

[Page de garde]

HEC MONTRÉAL

Collaboration en réalité augmentée (RA) : impact du contrôle sur la performance créative, dans un contexte de co-conception à distance.

par

Andréa Fontana

Sous la direction de

Ann-Frances Cameron

HEC Montréal

Co-Directrice de recherche

Danilo Correa Dantas

HEC Montréal

Co-Directeur de recherche

Sciences de la gestion

(Spécialisation Expérience Utilisateur)

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences en gestion
(M. Sc.)*

Décembre 2024

©Andréa Fontana, 2024

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains et qu'il satisfait aux exigences de notre politique en cette matière.

Projet # : 2024-5891

Titre du projet de recherche : Collaboration en réalité augmentée (RA)

Chercheur principal : Ann-Frances Cameron, Professeure agrégée, Technologies de l'information, HEC Montréal

Cochercheurs : Edward Opoku-Mensah; Emma Roquelaure; Andréa Julia Adrienne Fontana

Directeur/codirecteurs : Ann-Frances Cameron; Danilo Correa Dantas, Professeur - HEC Montréal

Date d'approbation du projet : 05 avril 2024

Date d'entrée en vigueur du certificat : 05 avril 2024

Date d'échéance du certificat : 01 avril 2025



Maurice Lemelin
Président
CER de HEC Montréal

Signé le 2024-04-08 à 11:41

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet des approbations en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains nécessaires selon les exigences de HEC Montréal.

La période de validité du certificat d'approbation éthique émis pour ce projet est maintenant terminée. Si vous devez reprendre contact avec les participants ou reprendre une collecte de données pour ce projet, la certification éthique doit être réactivée préalablement. Vous devez alors prendre contact avec le secrétariat du CER de HEC Montréal.

Titre du projet supervisé/mémoire/thèse : Collaboration en réalité augmentée (RA) dans un contexte de co-conception à distance : effet du contrôle sur la performance de la tâche

Cochercheurs : Edward Opoku-Mensah; Andréa Julia Adrienne Fontana

Date de fermeture de l'approbation éthique pour l'étudiant(e) : 08 juillet 2024

Maurice Lemelin
Président
CER de HEC Montréal

Signé le 2024-07-09 à 12:00

Résumé

La pandémie de Covid-19 a profondément transformé l'organisation du travail, rendant la collaboration à distance incontournable pour de nombreuses entreprises. Cette réalité est particulièrement complexe pour les organisations créatives, où cocréer à distance représente un défi important. Parmi les technologies visant à soutenir cette nouvelle forme de travail collaboratif, la réalité augmentée (RA) suscite un intérêt croissant pour ses possibilités d'interaction immersive. Ce mémoire explore l'impact de l'utilisation de casques de RA dans le cadre d'une tâche collaborative de design 3D, en étudiant deux niveaux de synchronicité : la manipulation synchrone (les deux participants interagissent simultanément avec des objets dans un espace partagé) et la manipulation asynchrone (un seul participant à la fois peut manipuler les objets).

Pour analyser ces effets, nous avons élaboré un modèle de recherche fondé sur la littérature existante en collaboration virtuelle et en performance de la tâche. Une expérimentation en laboratoire a été réalisée avec 56 participants, répartis en 28 binômes, assignés aléatoirement aux conditions de manipulation synchrone et asynchrone. Les données ont été recueillies à l'aide de questionnaires sur la perception de la collaboration, les traits de personnalité, les capacités individuelles de pensée créative. De plus la performance créative des participants a été évaluée de manière objective.

Les résultats montrent que la manipulation synchrone favorise une meilleure performance créative par rapport à la manipulation asynchrone. Cependant, aucune différence significative n'a été observée pour la perception individuelle de la collaboration entre les deux conditions. De plus, contrairement à nos attentes, les traits de personnalité ainsi que les capacités individuelles de pensée créatives des participants n'ont pas modéré de manière significative l'effet de la synchronicité sur la perception de la collaboration.

Ces conclusions contribuent à la compréhension des dynamiques de collaboration en réalité augmentée, en soulignant l'importance de la synchronicité pour maximiser la performance créative. Cette étude apporte des perspectives utiles pour les entreprises qui souhaitent renforcer la co-création et la productivité dans des environnements virtuels immersifs.

