia, P., Aanthi, K., Christos, P., & Dimitrios, K. (2024). Pre-service teachers' acceptance and intention to use virtual reality applications in their teaching practice. A case study. *Immersive Learning Research-Academic*, 192-200. <https://doi.org/10.56198/U6C0WFQI6>

- Fabian, A., Backfisch, I., Kirchner, K., & Lachner, A. (2024). A systematic review and meta-analysis on TPACK-based interventions from a perspective of knowledge integration. *Computers and Education Open*, 7, 100200. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100200>
- Fan, X., Jiang, X., & Deng, N. (2022). Immersive technology: A meta-analysis of augmented/virtual reality applications and their impact on tourism experience. *Tourism Management*, 91, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2022.104534>
- Faria, A., & Miranda, G. L. (2024). Augmented Reality in Natural Sciences and Biology Teaching: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Emerging Science Journal*, 8(4), 1666-1685. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-04-025>
- Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence: A review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1921368>
- Feng, C., Fay, S., & Xiang, K. (2021). When do we need higher educated salespeople? The role of work experience. *Review of Managerial Science*, 15(5), 1391-1429. <https://doi.org/10.1007/s11846-020-00388-y>
- Fernandes, F. A., Rodrigues, C. S. C., Teixeira, E. N., & Werner, C. M. (2023). Immersive learning frameworks: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(5), 736-747. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3242553>
- Fernandez, C. B., & Hui, P. (2022). Life, the Metaverse and Everything: An Overview of Privacy, Ethics, and Governance in Metaverse, 10. <https://doi.org/10.1109/ICDCSW56584.2022.00058>
- Fleishman, E. A. (1996). Fleishman Job analysis Survey (F-JAS-2): Social-interpersonal scales. Potomac, MD: Management Research Institute. <https://psycnet.apa.org/record/2011-29889-013>
- Fleury, S., Bernard, F., Paquin, R., Blanchard, P., & Richir, S. (2023). Augmented and virtual reality simulation in industry. *Computer*, 56(12), 55-64. <https://doi.org/10.1109/MC.2023.3283311>
- Fischer, H., Arnold, M., Philippe, S., Dyrna, J., & Jung, S. (2021). VR-based learning and teaching. a framework for implementation of virtual reality in formal education. In *INTED2021 Proceedings* (pp. 3304-3314). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.0694>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley. <https://people.umass.edu/ajzen/f&a1975.html>
- Freitas, J. R. S., Velosa, V. H. S., Abreu, L. T. N., Jardim, R. L., Santos, J. A. V., Peres, B., & Campos, P. F. (2021). Virtual reality exposure treatment in phobias: a systematic

- review. *Psychiatric Quarterly*, 92(4), 1685-1710. <https://doi.org/10.1007/s1126-021-09935-6>
- Fuchs, P. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle* (Vol. 1). Presses des MINES. <https://minesparis-psl.hal.science/hal-00753715v1>
 - Garcia, J. L. V. (2012). *La compétence interculturelle comme facteur contribuant de la disposition des gestionnaires au changement organisationnel* (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg). <https://theses.hal.science/tel-00836472v1>
 - Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447-459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
 - Genet, R. (2021). *Expositions aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée*. ANSES. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2017SA0076Ra.pdf>
 - Gerwing, C. (2016). Meaning of change agents within organizational change. *Journal of Applied Leadership and Management*, 4, 21-40. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/156751/1/17107-66665-1-PB.pdf>
 - Gningue, S. M. (2003). The Effectiveness of Long Term vs. Short Term Training in Selected Computing Technologies on Middle and High School Mathematics Teachers' Attitudes and Beliefs image/x-bitm. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22(3), 207-224 <https://www.learntechlib.org/primary/p/12789/>
 - Goldman Sachs. (2018). Profiles in innovation report. <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>
 - Gong, P., Lu, Y., Lovreglio, R., Lv, X., & Chi, Z. (2024). Applications and effectiveness of augmented reality in safety training: A systematic literature review and meta-analysis. *Safety Science*, 178, 106624. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106624>
 - Gonzalez, O., MacKinnon, D. P., & Muniz, F. B. (2021). Extrinsic convergent validity evidence to prevent jingle and jangle fallacies. *Multivariate Behavioral Research*, 56(1), 3-19. <https://doi.org/10.1080/00273171.2019.1707061>
 - Grassini, S., & Laumann, K. (2020). Questionnaire measures and physiological correlates of presence: A systematic review. *Frontiers in psychology*, 11, 349. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00349>
 - Green, S. B., Thompson, M. S., Levy, R., & Lo, W. J. (2015). Type I and type II error rates and overall accuracy of the revised parallel analysis method for determining the number of factors. *Educational and psychological measurement*, 75(3), 428-457. <https://doi.org/10.1177/0013164414546566>

- Grosshans, M (2019). *Tranches de Doc, Balance ta citation*. Méta-doc.fr. Consulté le 06 octobre 2024. <https://www.meta-doc.fr/tranche-de-doc/balance-ta-citation/>
- Guedes, H. G., Ferreira, Z. M. C. C., de Sousa Leão, L. R., Montero, E. F. S., Otoch, J. P., & de Almeida Artifon, E. L. (2019). Virtual reality simulator versus box-trainer to teach minimally invasive procedures: A meta-analysis. *International Journal of Surgery*, 61, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2018.12.001>
- Gutierrez, N. (2023). The ballad of morton heilig: on VR's mythic past. *JCMS: Journal of Cinema and Media Studies*, 62(3), 86-106. <https://doi.org/10.1353/cj.2023.0027>
- GVR. (2023). *Virtual Reality (VR) Market Size and Share Report, 2030*. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market>
- Häfner, P. (2020, September). Categorisation of the benefits and limitations of immersive technologies for education. In 19th International Conference on Modeling & Applied Simulation (pp. 154-159). <http://dx.doi.org/10.46354/i3m.2020.mas.020>
- Hair Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2009) *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 761. <https://www.drnishikantjha.com/papersCollection/Multivariate%20Data%20Analysis.pdf>
- Hamad, A., & Jia, B. (2022). How virtual reality technology has changed our lives: an overview of the current and potential applications and limitations. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11278. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811278>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hanfstingl, B., Oberleiter, S., Pietschnig, J., Tran, U. S., & Voracek, M. (2024). Detecting jingle and jangle fallacies by identifying consistencies and variabilities in study specifications—a call for research. *Frontiers in Psychology*, 15, 1404060. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1404060>
- Haque, S., & Srinivasan, S. (2006). A meta-analysis of the training effectiveness of virtual reality surgical simulators. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(1), 51-58. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.855529>
- Hasibuan, Z. A., & Dantes, G. R. (2012). Priority of key success factors (KSFS) on enterprise resource planning (ERP) system implementation life cycle. *Journal of Enterprise Resource Planning Studies*, 2012, 1. <http://dx.doi.org/10.5171/2011.122627>

- Heilig, M. (1969). PROPOSAL TO BUILD AN EXPERIENCE THEATERU. https://web.opendrive.com/api/v1/download/file.json/MI8xNTA5MjQ5Njlf?temp_key=%3E%BA%29%A2%C6%A5%DBKh%DB%40n%8AWv%D1%A9%F6%D0Liz%B8%9E%9D%C7%B6%D18%5Ej%D7%AB%C1%AB%5E%AEf%AB%91%E7iu&inline=1
- Hein, D., Mai, C., & Hußmann, H. (2018, May). The usage of presence measurements in research: a review. In Proceedings of the International Society for Presence Research Annual Conference (Presence) (pp. 21-22). Prague: The International Society for Presence Research. https://www.researchgate.net/publication/325793959_The_Usage_of_Presence_Measurments_in_Research_A_Review
- Henderson, J., & Corry, M. (2021). Teacher anxiety and technology change: a review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(4), 573–587. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1931426>
- Henning, L. (2021). Critical success factors of change management in software projects. *Вестник Томского государственного университета. Экономика*, (55), 185-197. <https://cyberleninka.ru/article/n/critical-success-factors-of-change-management-in-software-projects/viewer>
- Herrmann, P., & Nadkarni, S. (2014). Managing strategic change: The duality of CEO personality. *Strategic management journal*, 35(9), 1318-1342. <https://doi.org/10.1002/smj.2156>
- Hill, N. S., Seo, M. G., Kang, J. H., & Taylor, M. S. (2012). Building employee commitment to change across organizational levels: The influence of hierarchical distance and direct managers' transformational leadership. *Organization science*, 23(3), 758-777. <https://doi.org/10.1287/orsc.1110.0662>
- Hornstein, H. A. (2015). The integration of project management and organizational change management is now a necessity. *International journal of project management*, 33(2), 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.08.005>
- Howard, S. K. (2011). Affect and acceptability: exploring teachers' technology-related risk perceptions. *Educational Media International*, 48(4), 261–272. <https://doi.org/10.1080/09523987.2011.632275>
- Howard, J. L., Bureau, J. S., Guay, F., Chong, J. X., & Ryan, R. M. (2021a). Student motivation and associated outcomes: A meta-analysis from self-determination theory. *Perspectives on Psychological Science*, 16(6), 1300-1323. <https://doi.org/10.1177/1745691620966789>

- Howard, M. C., & Gutworth, M. B. (2020). A meta-analysis of virtual reality training programs for social skill development. *Computers & Education*, 144, 103707. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103707>
- Howard, M. C., Gutworth, M. B., & Jacobs, R. R. (2021b). A meta-analysis of virtual reality training programs. *Computers in Human Behavior*, 121, 106808. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106808>
- Hsiao, Hsi-Chi, Ya-Ling Tu, and Yuh-Rong Lin. (2010). "Computer Self-efficacy, Computer Anxiety, and Attitudes Toward Computers: A Study of Vocational High School Teachers in Taiwan." *The International Journal of Learning: Annual Review* 17 (8): 355-366. DOI: <https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v17i08/47170>
- Hu, P. J. H., Clark, T. H., & Ma, W. W. (2003). Examining technology acceptance by school teachers: A longitudinal study. *Information & management*, 41(2), 227-241. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(03\)00050-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(03)00050-8)
- Huang, Y. C., Backman, S. J., Backman, K. F., McGuire, F. A., & Moore, D. (2019). An investigation of motivation and experience in virtual learning environments: A self-determination theory. *Education and Information Technologies*, 24, 591-611. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9784-5>
- Huang, X., Huss, J., North, L., Williams, K., & Boyd-Devine, A. (2023). Cognitive and motivational benefits of a theory-based immersive virtual reality design in science learning. *Computers and Education Open*, 4, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100124>
- Huang, R., Spector, J. M., & Yang, J. (2019b). *Educational technology: a primer for the 21st century*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6643-7>
- Hughes, C. L., Fidopiastis, C., Stanney, K. M., Bailey, P. S., & Ruiz, E. (2020). The psychometrics of cybersickness in augmented reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 1, 602954. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.602954>
- Hussain, M. A., Haider, S. Z., Ahmed, I., & Ali, S. (2016). School Principals as Effective Change Agents: A Study of Essential Skills and Attributes. *Journal of Educational Research* (1027-9776), 19(2). https://www.researchgate.net/publication/313717027_School_Priciples_as_Effective_Change_Agents_A_study_of_Essential_Skills_and_Attributes
- Idoiaga, N., Berasategi, N., Eiguren, A., & Picaza, M. (2020). Exploring children's social and emotional representations of the Covid-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, 11, 1952. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01952>
- Iriqat, S., & Vatansever, F. (2020). Comparison of reality types. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1155-1168. <https://doi.org/10.17482/uumfd.789985>

- Iskander, M., Ogunsola, T., Ramachandran, R., McGowan, R., & Al-Aswad, L. A. (2021). Virtual reality and augmented reality in ophthalmology: A contemporary prospective. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 10(3), 244-252.
<https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000409>
- Jacquemont, D., Maor, D., & Reich, A. (2015). How to beat the transformation odds. McKinsey survey. <https://shorturl.at/FvSPg>
- Jang, J., Ko, Y., Shin, W. S., & Han, I. (2021). Augmented reality and virtual reality for learning: An examination using an extended technology acceptance model. *IEEE access*, 9, 6798-6809. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048708>
- Jick, T. D., & Peiperl, M. (2010). *Managing Change, Cases and Concepts*. McGraw-Hill Education, 2010.
https://books.google.nl/books/about/Managing_Change_Cases_and_Concepts.html?id=qlqhAAAACAAJ&redir_esc=y
- Johansson, K., Hasselberg, M., & Laflamme, L. (2010). Young adolescents' independent mobility, related factors and association with transport to school. A cross-sectional study. *BMC public health*, 10(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-635>
- Joo, Y. J., Lim, K. Y., & Kim, N. H. (2016). The effects of secondary teachers' technostress on the intention to use technology in South Korea. *Computers & Education*, 95, 114-122.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.004>
- Joo, Y. J., Park, S., & Lim, E. (2018). Factors influencing preservice teachers' intention to use technology: TPACK, teacher self-efficacy, and technology acceptance model. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(3), 48-59. <https://www.jstor.org/stable/26458506>
- Jordahn, Q., Da Dalto, L., & Cabon, P. (2024). Change Agents' Required Expertise to Implement an Educational Technology: A Mixed-Method Study. *International Journal of Innovation and Technology Management (IJITM)*, 21(02), 1-27.
<https://doi.org/10.1142/S0219877024300015>
- Kamdar, D., McAllister, D. J., & Turban, D. B. (2006). "All in a day's work": how follower individual differences and justice perceptions predict OCB role definitions and behavior. *Journal of applied psychology*, 91(4), 841. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.91.4.841>
- Kanter, R. M. (2007). The enduring skills of change leaders. *NHRD Network Journal*, 1(5_Special_Issue), 53-59. <https://doi.org/10.1177/0974173920070511S>
- Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2021). The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta-analysis. *Human factors*, 63(4), 706-726.
<https://doi.org/10.1177/0018720820904229>

- Karre, S. A., Mathur, N., & Reddy, Y. R. (2019, February). Is Virtual Reality product development different? An empirical study on VR product development practices. In Proceedings of the 12th Innovations in Software Engineering Conference (formerly known as India Software Engineering Conference) (pp. 1-11).
<https://doi.org/10.1145/3299771.3299772>
- Kato, H., Billinghurst, M., Weghorst, S., & Furness, T. (1999). A mixed reality 3D conferencing application. Human Interface Technology Laboratory.
https://www.researchgate.net/profile/Mark-Billinghurst/publication/242425014_A_mixed_reality_3d_conferencing_application/links/00b7d52464cb536ea6000000/A-mixed-reality-3d-conferencing-application.pdf
- Kayaalp, A., Page, K. J., & Gumus, O. (2021). Job satisfaction and transformational leadership as the antecedents of OCB role definitions: The moderating role of justice perceptions. *Int. J. Bus. Sci. Appl. Manag*, 16, 89-101. <https://hdl.handle.net/10419/261655>
- Kazakou, G., & Koutromanos, G. (2023). Examining Augmented Reality Smart Glasses Acceptance by In-Service Teachers. In *Interactive Mobile Communication, Technologies, and Learning* (pp. 15-26). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54327-2_2
- Kéfi 1, H. (2010). Mesures perceptuelles de l'usage des systèmes d'information: application de la théorie du comportement planifié. *Humanisme et Entreprise*, (2), 45-64. <https://shs.cairn.info/revue-humanisme-et-entreprise-2010-2-page-45?lang=fr>
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.
https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- Khaw, K. W., Alnoor, A., Al-Abrow, H., Tiberius, V., Ganesan, Y., & Atshan, N. A. (2023). Reactions towards organizational change: a systematic literature review. *Current Psychology*, 42(22), 19137-19160. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-03070-6>
- Khukalenko, I. S., Kaplan-Rakowski, R., An, Y., & Iushina, V. D. (2022). Teachers' perceptions of using virtual reality technology in classrooms: A large-scale survey. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11591-11613.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11061-0>
- Kim, H. Y. (2017). Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. *Restorative dentistry & endodontics*, 42(2), 152-155.
<https://doi.org/10.5395/rde.2017.42.2.152>