Mots-clés : Réalité augmentée, collaboration à distance, performance créative, synchronicité, tâche collaborative

Table des matières

.....	iv
Résumé	v
Table des matières	vii
Liste des tableaux et des figures.....	ix
Liste des abréviations	x
Remerciements	xi
Chapitre 1 : Introduction	12
Objectifs et questions de recherche	13
Contributions	14
Structure du mémoire	16
Chapitre 2 : Revue de la littérature	18
Introduction à la revue de littérature : phénomène, objectifs et méthodologie de recherche.	18
La réalité augmentée.....	19
Synchronicité des médias dans les environnements virtuels	23
La collaboration dans les équipes virtuelles : perceptions individuelles.....	25
Influence de la personnalité des individus sur la créativité et la collaboration d'équipe	26
Influence des capacités individuelles créatives sur la collaboration	28
Collaboration et performance créative en équipe	30
Chapitre 3 : Cadre conceptuel	33
Modèle de recherche.....	33
Définition des concepts et théories existantes	34
Hypothèses de recherche	38
Hypothèse de recherche médiatrice	40
Chapitre 4 : Méthodologie.....	42
Design de l'étude	42
Participants	43

Protocole de l'étude	44
Tâche Expérimentale	46
Questionnaires, mesures et opérationnalisations des construits : questionnaire pré-tâche.....	50
Questionnaires, mesures et opérationnalisations des construits : questionnaire post-tâche	52
Évaluation de la performance de la tâche collaborative de design d'espace	53
Chapitre 5 : Analyse et Résultats	55
Données démographiques.....	55
Propriétés psychométriques des mesures	60
Analyse du modèle et des hypothèses	66
Chapitre 6 : Discussion	74
Contributions	76
Limitations.....	79
Futures recherches	81
Chapitre 7 : Conclusion	83
Bibliographie.....	84
Annexes	90

Liste des tableaux et des figures

Les figures

Figure 1 : Continuum de Réalité-Virtualité par Milgram.....	19
Figure 2 : Modèle de recherche.....	34
Figure 3 : Modèle de recherche avec hypothèses	41
Figure 4 : Protocole Expérimental.....	46
Figure 5 : Interface de recherche d'objet 3D de FigminXR x Sketchfab.....	47
Figure 6 : Représentation de l'autre participant lors de la conception collaborative sur Figmin XR.....	49
Figure 7 : Modélisation de l'analyse de la macro PROCESS (Hayes, 2017)	72

Les tableaux

Tableau 1: Compétence de collaboration entre étudiants qui ne sont pas dans la même pièce (Fine, 2017).....	52
Tableau 2 : Fréquence d'utilisation et niveau de confort avec les plateformes de design d'intérieur de notre échantillon final	58
Tableau 3 : Utilisation et niveau de confort avec les casques de réalité augmentée, virtuelle ou mixte	59
Tableau 4 : Coefficients de saturation par facteur pour la perception individuelle de la collaboration.	62
Tableau 5 : Statistiques descriptives, fiabilités et corrélation des construits mesurés	65
Tableau 6 : Moyennes des construits selon la condition de synchronicité	68
Tableau 7: Récapitulatif des résultats des tests statistiques.....	70

Liste des abréviations

RA : Réalité Augmentée

RV : Réalité Virtuelle

DI : Design d'Interieur

MRT : Media Richness Theory ou Théorie de la richesse des médias

HMD : Head-Mounted Display ou Casque de réalité augmentée

DAT : Divergent Thinking Test ou Test de pensée divergente

NEW : Modèle d'évaluation basé sur "Novelty" (nouveau), "Effectiveness" (efficacité), et "Wholeness" (globalité)

IC : Intervalle de confiance

M : Moyenne

ET : Type Écart

SE : Erreur standard

p : Valeur de probabilité (significativité statistique)

Remerciements

Ce mémoire marque la conclusion de mon parcours académique, commencé par un baccalauréat en création numérique et achevé par une maîtrise en Expérience Utilisateur, que j’ai entamée en août 2022 à HEC Montréal. Cette aventure, riche en efforts et en apprentissages, me permet aujourd’hui d’avoir les compétences nécessaires pour m’épanouir professionnellement dans le monde du UX. Il est temps pour moi d’exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m’ont permis d’achever ce parcours avec succès.

Tout d’abord, je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à mes co-directeurs de recherche Ann Frances Cameron et Danilo Correa Dantas pour leur soutien tout au long de ma recherche. Leur expertise et leurs précieux conseils ont été indispensables pour mener à bien ce projet. Leur encouragement et leur disponibilité m’ont permis de surmonter de nombreux défis et d’atteindre mes objectifs académiques. Un grand merci à Ann Frances de m’avoir permis de réaliser mon étude dans son laboratoire de rencontres numériques et de m’avoir prêté du matériel pour mener à bien cette étude. Edward, pour son aide précieuse en matière de techniques nécessaires à la réalisation de notre collecte de données. Edward a toujours été présent dès que nous avons besoin de son assistance face à des problèmes techniques. Un grand merci à lui pour sa disponibilité et sa patience.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers Emma Roquelaure, ma coéquipière dans ce projet et également mon amie dans la vie de tous les jours. Ensemble, nous avons réalisé toute la collecte de données, en nous soutenant mutuellement tout au long de notre recherche.

Enfin, un grand merci à ma maman, à Grégory, ainsi qu’à tous mes amis pour leur soutien inébranlable tout au long de ce projet. Leur présence et leurs encouragements m’ont permis de garder le moral jusqu’au bout.

Chapitre 1 : Introduction

La pandémie de Covid-19 a entraîné une transformation majeure de nos modes de travail, avec une généralisation du télétravail dans de nombreuses industries. Même après la pandémie, les configurations de travail à distance ont perduré, malgré le retour au travail en personne. Selon une étude de 2022, 90 à 95 % des travailleurs ayant adopté le télétravail pendant la pandémie prévoient de continuer à l'utiliser régulièrement, lorsqu'ils en ont la possibilité, soulignant ainsi une transition durable vers cette modalité de travail (Salon et al, 2022).

Les industries culturelles et créatives, telles que le design numérique et l'architecture, ont été particulièrement touchées par les effets négatifs de la distanciation sociale. L'incapacité à partager des projets en personne et à collaborer simultanément a posé des défis majeurs pour ces secteurs. Pour répondre à ces défis, les professions créatives ont dû innover pour maintenir l'efficacité du travail d'équipe, en adoptant des technologies numériques adaptées aux nouvelles configurations de travail. Depuis le début de la pandémie, l'utilisation de plateformes de collaboration virtuelle, telles que Zoom et Microsoft Teams, a considérablement augmenté, permettant aux équipes de collaborer à distance en temps réel sur des projets communs (Marks, 2020). De plus, des outils comme Miro, qui offrent des tableaux interactifs en ligne, ont facilité le partage et la création d'idées à l'aide de supports multimédias, encourageant ainsi la collaboration (Chan et al., 2023).

Parallèlement, la réalité augmentée (RA) émerge comme une technologie prometteuse pour les professions créatives. Définie par Gartner comme l'intégration en temps réel d'informations virtuelles dans le monde réel, la réalité augmentée enrichit l'interaction avec notre environnement en superposant des éléments virtuels. Contrairement à la réalité virtuelle, qui crée une simulation entièrement virtuelle, la RA améliore notre perception du monde réel. Bien que son utilisation soit encore limitée dans les professions créatives, la réalité augmentée pourrait jouer un rôle crucial dans la collaboration à distance. Grâce à son aspect immersif, elle permet à plusieurs membres d'une équipe de travailler ensemble dans un espace virtuel partagé, facilitant le partage de projets et la collaboration en temps réel. Cette technologie pourrait offrir des avantages considérables, par exemple pour les architectes d'intérieur qui souhaitent collaborer sur la conception d'un espace, en leur fournissant une vision réaliste et immersive du projet.