- Kimmons, R., & Hall, C. (2018). How useful are our models? Pre-service and practicing teacher evaluations of technology integration models. *TechTrends*, 62(1), 29-36. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0227-8>
- King, R. D. (2013). A brief history of stereoscopy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 5(4), 334-340. <https://doi.org/10.1002/wics.1264>
- Komianos, V. (2022). Immersive applications in museums: an analysis of the use of xr technologies and the provided functionality based on systematic literature review. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 6(1), 60-73. <https://dx.doi.org/10.30630/joiv.6.1.708>
- Korstjens, I., & Moser, A. (2017). Series: Practical guidance to qualitative research. Part 2: Context, research questions and designs. *European Journal of General Practice*, 23(1), 274-279. <https://doi.org/10.1080/13814788.2017.1375090>
- Kotter, J. P. (1996). Why transformation efforts fail. *Harvard business review*. https://web.mit.edu/curhan/www/docs/Articles/15341_Readings/Organizational_Learning_and_Change/Kotter_1995_Leading_change.pdf
- Krassmann, A. L., Melo, M., Pinto, D., Peixoto, B., Bessa, M., & Bercht, M. (2023). How are the sense of presence and learning outcomes being investigated when using virtual reality? A 24 years systematic literature review. *Interactive Learning Environments*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2184388>
- Krueger, M. W. (1983). Artificial reality. https://philpapers.org/go.pl?id=KRUAR&proxyId=none&u=https%3A%2F%2Fbooks.google.com%2Fbooks%3Fid%3D3YJQAAAAMAAJ%26printsec%3Dfront_cover
- Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022, September). Exploring immersive learning experiences: A survey. In *Informatics* (Vol. 9, No. 4, p. 75). MDPI. <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>
- Kumawat, V., Dhaked, R., Sharma, L., & Jain, S. (2020). Evolution of immersive technology: Journey of computational reality. *Virtual Reality (VR)*, 1, 360. <https://doi.org/10.37628/ijocspl.v6i2.631>
- Kyriazos, T. A. (2018). Applied psychometrics: The application of CFA to multitrait-multimethod matrices (CFA-MTMM). *Psychology*, 9(12), 2625-2648. <https://doi.org/10.4236/psych.2018.912150>
- Kyriazos, T., & Poga-Kyriazou, M. (2023). Applied psychometrics: Estimator considerations in commonly encountered conditions in CFA, SEM, and EFA practice. *Psychology*, 14(5), 799-828. <https://doi.org/10.4236/psych.2023.145043>

- Kyriazos, T. A., & Stalikas, A. (2018). Applied psychometrics: The steps of scale development and standardization process. *Psychology*, 9(11), 2531-2560. <https://doi.org/10.4236/psych.2018.911145>
- Lachner, A., Fabian, A., Franke, U., Preiß, J., Jacob, L., Führer, C., ... & Thomas, P. (2021). Fostering pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): A quasi-experimental field study. *Computers & Education*, 174, 104304. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104304>
- Lasry, N., Charles, E., & Whittaker, C. (2014). When teacher-centered instructors are assigned to student-centered classrooms. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(1), 010116. https://www.researchgate.net/publication/262723695_When_teacher-centered_instructors_are_assigned_to_student-centered_classrooms
- Laviolette, E. M., & Loue, C. (2006). Les compétences entrepreneuriales: définition et construction d'un référentiel. L'internationalisation des PME et ses conséquences sur les stratégies entrepreneuriales-Haute école de gestion (HEG) Fribourg, Suisse, 25, 26-27. <https://fr.scribd.com/document/567056304/094-Lescompetencesentrepreneurales>
- Lawson, B. D., & Stanney, K. M. (2021). cybersickness in virtual reality and augmented reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 759682. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.759682>
- Ledesma, R. D., & Valero-Mora, P. (2019). Determining the number of factors to retain in EFA: An easy-to-use computer program for carrying out parallel analysis. *Practical assessment, research, and evaluation*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.7275/wjnc-nm63>
- Lee, J. S. (2019). Teacher as change agent: attitude change toward varieties of English through teaching English as an international language. *Asian Englishes*, 21(1), 87-102. <https://doi.org/10.1080/13488678.2018.1434396>
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication theory*, 14(1), 27-50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Lee, Y., Douglass, A., Zeng, S., Wiehe Lopes, A., & Reyes, A. (2022). Preparing early educators as frontline leaders and change agents with a leadership development initiative. *International Journal of Child Care and Education Policy*, 16(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40723-022-00095-z>
- Lee, M. J., Georgieva, M., Alexander, B., Craig, E., & Richter, J. (2021). State of XR & immersive learning outlook report 2021. Walnut, CA: Immersive Learning Research Network. <https://www.immersivelrn.org/files/file/12-2021-state-of-xr-and-immersive-learning-report/>
- Lee, V. W., Hodgson, P., Chan, C. S., Fong, A., & Cheung, S. W. (2020). Optimising the learning process with immersive virtual reality and non-immersive virtual reality in an

educational environment. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14(1), 21-35. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.103908>

- Leitner, P., Khalil, M., & Ebner, M. (2017). Learning analytics in higher education—a literature review. *Learning analytics: Fundaments, applications, and trends: A view of the current state of the art to enhance E-learning*, 1-23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52977-6_1
- Leplat, J. (1990). Relations between task and activity: elements for elaborating a framework for error analysis. *Ergonomics*, 33(10-11), 1389-1402. <https://doi.org/10.1080/00140139008925340>
- Lewin, K. (1947a). Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science; social equilibria and social change. *Human relations*, 1(1), 5-41. https://lchc.ucsd.edu/MCA/Mail/xmcamail.2013_07.dir/pdfef83xvxgaM.pdf
- Lewin, K. (1947b). Group decision and social change. *Readings in social psychology*, 3(1), 197-211. <http://ereserve.library.utah.edu/Annual/POLS/6340/Parkes/group.pdf>
- Lewis, F., Plante, P., & Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire: une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- Li, Q., Liu, Q., & Chen, Y. (2023). Prospective teachers' acceptance of virtual reality technology: a mixed study in Rural China. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3217-3248. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11219-w>
- Liao, C. Y., Tai, S. K., Chen, R. C., & Hendry, H. (2020). Using EEG and deep learning to predict motion sickness under wearing a virtual reality device. *Ieee Access*, 8, 126784-126796. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008165>
- Liaw, S. S., & Huang, H. M. (2013). Perceived satisfaction, perceived usefulness and interactive learning environments as predictors to self-regulation in e-learning environments. *Computers & Education*, 60(1), 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.015>
- Liberatore, M. J., & Wagner, W. P. (2021). Virtual, mixed, and augmented reality: a systematic review for immersive systems research. *Virtual Reality*, 25(3), 773-799. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00492-0>
- Lin, Y., & Yu, Z. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111-1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Lippitt, R., Watson, J., & Westley, B. (1958). The dynamics of planned change: A comparative study of principles and techniques.

[https://books.google.nl/books/about/The Dynamics of Planned Change.html?id=NYBqAAAAAAAJ&redir_esc=y](https://books.google.nl/books/about/The_Dynamics_of_Planned_Change.html?id=NYBqAAAAAAAJ&redir_esc=y)

- List of virtual reality headsets (2024, 24 août). Dans *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_virtual_reality_headsets
- Liu, Y. (2023). The proteus effect: Overview, reflection, and recommendations. *Games and Culture*, <https://doi.org/10.1177/15554120231202175>
- Loonam, J., Kumar, V., Mitra, A., & Abd Razak, A. (2018). Critical success factors for the implementation of enterprise systems: A literature review. *Strategic Change*, 27(3), 185-194. <https://doi.org/10.1002/jsc.2194>
- Lombardo, E., & Goglio-Primard, K. (2012). Resistance to change in scholarship: an experiment using an immersive and interactive 3D structure. <https://aisel.aisnet.org/ukais2012/28>
- Longo, L. (2019, September). Empowering qualitative research methods in education with artificial intelligence. In *World Conference on Qualitative Research* (pp. 1-21). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31787-4_1
- Loubère, L. (2016). L'analyse de similitude pour modéliser les CHD. In *Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles*. <https://hal.science/hal-02482584v1>
- Lowood, H. E. (2024). *Virtual Reality*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality/Living-in-virtual-worlds>
- Lunenburg, F. C. (2010). Managing change: The role of the change agent. *International journal of management, business, and administration*, 13(1), 1-6. https://www.mlsu.ac.in/econtents/1081_Managing%20Change%20The%20Role%20of%20Change%20Agent%20Unit-3.pdf
- Luo, H., Li, G., Feng, Q., Yang, Y., & Zuo, M. (2021). Virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the literature from 2000 to 2019. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(3), 887-901. <https://doi.org/10.1111/jcal.12538>
- Makhkamova, A., Exner, J. P., Greff, T., & Werth, D. (2020). Towards a taxonomy of virtual reality usage in education: a systematic review. *Augmented Reality and Virtual Reality: Changing Realities in a Dynamic World*, 283-296. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37869-1_23
- Makransky, G., Lilleholt, L., & Aaby, A. (2017). Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, 72, 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>

- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Malkawi, N. (2017). The effect of using smart board on the achievement of tenth grade students in English language and on verbal interaction during teaching in public schools. *International Research in Education*, 5(1), 197-208. <http://dx.doi.org/10.5296/ire.v5i1.11035>
- Manis, K. T., & Choi, D. (2019). The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. *Journal of Business Research*, 100, 503-513. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.021>
- Manjrekar, S., Sandilya, S., Bhosale, D., Kanchi, S., Pitkar, A., & Gondhalekar, M. (2014, March). CAVE: an emerging immersive technology--a review. In 2014 uksim-amss 16th international conference on computer modelling and simulation (pp. 131-136). IEEE. <https://doi.org/10.1109/UKSim.2014.20>
- Mann, S., & Picard, R. W. (1995). Video orbits of the projective group: A new perspective on image mosaicing (pp. 1-17). Perceptual Computing Section, Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ebe2183ae44427da9617d28c253b81bfd862d4ce>
- Mansaray, H. E. (2019). The role of leadership style in organisational change management: a literature review. *Journal of Human Resource Management*, 7(1), 18-31. <http://dx.doi.org/10.11648/j.jhrm.20190701.13>
- Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Stewart, G. (2023). Technology acceptance research: Meta-analysis. *Journal of Information Science*. <https://doi.org/10.1177/01655515231191177>
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Virtual reality in education: a review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics*, 12(13), 2832. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>
- Martirosov, S., & Kopecek, P. (2017). Cyber Sickness in Virtual Reality-Literature Review. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28. <http://dx.doi.org/10.2507/28th.daaam.proceedings.101>
- Marto, A., & Gonçalves, A. (2022). Augmented reality games and presence: a systematic review. *Journal of Imaging*, 8(4), 91. <https://doi.org/10.3390/jimaging8040091>

- McHugh, M. L. (2013). The chi-square test of independence. *Biochemia medica*, 23(2), 143-149. <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>
- 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>
- McCausland, T. C., King, E. B., Bartholomew, L., Feyre, R., Ahmad, A., & Finkelstein, L. M. (2015). The technological age: The effects of perceived age in technology training. *Journal of Business and Psychology*, 30, 693-708. <https://doi.org/10.1007/s10869-014-9390-5>
- McGill, & Mark. (2021). White Paper-The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report--Extended Reality (XR) and the Erosion of Anonymity and Privacy. *Extended Reality (XR) and the Erosion of Anonymity and Privacy-White Paper*, 1-24. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9619997>
- McHugh, M. L. (2013). The chi-square test of independence. *Biochemia medica*, 23(2), 143-149. <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>
- McMahan, A. (2013). Immersion, engagement, and presence: A method for analyzing 3-D video games. In *The video game theory reader* (pp. 67-86). Routledge. https://www.researchgate.net/publication/284055280_Immersion_engagement_and_presence_A_method_for_analyzing_3-D_video_games
- Meadows, K. A. (2003). So, you want to do research? 4: An introduction to quantitative methods. *British Journal of Community Nursing*, 8(11), 519-526. <https://doi.org/10.12968/bjcn.2003.8.11.11823>
- Mei Kin, T., Abdull Kareem, O., Nordin, M. S., & Wai Bing, K. (2018). Principal change leadership competencies and teacher attitudes toward change: the mediating effects of teacher change beliefs. *International Journal of Leadership in Education*, 21(4), 427-446. <https://doi.org/10.1080/13603124.2016.1272719>
- Menon, D., Chandrasekhar, M., Kosztin, D., & Steinhoff, D. C. (2020). Impact of mobile technology-based physics curriculum on preservice elementary teachers' technology self-efficacy. *Science education*, 104(2), 252-289. <https://doi.org/10.1002/sce.21554>
- Mento, A., Jones, R., & Dirndorfer, W. (2002). A change management process: Grounded in both theory and practice. *Journal of change management*, 3(1), 45-59. <https://doi.org/10.1080/714042520>
- Michel, G., & Jobert, M. (2008). La prise en compte des émotions: une solution pour les logiciels éducatifs pour enfants déficients intellectuels. *STICEF (Sciences et Technologies*

de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation), 15, 7-pages.
<https://hal.science/hal-00696409v1>

- Middleton, M. (2022). White Paper-The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report--Business, Finance, and Economics. The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report--Business, Finance, and Economics, 1-30.
<https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9740584>
- Mignot, E. G., Wolff, B., Kempf, N., Barabel, M., & Meier, O. (2019). Former avec la réalité virtuelle: comment les techniques immersives bouleversent l'apprentissage. Dunod.
<https://shs.cairn.info/former-avec-la-realite-virtuelle--9782100801367?lang=fr>
- 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>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.
https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays
- Milman, N. B. (2018). Defining and conceptualizing mixed reality, augmented reality, and virtual reality. Distance Learning, 15(2), 55-58.
<https://www.proquest.com/openview/e9697f60b432d753356da95d33e68652/1?pq-origsite=gscholar&cbl=29704>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers college record, 108(6), 1017-1054.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mondragon, N. I., Yarritu, I., de Cámara, E. S., Beloki, N., & Vozmediano, L. (2023). The challenge of education for sustainability in higher education: key themes and competences within the University of the Basque Country. Frontiers in Psychology, 14.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1158636>
- Monteiro, D., Ma, T., Li, Y., Pan, Z., & Liang, H. N. (2022). Cross-cultural factors influencing the adoption of virtual reality for practical learning. Universal Access in the Information Society, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00947-y>
- Morélot, S., Garrigou, A., Dedieu, J., & N'Kaoua, B. (2021). Virtual reality for fire safety training: Influence of immersion and sense of presence on conceptual and procedural acquisition. Computers & Education, 166, 104145.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104145>
- Moro, C., Birt, J., Stromberga, Z., Phelps, C., Clark, J., Glasziou, P., & Scott, A. M. (2021). Virtual and augmented reality enhancements to medical and science student physiology

and anatomy test performance: A systematic review and meta-analysis. *Anatomical sciences education*, 14(3), 368-376. <https://doi.org/10.1002/ase.2049>