Dans le contexte de la réalité augmentée et des collaborations virtuelles de conception 3D, deux approches principales de contrôle des objets peuvent être identifiées : le contrôle synchrone et le contrôle asynchrone. Le contrôle synchrone permet à tous les membres d'une équipe de modifier simultanément les objets 3D dans le logiciel, avec des changements visibles instantanément pour tous les participants. En revanche, le contrôle asynchrone implique qu'un seul membre modifie les objets à la fois, tandis que les autres observent. Le caractère asynchrone est également présent lorsque les modifications se font à des moments différents, ce qui est notamment le cas lorsque les membres de l'équipe se trouvent dans des fuseaux horaires différents par exemple. Ainsi, la synchronicité du contrôle se réfère à la capacité d'une plateforme 3D à gérer qui peut éditer un objet et à quel moment ces actions se produisent.

De plus, la collaboration au sein d'une équipe est profondément influencée par les personnalités des individus impliqués. La personnalité joue un rôle crucial dans la communication et la performance de l'équipe. Par exemple, un degré élevé d'extraversion peut influencer la collaboration et les échanges entre les personnes, impactant ainsi la performance globale de l'équipe (Match et al., 2014). La distanciation sociale liée au télétravail a modifié nos modes de communication, augmentant l'utilisation de formes de communication asynchrones comme les courriels, tandis que les interactions synchrones ont diminué (Yang et al., 2021). Peu d'études explorent l'impact de la personnalité dans la collaboration synchrone utilisant des casques de réalité augmentée, un aspect qui mérite une attention particulière.

Enfin, lors d'une collaboration créative, il est crucial de prendre en compte les capacités individuelles variées des membres de l'équipe en matière de pensée créative. Certaines personnes sont plus enclines à proposer des idées originales, tandis que d'autres adoptent des approches plus conventionnelles, ce qui doit être considéré dans l'évaluation de la performance créative collaborative.

Objectifs et questions de recherche

Actuellement, les effets de la collaboration dans un contexte de réalité augmentée, restent peu étudiés en particulier dans le secteur créatif. Nous avons peu d'indications sur la manière dont l'idéation collective pourraient s'opérer dans un contexte technologique pareil. Nous ne savons pas si la

collaboration synchrone grâce à la réalité augmentée pourraient améliorer la performance créative, ou au contraire l'altérer.

Ce mémoire vise à explorer si l'utilisation synchrone de casques de réalité augmentée par deux individus favoriserait la collaboration entre les personnes, et par conséquent, la performance lors de la réalisation d'une tâche de conception créative en 3D, à distance. Dans un contexte de travail en binôme, la collaboration dans le cadre des équipes virtuelles se réfère à la manière dont les membres d'une équipe interagissent, communiquent, planifient et résolvent des problèmes pour atteindre un objectif commun, souvent malgré des contraintes géographiques, temporelles ou organisationnelles (Martin et al., 2004). Notre étude examine l'impact de la synchronisation des tâches de conception, comparé à une exécution asynchrone, sur la perception de la collaboration par les participants et sur la performance créative. Nous prenons également en compte les traits de personnalité ainsi que les capacités individuelles en termes de pensée créative de nos participants dans notre analyse.

Par conséquent, tout au long de ce mémoire, nous allons tenter de répondre aux questions suivantes :

QR 1 : Dans quelle mesure la condition de contrôle synchrone influence-t-elle la perception individuelle de la collaboration des participants, ainsi que leur performance créative, par rapport à une condition de contrôle asynchrone, dans un contexte de réalité augmentée ?

QR 2 : Dans quelle mesure la personnalité des individus modère-t-elle la relation entre synchronicité du contrôle et perception individuelle de la collaboration ?

QR 3 : Dans quelle mesure la capacité individuelle créative modère-t-elle la relation entre synchronicité du contrôle et perception individuelle de la collaboration ?

Contributions

Au niveau de la théorie de synchronicité des médias

Nos résultats montrent que la synchronisation des manipulations en réalité augmentée favorise une meilleure performance créative des participants, bien qu'elle n'ait pas significativement influencé la perception de collaboration. La théorie de la synchronicité des médias, développée initialement par Daft et Lengel (1986) et enrichie par Dennis et Valacich (1999), se concentre sur la capacité

des médias à soutenir la synchronicité, définie comme un modèle partagé de comportement coordonné entre les individus lorsqu'ils travaillent ensemble. Dans notre étude, cette théorie est appliquée à la manipulation d'objets en 3D à l'aide de casques de réalité augmentée, visant à concevoir un espace créatif collaboratif. Nous avons comparé la perception individuelle de la collaboration en fonction de la condition de synchronicité ou d'asynchronicité. Dans le contexte de ce mémoire, l'étude de l'impact de la synchronicité sur la perception individuelle de la collaboration offre un aperçu de la capacité des casques de réalité augmentée à soutenir une telle synchronicité.