- Moser, A., & Korstjens, I. (2018). Series: Practical guidance to qualitative research. Part 3: Sampling, data collection and analysis. *European journal of general practice*, 24(1), 9-18. <https://doi.org/10.1080/13814788.2017.1375091>
- Motejlek, J., & Alpay, E. (2021). Taxonomy of virtual and augmented reality applications in education. *IEEE transactions on learning technologies*, 14(3), 415-429. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3092964>
- Mystakidis, S., & Lympouridis, V. (2023). Immersive learning. *Encyclopedia*, 3(2), 396-405. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3020026>
- Nandan, M., London, M., & Bent-Goodley, T. (2015). Social workers as social change agents: Social innovation, social intrapreneurship, and social entrepreneurship. *Human Service Organizations: Management, Leadership & Governance*, 39(1), 38-56. <https://doi.org/10.1080/23303131.2014.955236>
- Naranjo, J. E., Sanchez, D. G., Robalino-Lopez, A., Robalino-Lopez, P., Alarcon-Ortiz, A., & Garcia, M. V. (2020). A scoping review on virtual reality-based industrial training. *Applied Sciences*, 10(22), 8224. <https://doi.org/10.3390/app10228224>
- Navarro, D., Foxcroft, D., & Meunier, J. M. (2020). Apprentissage des statistiques avec Jamovi. <https://hal.science/hal-02335912v2>
- Neuendorf, K. A. (2018). Content analysis and thematic analysis. In *Advanced research methods for applied psychology* (pp. 211-223). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315517971-21/content-analysis-thematic-analysis-kimberly-neuendorf>
- Nieuwenhuis, S., Forstmann, B. U., & Wagenmakers, E. J. (2011). Erroneous analyses of interactions in neuroscience: a problem of significance. *Nature neuroscience*, 14(9), 1105-1107. <https://doi.org/10.1038/nn.2886>
- Nikolaou, I., Gouras, A., Vakola, M., & Bourantas, D. (2007). Selecting change agents: Exploring traits and skills in a simulated environment. *Journal of Change Management*, 7(3-4), 291-313. <https://doi.org/10.1080/14697010701779173>
- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human technology*, 12(2), 108-134. https://vbn.aau.dk/files/244598779/Nilsson_Nordahl_Serafin.pdf
- Nimcharoen, C., Zollmann, S., Collins, J., & Regenbrecht, H. (2018, October). Is that me?—Embodiment and body perception with an augmented reality mirror. In *2018 IEEE*

International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct) (pp. 158-163). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct.2018.00057>

- Ning, Y., Zhou, Y., Wijaya, T. T., & Chen, J. (2022). Teacher education interventions on teacher TPACK: A meta-analysis study. *Sustainability*, 14(18), 11791. <https://doi.org/10.3390/su141811791>
- Noar, S. M. (2003). The role of structural equation modeling in scale development. *Structural equation modeling*, 10(4), 622-647. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM1004_8
- Oculus Rift (2024, 21 août). Dans *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift
- OECD (2023a), Building Future-Ready Vocational Education and Training Systems, OECD Reviews of Vocational Education and Training, OECD Publishing, Paris, [Full Report | OECD](#)
- OECD (2023b), OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7fbff45-en>
- OECD (2024), *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1) : Embracing the Technology Frontier*. Éditions OCDE, Paris. <https://doi.org/10.1787/f0b5c251-en>
- Oh, C. S., Bailenson, J. N., & Welch, G. F. (2018). A systematic review of social presence: Definition, antecedents, and implications. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 409295. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00114>
- Olmedo, H. (2013). Virtuality continuum's state of the art. *Procedia Computer Science*, 25, 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.032>
- Oprean, D., & Balakrishnan, B. (2020). From engagement to user experience: a theoretical perspective towards immersive learning. *Learner and User Experience Research: An Introduction for the Field of Learning Design & Technology*. EdTech Books <https://edtechbooks.s3.us-west-2.amazonaws.com/pdfs/36/3251.pdf>
- Oreg, S., & Sverdluk, N. (2011). Ambivalence toward imposed change: the conflict between dispositional resistance to change and the orientation toward the change agent. *Journal of Applied Psychology*, 96(2), 337. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0021100>
- Oreg, S., Vakola, M., & Armenakis, A. (2011). Change recipients' reactions to organizational change: A 60-year review of quantitative studies. *The Journal of applied behavioral science*, 47(4), 461-524. <https://doi.org/10.1177/0021886310396550>
- Ozdemir, M., Sahin, C., Arcagok, S., & Demir, M. K. (2018). The effect of augmented reality applications in the learning process: A meta-analysis study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 18(74), 165-186. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejer/issue/42528/512469>

- Pallavicini, F., Pepe, A., & Minissi, M. E. (2019). Gaming in virtual reality: What changes in terms of usability, emotional response and sense of presence compared to non-immersive video games?. *Simulation & Gaming*, 50(2), 136-159. <https://doi.org/10.1177/1046878119831420>
- Pagé, I., Roos, M., Collin, O., Lynch, S. D., Lamontagne, M. E., Massé-Alarie, H., & K. Blanchette, A. (2023). UTAUT2-based questionnaire: cross-cultural adaptation to Canadian French. *Disability and Rehabilitation*, 45(4), 709-716. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2037746>
- Palmer, I., Dunford, R., & Buchanan, D. (2016). EBOOK: Managing Organizational Change: A Multiple Perspectives Approach (ISE). McGraw Hill. <https://www.booksfree.org/wp-content/uploads/2022/03/Managing-Organizational-Change-pdf-free-download.pdf>
- Palmisano, S., Allison, R. S., & Kim, J. (2020). Cybersickness in head-mounted displays is caused by differences in the user's virtual and physical head pose. *Frontiers in Virtual Reality*, 1, 587698. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.587698>
- Park, S., Shin, H. J., Kwak, H., & Lee, H. J. (2024). Effects of Immersive Technology–Based Education for Undergraduate Nursing Students: Systematic Review and Meta-Analysis Using the Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) Approach. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e57566. <https://doi.org/10.2196/57566>
- Parveau, M., & Adda, M. (2018). 3iVClass: a new classification method for virtual, augmented and mixed realities. *Procedia Computer Science*, 141, 263-270. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.180>
- Parveau, M., & Adda, M. (2020). Toward a user-centric classification scheme for extended reality paradigms. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(6), 2237-2249. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01352-9>
- Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25(3), 835-861. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>
- Pelt, D. H., van der Linden, D., Dunkel, C. S., & Born, M. P. (2017). The general factor of personality and job performance: Revisiting previous meta-analyses. *International Journal of Selection and Assessment*, 25(4), 333-346. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12188>
- Perinetti, G. (2018). StaTips Part IV: Selection, interpretation and reporting of the intraclass correlation coefficient. *South European journal of orthodontics and dentofacial research*, 5(1), 3-5. <https://doi.org/10.5937/sejodr5-17434>

- Peterson, R. A., Kim, Y., & Choi, B. (2020). A meta-analysis of construct reliability indices and measurement model fit metrics. *Methodology*, 16(3), 208-223. <https://doi.org/10.5964/METH.2797>
- Petersen, G. B., Petkakis, G., & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers & Education*, 179, 104429. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429>
- PMBOK Guide. (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). Project Management Institute, 5th edition. https://repository.dinus.ac.id/docs/ajar/PMBOKGuide_5th_Ed.pdf
- Polcar, J., Gregor, M., Horejsi, P., & Kopecek, P. (2016). Methodology for designing virtual reality applications. In *Proceedings of the 26th International DAAAM Symposium* (pp. 768-774). https://www.researchgate.net/publication/311662441_Methodology_for_Designing_Virtual_Reality_Applications
- Pollack, J., & Algeo, C. (2016). Project managers' and change managers' contribution to success. *International Journal of Managing Projects in Business*, 9(2), 451-465. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2015-0085>
- Portelli, M., Bianco, S. F., Bezzina, T., & Abela, J. E. (2020). Virtual reality training compared with apprenticeship training in laparoscopic surgery: a meta-analysis. *The Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 102(9), 672-684. <https://doi.org/10.1308/rcsann.2020.0178>
- Poupard, M., Larrue, F., Sauzéon, H., & Tricot, A. (2024). A systematic review of immersive technologies for education: Learning performance, cognitive load and intrinsic motivation. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.13503>
- Pozo-Rico, T., Gilar-Corbí, R., Izquierdo, A., & Castejón, J. L. (2020). Teacher training can make a difference: tools to overcome the impact of COVID-19 on primary schools. An experimental study. *International journal of environmental research and public health*, 17(22), 8633. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228633>
- Pratisto, E. H., Thompson, N., & Potdar, V. (2022). Immersive technologies for tourism: a systematic review. *Information Technology & Tourism*, 24(2), 181-219. <https://doi.org/10.1007/s40558-022-00228-7>
- Raby, C., Karsenti, T., & Grimard, E. (2006). L'éducation à mille lieues de l'immersion virtuelle : portrait de sept cas d'exemplarité à intégrer les TIC au Québec. Researchgate. Consulté le 30 octobre 2024 sur https://www.researchgate.net/publication/268514903_L'education_a_mille_lieues_de_l'immersion_virtuelle_portrait_de_sept_cas_d'exemplarite_a_integrer_les_TIC_au_Quebec

- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Radzi, A. R., Bokhari, H. R., Rahman, R. A., & Ayer, S. K. (2019). Key attributes of change agents for successful technology adoptions in construction companies: a thematic analysis. In *Computing in Civil Engineering 2019: Data, Sensing, and Analytics* (pp. 430-437). Reston, VA: American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784482438.055>
- Ratinaud P. (2009). IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires [Computer software]. Retrieved from <http://www.iramuteq.org>
- Razak, N. A., Rasli, R. M., Subhan, S., Ahmad, N. A., & Malik, S. (2023). Systematic review on digital transformation among teachers in public schools. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(2), 1059-1078. <http://dx.doi.org/10.11591/ijere.v12i2.24498>
- Reeves, T. D., & Li, Z. (2012). Teachers' technological readiness for online professional development: evidence from the US e-Learning for Educators initiative. *Journal of Education for Teaching*, 38(4), 389-406. <https://doi.org/10.1080/02607476.2012.707921>
- Reinert, M. (1990). Alceste une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application: Aurelia De Gerard De Nerval. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de méthodologie sociologique*, 26(1), 24-54. <https://doi.org/10.1177/075910639002600103>
- Reis, R., & Marques, B. P. (2021). Learning analytics in the monitoring of learning processes: 3D educational collaborative virtual environments. In *Advancing the Power of Learning Analytics and Big Data in Education* (pp. 142-169). IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-7998-7103-3.ch007
- Repovš, E., Drnovšek, M., & Kaše, R. (2019). Change ready, resistant, or both? Exploring the concepts of individual change readiness and resistance to organizational change. *Economic and Business Review*, 21(2), 5. <https://doi.org/10.15458/85451.82>
- Robbins Stephen, P. (1979). *Organizational behavior: concepts and controversies*. https://books.google.nl/books/about/Organizational_Behavior.html?id=hzDmPWYqXKkC&redir_esc=y
- Rogers, E. M. (1995). Diffusion of Innovations: modifications of a model for telecommunications. *Die diffusion von innovationen in der telekommunikation*, 25-38. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79868-9_2

- Rymaszewski, M. (2007). *Second life: The official guide*. John Wiley & Sons. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/1196433>
- Sakulsumpaopol, N. (2010). *The roles of school principals in implementing change in elementary and secondary schools in Thailand* (Doctoral dissertation, Victoria University). <https://vuir.vu.edu.au/id/eprint/15842>
- Salatino, A., Zavattaro, C., Gammeri, R., Cirillo, E., Piatti, M. L., Pyasik, M., ... & Ricci, R. (2023). Virtual reality rehabilitation for unilateral spatial neglect: A systematic review of immersive, semi-immersive and non-immersive techniques. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 152, 105248. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105248>
- Sbalchiero, S., & Tuzzi, A. (2016). Scientists' spirituality in scientists' words. Assessing and enriching the results of a qualitative analysis of in-depth interviews by means of quantitative approaches. *Quality & Quantity*, 50(3), 1333-1348. <https://doi.org/10.1007/s11135-015-0208-y>
- Santos, N. M., & Peslak, A. (2022). Immersive technologies: Benefits, timeframes, and obstacles. *Issues in Information Systems*, 23(2). https://doi.org/10.48009/2_iis_2022_115
- Schein, E. H. (1961). *Management development as a process of influence*. *Industrial Management Review* (pre-1986), 2(2), 59. https://books.google.nl/books/about/Management_Development_as_a_Process_of_I.html?id=UOKVnQEACAAJ&redir_esc=y
- Schein, E. H., & Bennis, W. G. (1965). *Personal and organizational change through group methods: The laboratory approach*. New York: Wiley. https://books.google.nl/books/about/Personal_and_Organizational_Change_Throu.html?id=RGtEAAAAIAAJ&redir_esc=y
- Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & education*, 128, 13-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Scherer, R., & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90-109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., & Baran, E. (2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers' technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in human behavior*, 80, 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.003>
- Schina, D., Bautista, C. V., Borrull, A., Rodríguez, M. U., & González, V. E. (2021). An associational study: preschool teachers' acceptance and self-efficacy towards Educational

Robotics in a pre-service teacher training program. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, (18), 25. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00264-z>

- Schoonenboom, J., & Johnson, R. B. (2017). How to construct a mixed methods research design. *KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 107-131. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0454-1>
- Schmalstieg, D., & Hollerer, T. (2016). *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional. <https://doi.org/10.1109/VR.2017.7892358>
- Schuemie, M. J., Van Der Straaten, P., Krijn, M., & Van Der Mast, C. A. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *Cyberpsychology & behavior*, 4(2), 183-201. <https://doi.org/10.1089/109493101300117884>
- Scorgie, D., Feng, Z., Paes, D., Parisi, F., Yiu, T. W., & Lovreglio, R. (2024). Virtual reality for safety training: A systematic literature review and meta-analysis. *Safety science*, 171, 106372. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106372>
- Sensoy, O., & Yildirim, H. I. (2018). Impact of Technological Pedagogical Content Knowledge Based Education Applications on Prospective Teachers' Self-Efficacy Belief Levels toward Science Education. *Journal of Education and Training Studies*, 6(10), 29-38. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1187269>
- Serin, H. (2018). A comparison of teacher-centered and student-centered approaches in educational settings. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 5(1), 164-167. <https://doi.org/10.23918/ijsses.v5i1p164>
- Servotte, J. C., Goose, M., Campbell, S. H., Dardenne, N., Pilote, B., Simoneau, I. L., ... & Ghuysen, A. (2020). Virtual reality experience: Immersion, sense of presence, and cybersickness. *Clinical Simulation in Nursing*, 38, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.09.006>
- Shanka, T., Quintal, V., & Taylor, R. (2006). Factors influencing international students' choice of an education destination—A correspondence analysis. *Journal of Marketing for Higher education*, 15(2), 31-46. https://doi.org/10.1300/J050v15n02_02
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality*. San Francisco, CA: Morgan Kauffman. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18583-2>
- Shet, S. V., Patil, S. V., & Chandawarkar, M. R. (2019). Competency based superior performance and organizational effectiveness. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2018-0128>
- Shi, D., DiStefano, C., Zheng, X., Liu, R., & Jiang, Z. (2021). Fitting latent growth models with small sample sizes and non-normal missing data. *International Journal of Behavioral Development*, 45(2), 179-192. <https://doi.org/10.1177/0165025420979365>

- Silva, B. M., & Fernando, P. (2019, March). Early prediction of cybersickness in virtual, augmented & mixed reality applications: a review. In 2019 IEEE 5th international conference for convergence in technology (I2CT) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/I2CT45611.2019.9033650>
- Silva, R., Pereira, I., Nicola, S., Madureira, A., Bettencourt, N., Reis, J. L., ... & de Oliveira, D. A. (2024, June). *Navigating the Future of Enterprises: Insights into Digital Transformation, Virtual Reality, and the Metaverse*. In 2024 IEEE 22nd Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON) (pp. 1146-1151). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MELECON56669.2024.10608539>
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's reality-virtuality continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 647997. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>
- Slater, M. (2017). Implicit learning through embodiment in immersive virtual reality. *Virtual, augmented, and mixed realities in education*, 19-33. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_2
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British journal of psychology*, 109(3), 431-433. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1111/bjop.12305>
- Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. (2019, May). What is mixed reality?. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-15). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300767>
- Stirzel, M. (2023). TOWARDS AN EVALUATION CONCEPT FOR IMMERSIVE TEACHING BASED ON THE "COGNITIVE AFFECTIVE MODEL OF IMMERSIVE LEARNING (CAMIL)" FRAMEWORK. In *EDULEARN23 Proceedings* (pp. 7211-7218). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2023.1887>
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Šumak, B., Heričko, M., & Pušnik, M. (2011). A meta-analysis of e-learning technology acceptance: The role of user types and e-learning technology types. *Computers in human behavior*, 27(6), 2067-2077. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.08.005>
- Sutherland, I. E. (1968, December). A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I* (pp. 757-764). <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Swan, J. E., & Gabbard, J. L. (2005, July). Survey of user-based experimentation in augmented reality. In *Proceedings of 1st international conference on virtual reality* (Vol. 22, pp. 1-9).