Au niveau de la collaboration créative des équipes virtuelles

Ce mémoire contribue à la compréhension de la collaboration créative au sein des équipes virtuelles, où l'utilisation de la technologie permet aux membres de surmonter les contraintes géographiques et organisationnelles pour collaborer (Martins et al., 2004). En examinant l'impact de la synchronisation des interactions dans un contexte de réalité augmentée, cette recherche fournit de nouvelles perspectives sur la manière dont les outils technologiques influencent les perceptions de la collaboration créative et la performance collective. Plus spécifiquement, elle éclaire les dynamiques de synchronisation et les effets potentiels de ces outils sur l'efficacité des échanges et l'intégration d'idées dans un contexte créatif collaboratif. En prenant également en compte les différences individuelles en termes de personnalité et de capacités individuelles en pensée créative, ce travail aide à identifier des leviers d'amélioration, tels que l'adaptation des outils technologiques aux besoins des utilisateurs et la conception d'environnements collaboratifs qui maximisent l'engagement et l'efficacité dans des équipes virtuelles.

Au niveau de la technologie de la réalité augmentée

Les casques de réalité augmentée sont principalement utilisés dans des secteurs comme les mines, l'ingénierie, la construction, l'énergie, les services publics, la logistique, la fabrication et les soins de santé. Leur utilisation dans les industries créatives est limitée en raison de plusieurs facteurs. D'une part, les applications disponibles pour les tâches créatives ne sont pas encore optimisées en matière de convivialité. D'autre part, l'accès à la réalité augmentée est restreint par des coûts élevés et une faible reconnaissance de cette technologie. De plus, la réalité augmentée n'a pas été

suffisamment adaptée au secteur de l'art et de la création. L'un des principaux défis est que le potentiel de la RA pour stimuler la créativité n'est pas entièrement exploité, en raison du manque d'applications permettant une collaboration synchrone sur des tâches créatives.

Cette recherche vise à combler ce manque en offrant des insights tels que l'amélioration de la collaboration synchrone en temps réel, par exemple grâce à des outils qui permettraient à plusieurs artistes de manipuler un même objet 3D simultanément, avec des mises à jour instantanées visibles par tous les membres de l'équipe. Cela favoriserait un processus de co-crédation fluide et immédiate. Un autre insight porte sur la conception d'interfaces ergonomiques et faciles d'utilisation, adaptées aux besoins des utilisateurs créatifs, ce qui améliorerait leur engagement et leur efficacité. Ces exemples contribuent à une meilleure compréhension des possibilités offertes par cette technologie dans le domaine créatif et ouvrent la voie à son adoption dans des secteurs où la collaboration et l'innovation sont essentielles.

Structure du mémoire

Dans un premier temps, ce mémoire débutera par une revue de littérature approfondie. Cette revue a pour objectif d'appuyer notre recherche sur les travaux existants et de situer notre étude dans le contexte des connaissances actuelles sur la collaboration créative utilisant des casques de réalité augmentée. Nous analyserons les recherches antérieures pour identifier les lacunes et les opportunités d'enrichissement dans ce domaine spécifique.

Dans un second temps, nous développerons le cadre conceptuel de notre étude. Ce cadre vise à aligner les données collectées avec notre modèle de recherche, garantissant ainsi que les informations obtenues répondent adéquatement aux questions posées. Nous expliquerons en détail les concepts clés et les théories qui sous-tendent notre approche, afin d'assurer la pertinence et la cohérence des données par rapport aux objectifs de recherche.

Nous poursuivrons en décrivant la méthodologie adoptée pour la collecte des données. Cette section détaillera notre échantillon, les méthodes de collecte, les outils utilisés, et les procédures suivies. L'objectif est de fournir une compréhension claire de la validité des données collectées, ce qui permettra de confirmer ou d'infirmer les hypothèses et questions de recherche formulées.