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=eac94b1d95e65017c112a6897239bdf0f47f15ad>

- Taherdoost, H. (2018). A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia manufacturing*, 22, 960-967. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.137>
- Tam, A. C. F. (2015). The role of a professional learning community in teacher change: A perspective from beliefs and practices. *Teachers and Teaching*, 21(1), 22-43. <https://doi.org/10.1080/13540602.2014.928122>
- Tang, Y. M., Au, K. M., Lau, H. C., Ho, G. T., & Wu, C. H. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), 797-807. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00427-9>
- Tassinari, M. E., Marcuccio, M., & Marfia, G. (2021). Extended Reality in Social Science: a conceptual clarification. In *EDULEARN21 Proceedings* (pp. 7052-7060). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1421>
- Taylor, S., & Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information systems research*, 6(2), 144-176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- Teh, J. J., Pascoe, D. J., Hafeji, S., Parchure, R., Koczski, A., Rimmer, M. P., ... & Al Wattar, B. H. (2024). Efficacy of virtual reality for pain relief in medical procedures: a systematic review and meta-analysis. *BMC medicine*, 22(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12916-024-03266-6>
- Thohir, M. A., Ahdhianto, E., Mas'ula, S., April Yanti, F., & Sukarelawan, M. I. (2023). The Effects of TPACK and Facility Condition on Preservice Teachers' Acceptance of Virtual Reality in Science Education Course. *Contemporary Educational Technology*, 15(2). <http://dx.doi.org/10.30935/cedtech/12918>
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal computing: Toward a conceptual model of utilization. *MIS quarterly*, 125-143. <https://doi.org/10.2307/249443>
- Thorp, S. O., Rimol, L. M., Lervik, S., Evensmoen, H. R., & Grassini, S. (2024). Comparative analysis of spatial ability in immersive and non-immersive virtual reality: the role of sense of presence, simulation sickness and cognitive load. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, 1343872. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1343872>
- Tischbein, B., Bull, C., Wiegand, C., Gadianu, D., Qamar, E., Isho, F., & Mahmoud, M. (2021, December). Software development methodologies for virtual reality. In *2021 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)* (pp. 1951-1957). IEEE. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/CSCI54926.2021.00362>

- Tong, A., Flemming, K., McInnes, E., Oliver, S., & Craig, J. (2012). Enhancing transparency in reporting the synthesis of qualitative research: ENTREQ. BMC medical research methodology, 12, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-12-181>
- Tong, A., Sainsbury, P., & Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups. International journal for quality in health care, 19(6), 349-357. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzm042>
- Tucker, D. A., & Cirella, S. (2018). Agents of change: insights from three case studies of hospital transformations. In Research in organizational change and development. Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S0897-301620180000026008>
- Tucker, D. A., Hendy, J., & Barlow, J. (2015). The importance of role sending in the sensemaking of change agent roles. Journal of health organization and management. <https://doi.org/10.1108/JHOM-12-2013-0279>
- Ulrich, D., Younger, J., Brockbank, W., & Ulrich, M. D. (2013). The state of the HR profession. Human Resource Management, 52(3), 457-471. <https://doi.org/10.1002/hrm.21536>
- UNESCO. (2020). Competency Framework for Teachers. Version 3 (2018). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721>
- UNESCO (2023). Global Education Monitoring Report 2023 : Technology in education – A tool on whose terms? Paris, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>
- UNICEF (2021). *4 Quality Education Key Asks*. The Sustainable Development Goals Report 2021. <https://www.unicef.org/media/89196/file/Key-Asks-SDG4.pdf>
- Usman, M. (2020). Transformational leadership and organizational change: In the context of today's leader. International Business Education Journal, 13(1), 95-107. <https://doi.org/10.37134/ibej.vol13.1.8.2020>
- Van Belleghem, L. (2017). Le « schéma à 5 carrés » doit-il être repensé pour analyser les nouvelles formes du travail ? 52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie (Toulouse, 20-22 septembre). https://www.researchgate.net/publication/318724947_Faut-il_repenser_le_schema_a_5_carres_pour_analyser_le_travail_contemporain
- Van Belleghem, L., & Guerry, M. H. (2016). De la simulation organisationnelle à la simulation managériale. Actes du 51ème congrès de la SELF, 21-23. https://www.researchgate.net/publication/303837034_De_la_simulation_organisationnelle_a_la_simulation_manageriale
- Van der Heijden, H. R. M. A., Beijaard, D., Geldens, J. J. M., & Popeijus, H. L. (2018). Understanding teachers as change agents: An investigation of primary school teachers'

self-perception. *Journal of Educational Change*, 19(3), 347-373.
<https://doi.org/10.1007/s10833-018-9320-9>

- Van der Linde-de Klerk, M., Martins, N., & De Beer, M. (2014). The development of a change agent identification framework for South African change agents. *South African Journal of Labour Relations*, 38(1), 93-115. <https://hdl.handle.net/10520/EJC152807>
- Van der Schaft, A. H., Solinger, O. N., Van Olffen, W., Ruotsalainen, R., Lub, X. D., & Van der Heijden, B. I. (2024). The role taking dynamics of change recipients: A narrative analysis. *Group & Organization Management*, 10596011241265153. <https://doi.org/10.1177/10596011241265153>
- Van Laarhoven, T., Munk, D. D., Zurita, L. M., Lynch, K., Zurita, B., Smith, T., & Chandler, L. (2008). The effectiveness of video tutorials for teaching preservice educators to use assistive technologies. *Journal of Special Education Technology*, 23(4), 31-45. <https://doi.org/10.1177/016264340802300403>
- Van Poeck, K., Læssøe, J., & Block, T. (2017). An exploration of sustainability change agents as facilitators of nonformal learning: Mapping a moving and intertwined landscape. *Ecology and Society*, 22(2). <https://www.jstor.org/stable/26270111>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192>.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS quarterly*, 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Veyrac, H., & Bouillier-Oudot, M. H. (2011). Les concepts de représentations de la tâche en ergonomie pour la formation professionnelle des enseignants débutants. <https://hal.science/hal-01558064v1>
- Vineis, P. (2022). Data Privacy and Security Perceptions in Virtual Reality Technologies amid EU Citizens [Mémoire de Master, Erasmus University Rotterdam]. Thesis.eur.nl. <https://thesis.eur.nl/pub/65080>
- Vinter, R. D. (1960). [Review of *The Dynamics of Planned Change: A Comparative Study of Principles and Techniques*, by R. Lippitt, J. Watson, & B. Westley]. *Social Service Review*, 34(2), 247–248. <http://www.jstor.org/stable/30016646>

- Visser, W., & Crane, A. (2010). Corporate sustainability and the individual: Understanding what drives sustainability professionals as change agents. Available at SSRN 1559087. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1559087>
- Wade, N. J. (2002). Charles Wheatstone (1802–1875). *Perception*, 31(3), 265-272. <https://doi.org/10.1068/p3103ed>
- Wall, S. (2014). Self-employed nurses as change agents in healthcare: strategies, consequences, and possibilities. *Journal of Health Organization and Management*, 28(4), 511-531. <https://doi.org/10.1108/JHOM-03-2013-0049>
- Warrick, D. D. (2009). Developing organization change champions. *OD practitioner*, 41(1), 14-19. <https://thefrontofthejersey.com/wp-content/uploads/2013/03/building-change-champions.pdf>
- Warwick, P. (2016). An integrated leadership model for leading education for sustainability in higher education and the vital role of students as change agents. *Management in Education*, 30(3), 105-111. <https://doi.org/10.1177/0892020616653463>
- Weber, M. L. (2020). Transformation numérique de l'activité et dynamique d'influence sur les salariés: Une étude prospective d'usage de la réalité virtuelle dans l'enseignement supérieur (Doctoral dissertation, Université Montpellier). <https://theses.hal.science/tel-03153808v1>
- Weber, M. L., Rodhain, F., & Chollet, A. (2018, May). Usage de la réalité virtuelle en enseignement supérieur: de la posture à la compétence. Une réflexion par la didactique professionnelle. In 23ème Congrès de l'AIM (Association Information et Management). <https://hal.science/hal-02270068v1>
- Weinbaum, S. G. (2016). Pygmalion's spectacles. Simon and Schuster. <https://www.gutenberg.org/cache/epub/22893/pg22893-images.html>
- Wilkinson, M., Brantley, S., & Feng, J. (2021, September). A mini review of presence and immersion in virtual reality. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 65, No. 1, pp. 1099-1103). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181321651148>
- Wiloki (2024). Adibou par Wiloki : l'app pour apprendre et s'amuser de 4 ans à 7 ans. Wiloki. Consulté le 30 octobre 2024 sur <https://wiloki.com/fr/adibou/>
- Wilson, A., Fuhrman, O., & Turner, K. (2019). " Digital tools will never take the place of a good teacher": understanding teachers' resistance to using technology through Glasser's Choice Theory. *International Journal of Learning Technology*, 14(1), 42-58. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2019.100612>

- Witmer, B. G., Jerome, C. J., & Singer, M. J. (2005). The factor structure of the presence questionnaire. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 14(3), 298-312. <https://doi.org/10.1162/105474605323384654>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, 62, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British journal of educational technology*, 51(6), 1991-2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- Xunzi, H. G. (2015). *Xunzi: The complete text*. Princeton University Press. <https://dokumen.pub/xunzi-the-complete-text-course-booknbsped-9781400852550.html>
- Yang, J., Wang, Q., Wang, J., Huang, M., & Ma, Y. (2021). A study of K-12 teachers' TPACK on the technology acceptance of E-schoolbag. *Interactive Learning Environments*, 29(7), 1062-1075. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1627560>
- Yeung, A. W. K., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., ... & Willschke, H. (2021). Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature. *Journal of medical internet research*, 23(2), e25499. <https://doi.org/10.2196/25499>
- Yildirim, S. (2000). Effects of an educational computing course on preservice and inservice teachers: A discussion and analysis of attitudes and use. *Journal of Research on computing in Education*, 32(4), 479-495. <https://doi.org/10.1080/08886504.2000.10782293>
- Yousafzai, S. Y., Foxall, G. R., & Pallister, J. G. (2007a). Technology acceptance: a meta-analysis of the TAM: Part 1. *Journal of modelling in management*, 2(3), 251-280. <https://doi.org/10.1108/17465660710834453>
- Yousafzai, S. Y., Foxall, G. R., & Pallister, J. G. (2007b). Technology acceptance: a meta-analysis of the TAM: Part 2. *Journal of Modelling in Management*, 2(3), 281-304. <https://doi.org/10.1108/17465660710834462>
- Yu, Z., & Duan, P. (2024). Meta-analyses of anxiety, motivation, performance, satisfaction, and self-efficacy in virtual reality-assisted language education. *Foreign Language Annals*. <https://doi.org/10.1111/flan.12748>
- Zeng, Y., Wang, Y., & Li, S. (2022). The relationship between teachers' information technology integration self-efficacy and TPACK: A meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 13, 1091017. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1091017>

- Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented reality in K–12 education: A systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14(15), 9725. <https://doi.org/10.3390/su14159725>
- Zhu, Z., & Huang, W. (2023). A meta-analysis of mobile learning adoption using extended UTAUT. *Information Development*, 02666669231176428. <https://doi.org/10.1177/02666669231176428>
- Zhu, Z., Xu, G., Riseman, E. M., & Hanson, A. R. (1999, June). Fast generation of dynamic and multi-resolution 360/spl deg/panorama from video sequences. In *Proceedings IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* (Vol. 1, pp. 400-406). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MMCS.1999.779237>
- Zorgetto-Pinheiro, V. A., De Vasconcelos, A. M., Pinheiro, R. S., Bogo, D., & Silva, I. S. (2020). Experimental Models in Rheumatoid Arthritis: A Systematic Review using the IRAMUTEQ software. *Int. J. Innov. Educ. Res*, 8, 119-134. <http://dx.doi.org/10.31686/ijier.Vol8.Iss1.2129>

ANNEXES

Etude 1 : Annexes

Tableau 20. Statistiques descriptives des items restants du NEO-PI-3 et du F-JAS-II.

Items du NEO-PI-3 (N=17)	M	ET	Items du FJAS-2 (N=17)	M	ET
Sensibilité	3.94	1.16	Persévérance	5.94	.90
Activité	3.94	.80	Conduite du Changement	5.94	1.00
Contrôle de Soi	3.94	.73	Ressort	5.94	.66
Ouverture aux valeurs	3.88	.83	Sens Politique	5.94	.75
Satisfaction - Sérénité	3.82	1.04	Prise de Décision	5.82	1.01
Chaleur	3.71	.82	Sens de l'Organisation	5.76	.97
Ouverture aux rêveries	3.71	1.07	Méthodes de recherche	5.76	1.03
Ouverture aux émotions	3.65	.90	Persuasion	5.71	.92
Délibération	3.53	.85	Résistance aux jugements	5.71	.85
Ouverture à l'esthétique	3.47	.70	Autonomie	5.71	1.16
Compliance	3.35	1.03	Confiance en situation sociale	5.71	.92
Recherche de réussite	3.24	.81	Fiabilité	5.65	1.11
Confiance	2.7	.94	Ressources Organisationnelles	5.47	.72
Sens du devoir	2.3	.76	Sociabilité	5.38	1.09
Recherche de sensation	2.2	1.1	Négociation	5.35	1.22
			Affirmation de Soi	5.35	1.84
			Fonctionnement des individus	5.06	1.53
			Networking	5.00	1.62
			Technologies Educatives	4.94	.90
			Réalisation de Soi	4.82	1.63

Tableau 21. Définitions et références des items supplémentaires du FJAS-2.

Items ajoutés au FJAS-2	Définitions	Références
Facilitation	Capacité à favoriser l'acceptation d'un changement en écoutant et en prenant en compte le point de vue de chacun.	Visser and Crane (2010)
Communication	Capacité à recueillir et à partager des informations de manière cohérente, que ce soit à l'écrit ou à l'oral.	Endrejat et al. (2021)
Collaboration	Capacité à développer le travail d'équipe et l'esprit d'équipe parmi ses collègues.	Visser and Crane (2010)
Gestion de projet	Capacité à définir, planifier et gérer un projet. Il s'agit notamment de fixer des objectifs, de respecter les délais, d'anticiper les risques ou d'établir des rapports.	Nikolaou et al. (2007)
Résolution de problème	Capacité à définir et à analyser un problème, ou une situation, complexe afin de proposer une solution adaptée.	Cameron and Green (2019)
Climat de confiance	Capacité à créer et à maintenir des relations basées sur la confiance et l'honnêteté avec ses collègues.	Oreg and Sverdlik (2011)
Transmettre une vision du CO	Capacité à développer et à partager une vision claire de son projet de changement avec ses collègues afin qu'ils se l'approprient.	Visser and Crane (2010)
Fonctionnement l'organisation	deConnaissances sur le fonctionnement de l'entreprise. Il s'agit des valeurs, des processus, de l'administration, des objectifs ou de ses acteurs.	Van der Linde-de Klerk et al. (2014)
Sens politique	Capacité à identifier des partenariats stratégiques, à inspirer la confiance et à adapter son comportement à son public.	Palmer et al. (2016)
Conduite du changement	Connaissances des processus et théories relatifs à la gestion de changement organisationnel.	Van der Linde-de Klerk et al. (2014)
Prise de décision	Capacité à fournir des conseils et des orientations à d'autres personnes afin de faciliter leur prise de décision.	Palmer et al. (2016)
Méthodes de recherche	Capacité à préparer, rassembler et analyser des données qualitatives et quantitatives.	Cameron and Green (2019)
Récupérer des ressources organisationnelles	Capacité à collecter et à partager des ressources organisationnelles pour atteindre un objectif. Elles sont aussi bien de nature financière, temporelle, hiérarchique, qu'humaine.	Cameron and Green (2019)
Fonctionnement des individus	Connaissances sur la manière dont les gens travaillent, apprennent, interagissent et se comportent.	Van der Linde-de Klerk et al. (2014)
Networking	Capacité à construire et à entretenir un réseau grâce à sa fiabilité et à ses compétences interpersonnelles.	Palmer et al (2016)
Technologies éducatives	Connaissance des technologies et logiciels utilisés dans un contexte éducatif et de développement des compétences.	Van der Linde-de Klerk et al. (2014)

Grille d'entretien semi-structuré de l'étude 1 et 2

Informations démographiques :

Nom & Prénom :

N° Participant :

Tutoiement – Vouvoiement ? : T / V

Formulaire de consentement ☐

Enregistrement n° :

Autorisation Enregistrement : O / N

1. Description de l'étude et présentation de l'interviewer :

Pendant toute la durée de l'entretien, il n'y a et n'aura pas de bonnes ou de mauvaises réponses, seul votre avis compte et nous intéresse. Vous avez également le droit de ne pas avoir d'avis sur certaines questions ou, tout simplement, de ne pas savoir. Vous pouvez aussi vous arrêter à tout moment. Pour rappel, l'ensemble des informations que vous nous transmettez seront anonymisées. Un feedback complet vous sera transmis une fois que l'étude et les livrables seront rédigés. Cette étude se décompose en 3 parties :

- a. **L'entretien** : il a pour objectif de récupérer votre point de vue et votre expérience sur le sujet afin de le comparer à celui de la recherche.
- b. **Le job profiler du NEO PI 3** : il permet de dresser un profil de personnalité rattachée au métier d'agent du changement.
- c. **Le FJAS II** : C'est une revisite de ce test afin que vous évaluiez la pertinence et le niveau des compétences proposées sur le métier d'agent du changement.

Présentation de l'interviewer : Je m'appelle Quentin et je suis psychologue du travail. Je réalise ma thèse pour l'entreprise Mimbus et le laboratoire LaPEA de l'Université Paris Cité sur les thématiques de l'accompagnement au changement, de la formation, et des technologies immersives. Cette étude s'inscrit dans ces thématiques en se concentrant sur le rôle de l'agent du changement dans un processus de transformation organisationnelle. Ce métier est très variable en fonction de l'organisation, du projet, ou des missions auxquels il est rattaché. Cela se retranscrit notamment dans ses nombreuses appellations (e.g. consultants, accompagnateur, manager du changement ...). Cette diversité rend difficile de cerner l'activité de l'AC et de ce qu'elle implique.

L'objectif de cette étude est ainsi de clarifier ensemble les caractéristiques de ce métier grâce à votre expérience sur le sujet. De plus, tout au long de cet entretien nous allons nous centrer sur une forme précise de changement : l'implémentation des technologies immersives d'apprentissage auprès d'organismes de formation – qu'elle qu'en soit leurs natures. Nous vous demanderons donc de centrer vos exemples et vos expériences sur ce contexte spécifique, les technologies d'apprentissage. Si vous n'avez pas encore vécu de changement organisationnel dû à l'apparition et l'implémentation de ce type de technologie, vous pouvez vous référer à d'autres technologies éducatives ou Systèmes d'Informations à but de formation et de développement des compétences.

En avez-vous un en tête ? :

- Si **OUI** : conservez-le, on va le développer pendant l'entretien.
- Si **NON** : ne vous inquiétez pas, ça va venir au cours de l'entretien.

La trame de l'entretien se découpe en 5 grandes parties et dure environ 1h heures et 30 minutes :

1. La présentation de l'interviewé
2. L'étude de cas d'un projet de changement organisationnel
3. Les compétences d'un agent du changement
4. Le ou les rôles d'un agent du changement
5. La clôture de l'entretien

Est-ce que vous avez des questions sur ce que je viens d'aborder ?

2. Présentation de l'interviewé

Faites-moi une courte présentation de votre organisation (nom, effectif, services) : ...

Faites une courte présentation de vous-même centré sur votre poste actuel (intitulé du poste, ancienneté, position dans l'organisation, ...) ?

Est-ce que vous considérez la fonction d'agent du changement comme votre métier dans son intégralité ou comme une partie de votre activité ? Pourquoi ?

Quelles sont vos tâches et missions principales ?

Comment en êtes-vous arrivé là ? (Formation, parcours, expériences principales antérieures, année d'expériences, motivation/intérêt) : ...

Comment avez-vous été sélectionné sur votre poste ?

Quels étaient les critères qui ont déterminé votre sélection (e.g. compétences, expériences) ?

Comment avez-vous été accompagnés pendant les premiers mois de votre activité en tant qu'agent du changement (e.g. formation, tutorat, coaching) ?

Est-ce qu'il y a d'autres particularités liées à votre travail ? Lesquelles ?

3. L'étude de cas d'un projet de changement organisationnel

Pouvez-vous me définir ce que vous entendez par un changement organisationnel ?

Définition : Un CO comprend toute action ou groupe d'actions provoquant une modification dans la façon dont une organisation fonctionne à un niveau individuel et/ou collectif (Garcia., 2012). Que pensez-vous de cette définition ?

En quoi ces technologies d'apprentissage provoquent-elles un changement organisationnel ?

Quel est l'intérêt de ces technologies dans votre organisation ou celle de vos clients ?

Un projet de changement correspondant à ce que l'on vient d'aborder vous vient-il à l'esprit ?

Idéalement, ce serait un projet dans lequel vous avez participé de manière active et centré sur les technologies immersives d'apprentissage.

Nom du projet :

Si l'interviewé n'a pas de projet en tête :

- Peut-être sur la conduite de projet ou d'un POC sur une technologie immersive ou innovante ?
- Peut-être sur des technologies d'apprentissage plus légères (e.g. e-learning, MOOC, COOK, ENT, LMS, ...) ?
- Peut-être sur un projet de changement, quel qu'en soit sa nature, son contexte et sa cible ? (Ex : fusion-transformation-acquisition-déménagement, activité, ...) ?

Etude de cas du projet

a. Description générale du projet :

Pouvez-vous me le décrire ? (Description générale, gestions, acteurs, ...) :

Quel était ce projet ?	Quel changement provoquait-il ?
Quel était son contexte ?	A quels enjeux répondait-il ?
Quels étaient ses objectifs ?	Les objectifs ont-ils changés pendant le projet ?
Comment était-il évalué (KPI, indicateurs)	Les objectifs ont-ils été atteints ?
Ses conséquences sur le court-terme ?	Ses conséquences sur le long-terme ?

b. Gestion du projet :

Combien de temps a-t-il prit (début, fin)	Quelles étaient ses principales étapes ?
Les deadlines ont-elles été respectées	Quand le projet a été considéré comme terminé ?
Il y a eu des interventions pos-projets ?	Pourquoi est-il considéré comme terminé ?
Des ressources supplémentaires nécessaires ?	Comment les avez-vous récupéré ?

c. Les acteurs du projet :

Qui était les commanditaires du projet ?	Qui avait la charge de ce projet ?
Il y avait des comités rattachés à ce projet ? Pouvez-vous me les nommer et les décrire ?	
Vous-êtes-vous tourné vers des personnes en dehors de l'équipe projet pour faciliter sa réalisation ?	
Quels étaient les personnes impactées ?	Avaient-elles des résistances ou un refus ?
Oui : pouvez-vous me les décrire ?	Non : Comment l'expliquez-vous ?
Qu'est ce qui a déterminé leur acceptation ?	Les commanditaires sont-ils satisfaits ? Refaire ?

d. Analyse du projet

Qu'est-ce qui a particulièrement bien fonctionné dans ce projet ? Comment le répéter ?
Qu'est-ce qui n'a pas du tout fonctionner ? Comment limiter son apparition ?
Il y a-t-il d'autres points ou facteurs qui ont joué un rôle déterminant dans la conduite de ce projet ?
Avez-vous des précisions que l'on n'a pas abordées ou qui vont ont particulièrement marqué ?

4. Les compétences de l'agent du changement :

Pouvez-vous me définir ce que vous entendez par Agent du Changement, en tant qu'individu ?

Définition Agent du Changement : un individu ou un groupe d'individu qui initie, accompagne, représente, supervise et maintient un changement au sein d'une organisation (Gerwing., 2016).

Etes-vous d'accord avec cette définition ? Voulez-vous modifier, supprimer, compléter quelque chose ?

Définition des compétences : On entend par compétences un ensemble de savoir, savoir-être, et savoir-faire rattachés à un contexte ou une activité spécifique où elle est validable, ici un CO (De Witte., 1998).

Selon vous, quelles sont les compétences indispensables à un agent du changement pour conduire un changement organisationnel ?

Pour chaque compétence citée, pouvez-vous rapidement me dire en quoi elle consiste, la situation dans laquelle elle est déployée, et si c'est davantage un savoir, savoir-être ou savoir-faire. Essayez d'en donner un minimum de 3.

Avez-vous des compétences ou points importants supplémentaires à ajouter et qui sont nécessaires à un AC pour réussir un CO ? : ...

5. Le ou les rôles de l'agent du changement :

Définition : J'entends par *rôle* un regroupement de responsabilité, d'activité, de tâche, et de mission que possède un agent du changement lors de la conduite d'un changement organisationnel. Un même personne peut donc avoir plusieurs rôles sur un même projet. Ce n'est donc pas un intitulé de poste mais bien une liste de rôle qui nous intéresse ici (Kayaalp et al., 2021).

Dans un CO, quels sont les différents rôles que doit posséder l'équipe en charge du projet de CO ? Pouvez-vous me les nommer et me les décrire ?

Dans votre étude de cas, comment s'est déroulé la création de l'équipe projet et l'attribution des rôles ?

Quel était votre rôle et vos missions principales sur ce projet ?

Vos interventions sur ce projet étaient ponctuelles ou continue ?

Qu'est-ce qui vous a permis d'être efficace dans ce projet ?

Il y a-t-il eu des points plus difficiles pour vous ?

Pour résumer en quelques mots, quel est pour vous le profil idéal de l'agent du changement ?

6. La clôture de l'entretien :

Remercier de sa participation.

Voulez-vous prévoir un moment pour revenir sur les réponses de vos questionnaires ?

Avez-vous des questions relatives à cette étude ou à l'entretien ?

Transmission des deux questionnaires et validation de leurs réceptions.

Avez-vous des contacts à me proposer pour cette étude ?

Merci encore pour votre participation à cette étude et je reste joignable pour toutes questions.

Formulaire de consentement de l'étude 1

Laboratoire : LaPEA – Institut de Psychologie Henri Piéron – Université Paris Cité

Chercheur-se responsable : Philippe Cabon & Quentin Jordahn

Chercheur-se en charge de la passation : Quentin Jordahn

Thématique : L'activité de l'agent du changement

Qualité de la recherche : recherche sans bénéfice individuel direct, réalisée avec des participants humains volontaires.

Méthodes et techniques : La participation à cette expérience se fait individuellement et a une durée totale d'environ 2 heures. Les participants réalisent un entretien semi-directif enregistré d'environ 1 heure et 20 minutes avec le chercheur en charge de la passation : Quentin Jordahn. Ils sont ensuite invités par mail à répondre au Job Profiler du NEO PI-3 et qui dure 5 à 10 minutes. Cette expérience se conclue en réalisant un questionnaire de compétence revisité du FJAS II et qui dure 20 à 30 minutes. Une invitation leur est également envoyée pour répondre au questionnaire en ligne. Les deux questionnaires se font sous LimeSurvey. La planification d'une restitution est proposée au participant à la fin de l'entretien. Une note d'information leur est envoyée automatiquement par mail à la fin du deuxième questionnaire (i.e. FJAS II). Les données qui vous concernent resteront confidentielles et anonymes. Elles pourront faire l'objet de publication scientifiques, mais dans aucun cas votre nom ou tout élément susceptible de vous identifier comme participant n'y figurera. Un feedback individuel écrit vous sera transmis et ne sera accessible que par vous et les chercheurs-responsables de cette étude.

Je soussigné (e) :

Certifie avoir pris connaissance des informations relatives à l'étude « l'activité de l'agent du changement ». Cette étude s'effectue sous la responsabilité de Philippe Cabon et de Quentin Jordahn, que je peux contacter pour toute information complémentaire par téléphone ou par mail.

J'accepte volontairement de participer à cette étude, je comprends que ma participation n'est pas obligatoire et que je peux l'interrompre à tout moment. Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Je comprends également que les informations recueillis au cours de cette étude sont strictement confidentielles et à usage exclusif des chercheurs concernés. J'ai un droit d'accès, de modification, de récupération et de suppression de mes données individuelles permettant de m'identifier. Ces données ne seront pas conservées sur une durée supérieure à 3 ans sans mon accord explicite préalable.

Ce formulaire est imprimé en deux exemplaires et sont conservés au Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées – LaPEA – de l'Institut de Psychologie Henri Piéron ainsi qu'à Mimbus – Bât III, 1 rond-point de Flotis – 31240 Saint Jean.

Date : ... / ... / ...

Signature précédée la mention « lu et approuvé » :

Nom et signature du chercheur correspondant :

Note d'information envoyé au participant

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une thèse CIFRE entre le laboratoire LaPEA de l'Institut de Psychologie Henri Piéron de l'Université Paris Cité et l'entreprise Mimbus. L'objectif de cette thèse est de se concentrer sur les facteurs facilitants l'implémentation des technologies immersives d'apprentissage au sein des organismes de formation. Les thématiques dans lesquelles s'inscrit ce travail de doctorat sont l'accompagnement du changement, les technologies immersives (e.g. réalité virtuelle, réalité augmentée, ...) et l'apprentissage.

L'étude à laquelle vous avez pris part se concentre sur une population spécifique rattachée à un changement organisationnel : les agents du changement. En effet, elle vise à comprendre l'activité d'un agent du changement dans un processus de changement organisationnel provoqué par l'implémentation de technologies immersives d'apprentissage. De cette manière, cette étude a pour objectif de définir le rôle et les compétences nécessaires à un agent du changement pour implémenter efficacement ce type de technologies au sein des organismes de formation.

A cette fin, vous avez réalisé une recherche mixte (i.e. quantitatif et qualitatif) comprenant :

- **Un entretien semi-directif** : méthode de récolte de données qualitatives. Elle a permis de récupérer vos expériences et représentations concernant votre parcours professionnel (1), un projet de changement organisationnel auquel vous avez participé (2), les compétences (3) et les rôles (4), et les tâches (5) nécessaires à la bonne conduite d'un projet de changement organisationnel.
- **Un questionnaire – Le Job Profiler du NEO PI 3** : méthode de récolte de données quantitatives. Il permet de récupérer les traits de personnalités que vous avez jugé comme possédant un impact positif ou négatif sur l'activité d'un agent du changement.
- **Un questionnaire – Le FJAS II** : méthode de récolte de données quantitatives. Ce questionnaire permet d'évaluer les compétences interpersonnelles et sociales requises pour un poste. Ce questionnaire a été revisité afin d'ajouter des compétences spécifiques à l'agent du changement qui sont identifiées dans la littérature.

Les données récoltées à travers ces différentes méthodes seront anonymisées. Seuls vous, moi, et mon directeur de recherche rattaché à mon laboratoire – Mr Philippe Cabon – auront accès à vos résultats individuels et à des données permettant de vous identifier (e.g. nom, prénom, entreprise, adresse mail, formulaire de consentement, ...). Ces données personnelles ne seront en aucun cas utilisées à des fins commerciales. Elles seront utilisées aux fins suivantes :

- La fusion de vos données issues des différentes méthodes citées précédemment (i.e. entretien et questionnaires) pour un traitement collectif.
- La transmission de vos données individuelle une fois retranscrites, lissées et synthétisées (i.e. verbatims, résultats aux questionnaires) à vous uniquement.
- Une communication sur ce travail de recherche.

L'ensemble des données permettant la rédaction d'un article scientifique seront traitées uniquement à des fins de recherche ainsi que de manière collective et non individuelle. Si, dans l'article, une citation d'une partie de vos verbatims à visées illustratives, explicatives ou justificatives apparaît, elle ne permettra pas de vous identifier. Votre nom, ou tout autre moyen de vous identifier, ne figureront pas dans cette citation. Enfin, l'utilisation et le traitement des données sont en accords avec la RGPD française, le Comité d'Ethique et de Recherche de Paris Cité, et du code français de déontologie du psychologue.

Pour toutes informations complémentaires concernant cette étude et/ou les suivantes, vous pouvez me contacter par mail ou par téléphone.

Tableau 22. Analyse de contenu dirigé : les facteurs individuels de réussite restant de l'Agent du Changements.

Catégories	Sous-catégories	n	Citations
Rôles	L'Ambassadeur	4	Quelqu'un qui va justement prêcher le projet à droite et à gauche. Il va convaincre les personnes (P6).
	Le Veilleur	2	Quelqu'un en charge de la veille sur les bons outils à mettre en œuvre (P3).
	Le Récipient	1	Les utilisateurs finaux pour qui ont fait le projet et qui doivent, finalement, utiliser ce qui a été créé par le projet (P18).
Tâches	Responsable de Formation	5	Je dirige toute l'activité de l'entité Conseil et Formation de mon entreprise (P8).
	Communication & Marketing	4	J'ai pour mission toute la partie communication et marketing (P11).
	Missions RH	3	J'accompagne les managers sur des sujets RH de manière large (P3).
	Appel d'Offre	2	Je réalise une veille sur des appels d'offre afin de pouvoir y répondre (P19).
Compétences	Veille	5	C'est enrichir ses connaissances pour arriver à une solution la plus adaptée possible au besoin (P9).
	Adaptation	5	C'est d'être agile en passant sans difficulté d'une problématique sur un groupe d'acteurs à une autre problématique sur un autre groupe d'acteurs (P12).
	Résilience	5	Pour supporter les grincheux, les aléas. Il faut être combatif et ne pas perdre sa motivation (P14).
	Expertise technique	4	Demander aux personnes de basculer sur un outil de l'on ne maîtrise pas nous-même, c'est un peu compliqué (P16).
	Pédagogie	4	Il faut savoir former, enseigner (P19).
	Compétences relationnelles	4	Les compétences relationnelles, les compétences RH, et savoir comment s'entourer des bonnes personnes (P2).
	Humilité	4	Il doit avoir cette humilité de dire qu'il est dans cette activité de manière éphémère et qu'il doit disparaître pour laisser place à l'autonomie (P13).
	Persuasion	3	Il faut savoir convaincre les autres pour les embarquer (P21).
	Enthousiasme	3	L'enthousiasme est communicatif. Le seul risque que tu prends est de transformer la personne elle-même en ambassadeur (P20).
	Comptabilité	2	Il faut des compétences financières avec la maîtrise aussi bien d'un budget d'investissement que de dépense (P2).
	Connaissance de l'organisation	2	Il faut une bonne connaissance de l'entreprise (P19).
Définitions	Rôles		Ensemble de comportements, de responsabilités et d'actions attendus d'une personne sur le lieu de travail (Kayaalp et al., 2021).
	Tâches		Un objectif, ou une mission, prescrit par un supérieur à un travailleur dans le cadre de son travail (Leplat., 1990).
	Compétences		Une combinaison de connaissances, de savoir-faire, d'expériences et de comportements s'exerçant dans un contexte professionnel à partir duquel elle est validable (De Witte., 1998)

Notes. Aperçu des catégories et sous-catégories restantes, ainsi que des citations représentatives des rôles, tâches, et compétences des agents de changement lors de la conduite d'un changement organisationnel lié aux technologies éducatives. Les définitions et les références des rôles, des tâches, et des compétences utilisées au cours de l'entretien sont présentées.

Etude 3 : Annexes

Questionnaire : Information démographique

Questions relatives au participant :

1. Quel est votre âge ? : question ouverte
2. Comment vous décrivez-vous ? : Homme, Femme, Non-binaire, Transgenre, Préfère se décrire soi-même, Ne souhaite pas répondre.
3. Le français est-il votre langue maternelle ? : Oui ou Non

Questions relatives à la formation :

1. Êtes-vous formateur ou équivalent ? (ex : enseignant, professeur, ...) : Oui ou Non
2. Veuillez indiquer vos disciplines d'enseignement (ex : électricité, infirmier, hôtellerie, ...) :
3. Depuis combien de temps êtes-vous sur le poste ?
4. Depuis combien d'années enseignez-vous ?

Questions relatives à la réalité virtuelle :

1. Quelle est votre expérience avec un casque de réalité virtuelle dans votre contexte professionnel ? : Je n'en ai jamais utilisé (1), J'ai eu une première expérience (2), J'ai eu quelques expériences (3), J'en utilise régulièrement (4).
2. Quelle est votre expérience avec un casque de réalité virtuelle en dehors de votre contexte professionnel ? : Je n'en ai jamais utilisé (1), J'ai eu une première expérience (2), J'ai eu quelques expériences (3), J'en utilise régulièrement (4).
3. Jouez-vous aux jeux vidéo ? : Jamais (1), Parfois (2), Plusieurs fois par mois (3), Plusieurs fois par semaine (4).

Formulaire de consentement et notice d'information

Information sur ce projet

Laboratoires impliqués :

- LaPEA : Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquée, Institut de psychologie Henri Piéron, Université de Paris Cité, Paris.
- CLLE : Laboratoire Cognition, Langues, Langage et Ergonomie, Université Jean Jaurès, Toulouse

La qualité de cette recherche : recherche sans bénéfice individuel direct, réalisée avec des participants humains volontaires. Les données qui vous concernent resteront confidentielles et anonymes. Elles pourront faire l'objet de publications ou communications scientifiques. En aucun cas votre nom, ou tout élément susceptible de vous identifier comme participant, n'y figureront.

Vos droits de participation : 1) Vous participez à cette recherche sur la base de votre volontariat. 2) Vous pouvez interrompre votre participation à tout moment sans avoir à en justifier les raisons et sans aucun préjudice.

Vos droits à la confidentialité et à la vie privée : 1) les données obtenues seront traitées de manière totalement anonyme ; 2) votre identité sera voilée par un numéro aléatoire ; 3) aucun autre renseignement ne sera dévoilé qui puisse révéler votre identité ; 4) toutes les données seront gardées dans un endroit sécurisé et seuls les responsables scientifiques y auront accès ; 5) il ne sera pas possible de détruire ou de rectifier a posteriori vos données une fois le questionnaire validé puisque les données sont anonymes.

Vos droits de suivi de la recherche : Vous pouvez poser des questions au sujet de la recherche en tout temps en communiquant avec les chercheurs de cette étude. Nous vous répondrons dans les plus brefs délais.

L'objectif du projet

Consignes : Cette étude s'intéresse à l'utilisation de la réalité virtuelle en formation. Votre participation est importante ! Ce questionnaire est composé de 4 volets. Un volet démographique, puis trois volets sur la réalité virtuelle et son utilisation en cours. Il est important pour nous que vous répondiez à toutes les questions pour pouvoir exploiter efficacement les résultats. Répondez le plus spontanément et le plus honnêtement possible. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, c'est uniquement votre avis qui nous intéresse.

Consentement à la participation : En cliquant sur "J'ai pris connaissance de ces informations et donne mon accord pour participer à cette étude", vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu'on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu'on vous a avisé que vous étiez libre d'annuler votre consentement ou de vous retirer de cette recherche à tout moment, sans préjudice.

Nous vous remercions par avance de votre participation !

- ☐ J'ai pris connaissance de ces informations et je donne mon accord pour participer à cette étude
- ☐ J'ai conscience que je peux arrêter l'étude à n'importe quel moment
- ☐ Je ne souhaite pas continuer et mets fin directement à ma participation

Figure 46. Matrice de corrélation des items de l'étude 3 : partie 1.

	UP-2	UP-3	UP-4	FU-1	FU-2	FU-3	IS-1	IS-2	IS-3	IS-4	S-1	S-2	S-3	S-4
UP-2	—													
UP-3	0.643 ***	—												
UP-4	0.642 ***	0.652 ***	—											
FU-1	0.355 ***	0.466 ***	0.413 ***	—										
FU-2	-0.113	-0.149	-0.070	-0.229 **	—									
FU-3	0.093	0.058	0.104	0.295 ***	-0.410 ***	—								
IS-1	0.217 **	0.241 **	0.372 ***	0.309 ***	-0.022	-0.019	—							
IS-2	0.122	0.151	0.216 **	0.374 ***	-0.054	0.188 *	0.670 ***	—						
IS-3	0.185 *	0.248 **	0.269 ***	0.329 ***	0.050	0.065	0.380 ***	0.484 ***	—					
IS-4	-0.105	-0.123	-0.133	-0.096	0.169 *	0.095	-0.151	-0.205 *	-0.263 ***	—				
S-1	0.121	0.112	0.246 **	0.308 ***	-0.129	0.298 ***	0.218 **	0.214 **	0.001	0.015	—			
S-2	0.188 *	0.176 *	0.221 **	0.475 ***	-0.291 ***	0.247 **	0.264 ***	0.394 ***	0.406 ***	-0.214 **	0.450 ***	—		
S-3	0.109	0.162 *	0.129	0.359 ***	-0.116	0.224 **	0.282 ***	0.455 ***	0.344 ***	-0.202 *	0.315 ***	0.610 ***	—	
S-4	0.400 ***	0.565 ***	0.482 ***	0.450 ***	-0.072	-0.051	0.264 ***	0.231 **	0.228 **	-0.202 *	0.179 *	0.221 **	0.128	—
A-1	-0.065	-0.159 *	-0.161 *	-0.169 *	0.379 ***	-0.280 ***	-0.020	-0.084	-0.030	0.178 *	-0.312 ***	-0.221 **	-0.127	-0.167 *
A-2	-0.061	-0.155	-0.066	-0.191 *	0.345 ***	-0.263 ***	-0.017	-0.085	-0.000	0.227 **	-0.252 **	-0.167 *	-0.062	-0.171 *
A-3	-0.289 ***	-0.384 ***	-0.341 ***	-0.287 ***	0.286 ***	-0.095	-0.227 **	-0.214 **	-0.066	0.264 ***	-0.165 *	-0.182 *	-0.129	-0.357 ***
A-4	-0.295 ***	-0.335 ***	-0.337 ***	-0.338 ***	0.307 ***	-0.208 **	-0.279 ***	-0.228 **	-0.074	0.180 *	-0.351 ***	-0.196 *	-0.117	-0.317 ***
A-5	-0.064	-0.025	-0.118	-0.016	0.252 **	-0.192 *	-0.019	-0.054	0.032	0.137	-0.166 *	0.005	0.079	0.021
A-6	-0.069	-0.142	-0.107	-0.197 *	0.311 ***	-0.172 *	-0.044	-0.088	-0.112	0.176 *	-0.261 **	-0.219 **	-0.076	-0.103
A-7	-0.346 ***	-0.413 ***	-0.352 ***	-0.262 ***	0.237 **	-0.221 **	-0.153	-0.182 *	-0.154	0.159 *	-0.178 *	-0.175 *	-0.120	-0.292 ***
IU-1	0.387 ***	0.513 ***	0.568 ***	0.482 ***	-0.086	0.088	0.490 ***	0.379 ***	0.279 ***	-0.150	0.305 ***	0.283 ***	0.221 **	0.563 ***
IU-2	0.341 ***	0.528 ***	0.527 ***	0.474 ***	-0.051	0.143	0.465 ***	0.423 ***	0.334 ***	-0.148	0.242 **	0.240 **	0.258 **	0.545 ***
IU-3	-0.373 ***	-0.497 ***	-0.528 ***	-0.334 ***	0.127	-0.023	-0.330 ***	-0.264 ***	-0.122	0.192 *	-0.259 **	-0.218 **	-0.132	-0.533 ***
AE-1	0.344 ***	0.494 ***	0.465 ***	0.474 ***	-0.267 ***	0.245 **	0.229 **	0.169 *	0.216 **	-0.096	0.307 ***	0.312 ***	0.142	0.470 ***
AE-2	0.399 ***	0.532 ***	0.491 ***	0.494 ***	-0.343 ***	0.265 ***	0.298 ***	0.267 ***	0.203 *	-0.101	0.446 ***	0.359 ***	0.174 *	0.510 ***
AE-3	0.245 **	0.410 ***	0.326 ***	0.438 ***	-0.193 *	0.127	0.244 **	0.215 **	0.143	-0.122	0.324 ***	0.338 ***	0.135	0.351 ***
T-1	0.208 **	0.281 ***	0.285 ***	0.441 ***	-0.189 *	0.304 ***	0.171 *	0.209 **	0.129	0.037	0.499 ***	0.391 ***	0.215 **	0.322 ***
T-2	0.125	0.238 **	0.206 *	0.367 ***	-0.090	0.189 *	0.130	0.058	0.034	0.073	0.408 ***	0.375 ***	0.219 **	0.237 **
T-3	0.119	0.206 *	0.188 *	0.432 ***	-0.075	0.150	0.070	0.122	0.169 *	0.076	0.358 ***	0.321 ***	0.201 *	0.185 *
T-4	0.134	0.304 ***	0.268 ***	0.424 ***	-0.192 *	0.176 *	0.089	0.129	0.146	-0.010	0.383 ***	0.407 ***	0.196 *	0.320 ***

Notes. * indique $p < .05$; ** indique $p < .01$; *** indique $p < .001$.

Figure 47. Matrice de corrélation des items de l'étude 3 : partie 2.

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	IU-1	IU-2	IU-3	AE-1	AE-2	AE-3	T-1	T-2	T-3	T-4
UP-2																	
UP-3																	
UP-4																	
FU-1																	
FU-2																	
FU-3																	
IS-1																	
IS-2																	
IS-3																	
IS-4																	
S-1																	
S-2																	
S-3																	
S-4																	
A-1	—																
A-2	0.660 ***	—															
A-3	0.422 ***	0.388 ***	—														
A-4	0.438 ***	0.446 ***	0.671 ***	—													
A-5	0.398 ***	0.380 ***	0.231 **	0.455 ***	—												
A-6	0.705 ***	0.806 ***	0.376 ***	0.457 ***	0.373 ***	—											
A-7	0.349 ***	0.334 ***	0.630 ***	0.770 ***	0.352 ***	0.387 ***	—										
IU-1	-0.132	-0.160 *	-0.348 ***	-0.354 ***	-0.025	-0.090	-0.328 ***	—									
IU-2	-0.147	-0.199 *	-0.346 ***	-0.416 ***	-0.003	-0.144	-0.339 ***	0.842 ***	—								
IU-3	0.245 **	0.225 **	0.402 ***	0.478 ***	0.112	0.240 **	0.391 ***	-0.699 ***	-0.741 ***	—							
AE-1	-0.231 **	-0.240 **	-0.304 ***	-0.378 ***	-0.066	-0.214 **	-0.318 ***	0.567 ***	0.592 ***	-0.529 ***	—						
AE-2	-0.305 ***	-0.317 ***	-0.375 ***	-0.479 ***	-0.133	-0.306 ***	-0.399 ***	0.564 ***	0.615 ***	-0.572 ***	0.765 ***	—					
AE-3	-0.249 **	-0.333 ***	-0.227 **	-0.284 ***	-0.060	-0.295 ***	-0.137	0.412 ***	0.462 ***	-0.442 ***	0.628 ***	0.686 ***	—				
T-1	-0.213 **	-0.153	-0.198 *	-0.322 ***	0.001	-0.144	-0.209 **	0.222 **	0.303 ***	-0.255 **	0.349 ***	0.425 ***	0.345 ***	—			
T-2	-0.161 *	-0.092	-0.207 **	-0.298 ***	0.068	-0.091	-0.114	0.228 **	0.269 ***	-0.267 ***	0.327 ***	0.327 ***	0.393 ***	0.703 ***	—		
T-3	-0.128	-0.145	-0.082	-0.248 **	0.035	-0.179 *	-0.092	0.127	0.230 **	-0.137	0.331 ***	0.368 ***	0.415 ***	0.740 ***	0.646 ***	—	
T-4	-0.281 ***	-0.201 *	-0.214 **	-0.314 ***	-0.065	-0.181 *	-0.167 *	0.238 **	0.334 ***	-0.294 ***	0.404 ***	0.418 ***	0.457 ***	0.825 ***	0.713 ***	0.786 ***	—

Notes. * indique $p < .05$; ** indique $p < .01$; *** indique $p < .001$.

Résultats initiaux de l'Analyse Factorielle Exploratoire de l'Etude 3

Tableau 23. AFE initiale - Corrélations inter-facteurs et variance expliquée par facteur.

Facteurs	1	2	3	4	5
1	18.5%	.42	-.35	.49	-.22
2		12.2%	-.41	.33	.12
3			10.9%	-.33	-.18
4				8.1%	.10
5					5.4%

Tableau 24. AFE initiale - Test de sphéricité de Bartlett.

χ^2	ddl	p
3100	465	< .001

Tableau 25. AFE initiale - Contributions des facteurs.

Items	Facteurs					Unicité	MSA
	1	2	3	4	5		
UP-2	.56					.62	.87
UP-3	.75					.42	.89
UP-4	.69					.45	.91
FU-1	.33					.51	.93
FU-2			.47			.76	.70
FU-3						.81	.61
IS-1				.58		.55	.78
IS-2				.84		.37	.79
IS-3				.60		.64	.75
IS-4						.84	.75
S-1		.39				.66	.79
S-2				.59		.43	.81
S-3				.70		.53	.79
S-4						.53	.92
A-1			.79			.39	.88
A-2			.91			.28	.79
A-3					.50	.46	.91
A-4	.68		.35		.62	.23	.82
A-5			.49			.69	.77
A-6			.87			.32	.74
A-7					.67	.31	.80
IU-1	.82					.29	.85
IU-2	.80					.29	.85
IU-3	-.77					.40	.91
AE-1	.74					.37	.94
AE-2	.71					.28	.91
AE-3	.58				.31	.42	.90
T-1		.95				.19	.85
T-2		.84				.37	.88
T-3		.87				.31	.85
T-4		.89				.22	.83

Résultats complémentaires de l'Analyse Factorielle Confirmatoire

Tableau 26. AFC - Informations du modèle utilisé sur Jamovi.

Estimation Method	GLS
Optimization Method	NLMINB
Number of observations	155
Free parameters	42
Standard errors	Standard
Scaled test	None
Converged	TRUE
Iterations	48
Model	$UP = \sim UP2 + UP3 + UP4$ $AE = \sim AE1 + AE2 + AE3$ $A = \sim A3 + A4 + A7$ $IU = \sim IU1 + IU2 + IU3$ $TPACK = \sim T1 + T2 + T3 + T4$

Tableau 27. AFC - Corrélations entre les facteurs et les variables démographiques.

Facteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TPACK	—										
IU	0.281 ***	—									
A	-0.263 ***	-0.411 ***	—								
AE	0.470 ***	0.606 ***	-0.398 ***	—							
UP	0.261 **	0.516 ***	-0.422 ***	0.467 ***	—						
RV PRO	-0.177 *	-0.185 *	0.160 *	-0.116	-0.075	—					
RV PERSO	-0.165 *	-0.114	0.212 **	-0.049	-0.133	0.483 ***	—				
METIER	0.066	-0.149	0.015	-0.028	-0.070	-0.022	0.080	—			
POSTE	0.045	-0.143	0.101	-0.002	-0.013	-0.062	0.038	0.623 ***	—		
AGE	0.157	-0.040	-0.033	0.032	0.073	0.006	-0.011	0.360 ***	0.334 ***	—	
GENRE	-0.143	-0.256 **	0.113	-0.152	-0.127	0.169 *	0.047	-0.106	-0.166 *	-0.110	—

Tableau 28. AFC - Indicateurs additionnels de la contribution des items aux facteurs.

Latent	Observed	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
UP	UP2	1.000	0.0000	1.000	1.000	0.775		
	UP3	1.106	0.1127	0.885	1.327	0.854	9.81	< .001
	UP4	1.090	0.1121	0.870	1.310	0.825	9.73	< .001
AE	AE1	1.000	0.0000	1.000	1.000	0.831		
	AE2	1.141	0.0854	0.974	1.308	0.941	13.36	< .001
	AE3	0.859	0.0837	0.694	1.023	0.774	10.26	< .001
A	A3	1.000	0.0000	1.000	1.000	0.719		
	A4	1.323	0.1365	1.055	1.590	0.947	9.69	< .001
	A7	1.151	0.1194	0.917	1.385	0.848	9.64	< .001
IU	IU1	1.000	0.0000	1.000	1.000	0.901		
	IU2	1.051	0.0637	0.926	1.176	0.936	16.50	< .001
	IU3	0.895	0.0751	0.748	1.042	0.817	11.92	< .001
TPACK	T1	1.000	0.0000	1.000	1.000	0.918		
	T2	0.794	0.0672	0.663	0.926	0.773	11.82	< .001
	T3	0.859	0.0648	0.732	0.986	0.844	13.25	< .001
	T4	0.949	0.0570	0.837	1.061	0.924	16.66	< .001

Tableau 29. AFC - Variances et Covariances des items.

Item 1	Item 2	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
UP2	UP2	0.3451	0.0568	0.23371	0.456	0.399	6.07	< .001
UP3	UP3	0.2366	0.0486	0.14146	0.332	0.271	4.87	< .001
UP4	UP4	0.2906	0.0508	0.19103	0.390	0.320	5.72	< .001
AE1	AE1	0.2926	0.0432	0.20793	0.377	0.310	6.78	< .001
AE2	AE2	0.1090	0.0371	0.03628	0.182	0.114	2.94	0.003
AE3	AE3	0.3210	0.0490	0.22486	0.417	0.401	6.55	< .001
A3	A3	0.4181	0.0560	0.30848	0.528	0.483	7.47	< .001
A4	A4	0.0901	0.0447	0.00253	0.178	0.103	2.02	0.044
A7	A7	0.2307	0.0442	0.14403	0.317	0.280	5.22	< .001
IU1	IU1	0.1643	0.0330	0.09960	0.229	0.187	4.98	< .001
IU2	IU2	0.1106	0.0304	0.05094	0.170	0.123	3.64	< .001
IU3	IU3	0.2844	0.0425	0.20116	0.368	0.333	6.70	< .001
T1	T1	0.1493	0.0312	0.08811	0.211	0.158	4.78	< .001
T2	T2	0.3387	0.0467	0.24708	0.430	0.403	7.25	< .001
T3	T3	0.2366	0.0364	0.16534	0.308	0.287	6.51	< .001
T4	T4	0.1226	0.0261	0.07138	0.174	0.146	4.69	< .001

Tableau 30. AFC - Variances et Covariances des facteurs.

Facteur 1	Facteur 2	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
				Lower	Upper			
UP	UP	0.5201	0.1046	0.31514	0.725	1.000	4.97	< .001
AE	AE	0.6517	0.1095	0.43707	0.866	1.000	5.95	< .001
A	A	0.4468	0.0970	0.25664	0.637	1.000	4.60	< .001
IU	IU	0.7119	0.1094	0.49750	0.926	1.000	6.51	< .001
TPACK	TPACK	0.7964	0.1128	0.57533	1.017	1.000	7.06	< .001
UP	AE	0.3990	0.0723	0.25723	0.541	0.685	5.52	< .001
UP	A	-0.2298	0.0592	-0.34589	-0.114	-0.477	-3.88	< .001
UP	IU	0.4418	0.0755	0.29379	0.590	0.726	5.85	< .001
UP	TPACK	0.2879	0.0668	0.15703	0.419	0.447	4.31	< .001
AE	A	-0.2827	0.0634	-0.40708	-0.158	-0.524	-4.46	< .001
AE	IU	0.4995	0.0845	0.33388	0.665	0.733	5.91	< .001
AE	TPACK	0.3500	0.0753	0.20248	0.498	0.486	4.65	< .001
A	IU	-0.2921	0.0656	-0.42070	-0.164	-0.518	-4.45	< .001
A	TPACK	-0.2259	0.0615	-0.34646	-0.105	-0.379	-3.67	< .001
IU	TPACK	0.2502	0.0735	0.10615	0.394	0.332	3.40	< .001

Tableau 31. AFC - Matrice des résidus des covariances (diagonale supérieure) et des corrélations (diagonale inférieure).

Items	UP2	UP3	UP4	AE1	AE2	AE3	A3	A4	A7	IU1	IU2	IU3	T1	T2	T3	T4
UP2	0,13	-0,02	0,00	-0,10	-0,10	-0,17	-0,02	0,06	-0,03	-0,12	-0,19	-0,09	-0,11	-0,14	-0,17	-0,19
UP3	0,07	0,13	-0,05	0,01	-0,02	-0,04	-0,09	0,05	-0,07	-0,05	-0,05	-0,01	-0,07	-0,06	-0,12	-0,05
UP4	0,08	0,02	0,09	0,00	-0,04	-0,11	-0,06	0,04	-0,02	0,03	-0,03	0,04	-0,05	-0,08	-0,12	-0,07
AE1	-0,06	0,05	0,03	0,06	-0,02	-0,02	0,01	0,03	0,05	0,02	0,02	0,03	-0,02	0,01	-0,01	0,03
AE2	-0,06	0,03	0,00	0,02	0,04	-0,04	-0,02	-0,01	0,02	-0,06	-0,03	0,01	0,01	-0,03	-0,02	0,00
AE3	-0,10	0,03	-0,05	0,07	0,05	0,20	0,06	0,10	0,21	-0,10	-0,07	-0,02	-0,00	0,10	0,10	0,11
A3	-0,06	-0,13	-0,09	-0,02	-0,05	0,02	0,14	-0,01	0,02	-0,01	0,00	-0,10	0,05	0,00	0,15	0,04
A4	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,05	0,04	0,08	0,13	-0,03	0,09	0,04	-0,08	0,01	-0,02	0,06	0,02
A7	-0,08	-0,12	-0,06	0,01	-0,03	0,14	0,12	0,09	0,18	0,07	0,07	-0,03	0,09	0,13	0,18	0,13
IU1	-0,05	0,02	0,09	0,07	-0,01	-0,02	-0,06	0,03	0,01	0,12	0,00	-0,04	-0,05	0,00	-0,13	-0,04
IU2	-0,12	0,01	0,02	0,07	0,02	0,01	-0,04	-0,01	0,01	0,09	0,10	-0,02	0,02	0,03	-0,03	0,05
IU3	-0,02	0,06	0,10	0,08	0,06	0,06	-0,14	-0,13	-0,09	0,06	0,07	0,15	0,01	0,06	-0,09	0,04
T1	-0,08	-0,04	-0,03	-0,00	0,03	0,04	0,03	-0,02	0,05	-0,03	0,04	0,03	0,05	-0,01	-0,03	-0,02
T2	-0,10	-0,01	-0,04	0,05	0,01	0,15	-0,03	-0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,07	0,16	-0,01	-0,00
T3	-0,13	-0,07	-0,08	0,03	0,03	0,16	0,11	0,01	0,13	-0,09	0,00	-0,06	0,06	0,10	0,18	0,01
T4	-0,14	0,00	-0,03	0,07	0,04	0,17	0,00	-0,03	0,08	0,00	0,08	0,08	0,07	0,11	0,14	0,16

Résultats complémentaires des modèles d'équation structurelle

Tableau 32. Informations du premier modèle MES utilisé sur Jamovi.

Estimation	
Method	GLS
Optimization	
Method	NLMINB
Number of observations	155
Free parameters	38
Standard errors	Standard
Scaled test	None
Converged	TRUE
Iterations	46
Model	$UP \sim UP2 + UP3 + UP4$ $AE \sim AE1 + AE2 + AE3$ $A \sim A3 + A4 + A7$ $IU \sim IU1 + IU2 + IU3$ $TPACK \sim T1 + T2 + T3 + T4$ $IU \sim AE + UP + A$ $AE \sim TPACK$ $UP \sim TPACK$ $A \sim TPACK$

Tableau 33. Indices de modification du premier Modèle d'Equation Structurelle.

Relations proposées			Modif. index	EPC	sEPC (LV)	sEPC (all)	sEPC (nox)	Relations proposées			Modif. index	EPC	sEPC (LV)	sEPC (all)	sEPC (nox)
UP	~	AE	11.13011	0.614	0.664	0.664	0.664	A	=	IU1	2.14151	0.063	0.069	0.090	0.090
AE	~	UP	11.13008	0.614	0.567	0.567	0.567	A4	=	IU3	2.13446	-0.040	-0.040	-0.296	-0.296
UP	=	AE	11.13008	0.614	0.614	0.614	0.614	IU1	=	T2	2.05989	0.037	0.037	0.151	0.151
UP3	=	UP4	10.34357	-0.182	-0.182	-0.698	-0.698	A4	=	IU1	2.05430	0.031	0.031	0.301	0.301
AE	~	IU	9.26528	0.809	0.785	0.785	0.785	A4	=	T2	1.97774	-0.039	-0.039	-0.274	-0.274
UP	~	IU	9.12467	0.905	0.950	0.950	0.950	A3	=	A7	1.97588	0.092	0.092	0.281	0.281
AE	=	UP3	7.78120	0.157	0.205	0.265	0.265	IU	=	AE1	1.88936	0.083	0.105	0.127	0.127
IU	=	UP2	7.58456	-0.173	-0.218	-0.264	-0.264	IU	=	A7	1.81663	0.064	0.080	0.099	0.099
UP3	=	A4	7.07195	0.076	0.076	0.641	0.641	AE	~	A	1.78775	-0.173	-0.146	-0.146	-0.146
UP3	=	A7	6.35875	-0.078	-0.078	-0.325	-0.325	AE	=	A	1.78775	-0.173	-0.173	-0.173	-0.173
AE	=	A4	5.82414	-0.114	-0.149	-0.178	-0.178	A	~	AE	1.78772	-0.173	-0.205	-0.205	-0.205
IU	=	UP4	5.68239	0.166	0.209	0.260	0.260	IU2	=	T2	1.74959	-0.032	-0.032	-0.187	-0.187
AE3	=	T1	5.19239	-0.064	-0.064	-0.291	-0.291	IU3	=	T4	1.74392	0.030	0.030	0.155	0.155
AE2	=	T1	4.81933	0.050	0.050	0.390	0.390	A3	=	A4	1.71332	-0.106	-0.106	-0.657	-0.657
TPACK	=	UP2	4.68052	-0.186	-0.186	-0.226	-0.226	UP	=	IU	1.62457	0.465	0.465	0.465	0.465
IU3	=	T3	4.63558	-0.063	-0.063	-0.238	-0.238	A	=	IU	1.62447	-0.692	-0.692	-0.692	-0.692
A	=	IU3	4.35109	-0.117	-0.129	-0.173	-0.173	IU	=	TPACK	1.62445	-0.311	-0.311	-0.311	-0.311
A	=	AE2	4.32806	-0.104	-0.114	-0.144	-0.144	IU	~	TPACK	1.62445	-0.311	-0.247	-0.247	-0.247
IU	=	UP3	3.72910	0.130	0.164	0.212	0.212	AE	=	IU	1.62444	0.374	0.374	0.374	0.374
UP2	=	T4	3.71920	-0.051	-0.051	-0.248	-0.248	TPACK	~	IU	1.62443	-0.311	-0.393	-0.393	-0.393
AE2	=	T2	3.63740	-0.052	-0.052	-0.269	-0.269	TPACK	=	IU3	1.53782	0.086	0.086	0.116	0.116
AE2	=	T4	3.53725	-0.037	-0.037	-0.314	-0.314	AE1	=	T1	1.53219	-0.031	-0.031	-0.147	-0.147
AE	=	A7	3.42673	0.084	0.109	0.134	0.134	T1	=	T4	1.44465	0.043	0.043	0.315	0.315
IU	=	A4	3.34995	-0.099	-0.125	-0.149	-0.149	T3	=	T4	1.40978	0.038	0.038	0.220	0.220
IU1	=	IU2	3.26038	0.147	0.147	1.183	1.183	A4	=	IU2	1.37204	-0.025	-0.025	-0.342	-0.342
T1	=	T3	3.22429	-0.054	-0.054	-0.287	-0.287	A	=	T2	1.24345	-0.066	-0.073	-0.079	-0.079
AE	=	UP2	3.04838	-0.094	-0.123	-0.148	-0.148	UP2	=	A4	1.24305	-0.033	-0.033	-0.230	-0.230
UP2	=	UP3	3.03006	0.110	0.110	0.392	0.392	A	=	T1	1.21472	0.051	0.056	0.058	0.058
A	~	IU	3.01204	-0.522	-0.602	-0.602	-0.602	A3	=	T4	1.17404	-0.028	-0.028	-0.120	-0.120
T1	=	T2	2.86696	0.054	0.054	0.239	0.239	TPACK	=	A4	1.16563	-0.082	-0.082	-0.098	-0.098
UP2	=	IU2	2.86516	-0.045	-0.045	-0.265	-0.265	AE	=	T3	1.13829	0.064	0.083	0.089	0.089
UP2	=	UP4	2.70993	0.103	0.103	0.328	0.328	UP3	=	AE3	1.12095	0.035	0.035	0.130	0.130
TPACK	=	UP3	2.66388	0.153	0.153	0.198	0.198	UP	=	IU3	1.09876	0.061	0.073	0.098	0.098
A7	=	T2	2.65407	0.050	0.050	0.171	0.171	IU	=	T3	1.08754	-0.055	-0.069	-0.074	-0.074
UP4	=	IU1	2.48717	0.043	0.043	0.189	0.189	A7	=	IU2	1.07471	0.023	0.023	0.154	0.154
AE3	=	A7	2.46944	0.049	0.049	0.175	0.175	UP4	=	IU3	1.05110	0.033	0.033	0.114	0.114
T2	=	T4	2.43915	-0.042	-0.042	-0.205	-0.205	UP3	=	IU1	1.04432	-0.026	-0.026	-0.128	-0.128
UP3	=	IU2	2.42607	0.039	0.039	0.275	0.275	AE	=	T2	1.04103	-0.067	-0.087	-0.095	-0.095
A3	=	T3	2.42292	0.050	0.050	0.159	0.159	TPACK	=	A7	1.03088	0.063	0.063	0.077	0.077
AE2	=	A4	2.18369	-0.034	-0.034	-0.415	-0.415	AE	=	UP4	1.00743	0.055	0.072	0.089	0.089
A	=	AE3	2.14214	0.083	0.091	0.110	0.110								

Tableau 34. Informations du modèle MES complémentaire utilisé sur Jamovi.

Estimation Method	GLS
Optimization Method	NLMINB
Number of observations	155
Free parameters	37
Standard errors	Standard
Scaled test	None
Converged	TRUE
Iterations	46
Model	$UP \sim UP2 + UP3 + UP4$ $AE \sim AE1 + AE2 + AE3$ $A \sim A3 + A4 + A7$ $IU \sim IU1 + IU2 + IU3$ $TPACK \sim T1 + T2 + T3 + T4$ $IU \sim AE$ $AE \sim UP + A$ $UP \sim TPACK$ $A \sim TPACK$

Tableau 35. Items remaniés de l'étude 3.

Variables	Définition	Code	Items
Intention d'Utilisation	L'intention d'utiliser la réalité virtuelle dans un cours	IU-1	J'ai l'intention d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours
		IU-2	Je prévois d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours
		IU-3	Je projette d'utiliser la réalité virtuelle dans mon cours
		IU-4	Je ne compte pas utiliser la réalité virtuelle dans mon cours
Facilité d'Utilisation	La difficulté de prise en main de la réalité virtuelle	FU-1	Je suis autonome dans mon utilisation de la réalité virtuelle
		FU-2	La réalité virtuelle est difficile à prendre en main
		FU-3	L'utilisation de la réalité virtuelle est intuitive
		FU-4	Apprendre à utiliser la réalité virtuelle est simple
Utilité Perçue	L'intérêt d'utiliser la réalité virtuelle dans un cours	UP-1	La réalité virtuelle est utile pour mon cours
		UP-2	La réalité virtuelle rend mes élèves plus motivés
		UP-3	La réalité virtuelle améliore l'apprentissage de mes élèves
		UP-4	La réalité virtuelle rend mon cours plus intéressant
Auto-Efficacité	La confiance à utiliser efficacement la réalité virtuelle dans un cours	AE-1	Je me sens efficace pour former mes élèves avec la réalité virtuelle
		AE-2	Je ne me sens pas performant pour faire de bons cours avec la réalité virtuelle
		AE-3	Je me sens confiant à l'idée de former avec la réalité virtuelle
		AE-4	Je me sens capable de faire de bonnes formations avec la réalité virtuelle
Anxiété	Craintes à utiliser la réalité virtuelle dans un cours	A-1	J'ai peur de perdre le caractère sérieux de mes cours en utilisant la réalité virtuelle
		A-2	J'ai peur de ne plus maîtriser le déroulé de mon cours en utilisant la réalité virtuelle
		A-3	J'ai peur qu'un apprenant se blesse en utilisant la réalité virtuelle
		A-4	J'ai peur de perdre l'attention de mes élèves en utilisant la réalité virtuelle en classe
TPACK	Les connaissances pour intégrer pédagogiquement la réalité virtuelle dans un cours	T-1	Je sais comment accompagner un élève à maîtriser mon cours avec la réalité virtuelle
		T-2	Je sais comment intégrer des exercices en réalité virtuelle dans le déroulé de mon cours
		T-3	Je sais comment construire des parcours individualisés pour mes élèves avec la réalité virtuelle
		T-4	Je sais comment adapter mon utilisation de la réalité virtuelle aux particularités de mon cours

Etude 4 : Annexes

Tableau 36. *Fréquences des disciplines des participants de l'étude 4.*

Disciplines	<i>n</i>	%	% Cumulés
Transport & Logistique	10	22.2 %	22.2 %
Enseignement & Pédagogie	8	17.8 %	40.0 %
Psychologie	6	13.6 %	53.6 %
Management	4	8.9 %	62.5 %
Système informatique	4	8.9 %	71.4 %
BTP	2	4.4 %	75.8 %
FPA	2	4.4 %	80.2 %
SST	2	4.4 %	84.6 %
Neurosciences	2	4.4 %	89.0 %
Anglais	1	2.2 %	91.2 %
Automobile	1	2.2 %	93.4 %
Chimie	1	2.2 %	95.6 %
Ingénierie	1	2.2 %	97.8 %
Production Industrielle	1	2.2 %	100 %

Formulaire de consentement de l'étude 4

Titre du projet de recherche : L'utilisation de la réalité virtuelle en cours

Laboratoires impliqués :

- **LaPEA** : Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquée, Institut de psychologie Henri Piéron, Université Paris Cité, Paris.
- **CLLE** : Laboratoire Cognition, Langues, Langage et Ergonomie, Université Jean Jaurès, Toulouse

Objectif et consignes de cette recherche : Elle s'intéresse à l'utilisation de la réalité virtuelle en formation. Votre participation est importante ! Ce questionnaire est composé de questions démographiques (sur vous), sur la réalité virtuelle et sur son utilisation dans vos cours. Il est important pour nous que vous répondiez à toutes les questions le plus spontanément et le plus honnêtement possible. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, c'est uniquement votre avis qui nous intéresse. Compléter le questionnaire ne devrait vous prendre que 10 minutes.

La qualité de cette recherche : recherche sans bénéfice individuel direct, réalisée avec des participants humains volontaires. Les données qui vous concernent resteront confidentielles et anonymes. Elles pourront faire l'objet de publications ou communications scientifiques. En aucun cas votre nom, ou tout élément susceptible de vous identifier comme participant, n'y figureront.

Vos droits de participation : 1) Vous participez à cette recherche sur la base de votre volontariat ; 2) Vous pouvez interrompre votre participation à tout moment ; 3) sans avoir à en justifier les raisons et sans aucun préjudice.

Vos droits à la confidentialité et à la vie privée : 1) les données obtenues seront traitées de manière totalement anonyme ; 2) votre identité sera voilée par un numéro aléatoire ; 3) aucun autre renseignement ne sera dévoilé qui puisse révéler votre identité ; 4) toutes les données seront gardées dans un endroit sécurisé et seuls les responsables scientifiques y auront accès ; 5) il ne sera pas possible de détruire ou de rectifier a posteriori vos données une fois le questionnaire validé puisque les données sont anonymes.

Vos droits de suivi de la recherche : Vous pouvez poser des questions au sujet de la recherche en tout temps en communiquant avec les chercheurs de cette étude : Quentin Jordahn et Jean-Christophe Sakdavong. Nous vous répondrons dans les plus brefs délais.

Consentement à la participation : En répondant à ce questionnaire, vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu'on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu'on vous a avisé que vous étiez libre d'annuler votre consentement ou de vous retirer de cette recherche en tout temps, sans préjudice. Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Je soussigné (e) :

Date : ... / ... / ...

Signature précédée la mention « lu et approuvé »

Nom et signature du chercheur correspondant :

Tableau 37. Table des contingences de l'étude 4.

N	Identifiants du participant et justification si exclusion	T1	T2	N	Identifiants du participant et justification si exclusion	T1	T2
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			

Démarchage des participants du groupe contrôle de l'étude 4

Bonjour,

Je m'appelle Quentin et je réalise une thèse sur la réalité virtuelle en formation au laboratoire LaPEA de l'Université Paris Cité.

Je vous contacte car j'ai besoin de votre aide pour répondre 2 fois à un questionnaire à 3 jours d'intervalle. Chaque questionnaire dure entre 5 et 10 minutes. A la fin du questionnaire vous aurez un espace pour m'indiquer votre mail. Il me permettra de regrouper vos réponses à la fin de l'expérience et de vous renvoyer le deuxième questionnaire 3 jours après.

Si vous avez dans votre entourage des personnes qui développent les compétences et les connaissances de leurs élèves (ex : formateur, enseignant, coach, professeur, ...), n'hésitez pas à leurs transmettre ce mail. Cela m'aidera beaucoup !

Le lien pour le premier questionnaire :

Si vous avez besoin d'information complémentaire, vous pouvez me contacter par mail ou par téléphone,

Merci d'avance et à bientôt !

Mail de complétion du deuxième questionnaire pour les participants du groupe contrôle de l'étude 4

Bonjour,

Vous pouvez désormais compléter le dernier questionnaire de cette étude avec ce lien :

Encore merci pour votre participation et je reste joignable si vous avez des questions.

En vous souhaitant une agréable journée,

Quentin

Mail d'information aux participants du groupe contrôle de l'étude 4

Bonjour,

Je vous remercie d'avoir participé à l'étude sur l'efficacité d'une formation dédiée à l'utilisation des technologies immersives en cours. Elle est maintenant terminée !

Cette étude était composée de deux groupes de participants :

1. Les participants à l'action de formation
2. Les participants du groupe contrôle dont vous faite partie

Grâce à vous, j'ai pu comparer collectivement vos résultats à ceux participants à la formation. Cela m'a permis de vérifier si elle pertinente pour aider les formateurs à s'approprier les technologies immersives. Les résultats sont favorables et ont montré l'intérêt d'accompagner les formateurs à utiliser ces technologies.

Vos informations ont été traitées collectivement et de manière anonyme. Vos données identifiantes ne seront pas utilisées à des fins commerciales ou de démarchage.

Les résultats de cette étude seront rédigés dans le cadre de ma thèse et soumis à une revue scientifique. Si vous souhaitez accéder à ces documents, ou si vous avez des questions concernant cette étude, n'hésitez pas à me contacter.

En vous souhaitant une agréable journée,

Bien cordialement,

Quentin