Enfin, nous présenterons les résultats de notre analyse des données. Cette partie mettra en lumière les principales découvertes et interprétations issues des données collectées, en lien avec les objectifs de recherche. Nous discuterons également des implications de ces résultats pour la compréhension de la collaboration créative en réalité augmentée et des suggestions pour les recherches futures.

À partir des résultats obtenus, nous exposerons les principales conclusions de notre étude et évaluerons leur contribution aux connaissances actuelles sur les plans théorique, scientifique et pratique. Nous identifierons les limitations de notre recherche qui pourraient avoir un impact sur ces conclusions et proposerons des pistes pour des recherches futures. Pour finir, nous conclurons ce mémoire en apportant des réponses à la question de recherche posée au début de cette étude.

Chapitre 2 : Revue de la littérature

Introduction à la revue de littérature : phénomène, objectifs et méthodologie de recherche.

La pandémie de Covid-19 a bouleversé les modes de travail traditionnels, imposant une transition rapide vers le télétravail et les collaborations virtuelles. Ce changement a révélé des défis spécifiques dans les industries créatives, où la collaboration en personne est essentielle pour l'idéation et l'innovation.

Pour rappel, notre étude se concentre sur l'effet de la synchronisation des tâches de conception, par rapport à leur version asynchrone, sur la perception individuelle de la collaboration, et par extension, sur la performance créative, dans un contexte de collaboration à distance avec des casques de réalité augmentée. Nous prendrons également en compte l'influence de la personnalité ainsi que des capacités individuelles en termes de pensée créative.

Il est également essentiel de définir clairement les termes importants de nos questions de recherche tels que la réalité augmentée, le principe de synchronicité, la perception individuelle de la collaboration, la performance créative, la personnalité ou encore les capacités individuelles de pensée créative. Cette revue de littérature vise à établir un cadre théorique et conceptuel basé sur les connaissances actuelles concernant l'impact de la réalité augmentée sur la collaboration et la performance dans des tâches de conception 3D collaboratives. Nous explorerons également l'impact de la personnalité dans les contextes collaboratifs ainsi que l'influence des capacités créatives individuelles sur la réalisation de tâches créatives en groupe. Nous allons ainsi analyser la littérature scientifique existante afin d'établir des premières conclusions et hypothèses, et finalement de fournir les bases pour développer notre modèle de recherche.

Pour réaliser cette revue de littérature, nous avons principalement utilisé Google Scholar et Web of Science afin de couvrir un large éventail de revues scientifiques, étant donné la spécificité du sujet.

Certains des articles que nous avons sélectionnés sont récents, notamment ceux portant sur le télétravail et la collaboration. Nous avons également inclus des travaux plus anciens lorsqu'ils traitent de concepts fondamentaux toujours pertinents, tels que la pensée divergente ou les tests de

personnalité. Concernant la réalité augmentée, bien que cette technologie ait émergé dans les années 90, nous avons privilégié des articles plus récents afin de refléter l'évolution.

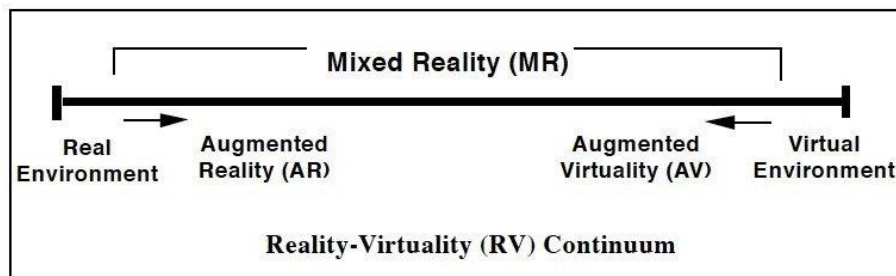
Pour mener nos recherches en vue d'établir cette revue de la littérature, nous avons employé plusieurs mots-clés et synonymes afin d'avoir un large éventail d'articles. Le tableau en Annexe A présente les mots clés utilisés pour notre recherche.

La réalité augmentée

Différence entre réalité augmentée et réalité virtuelle

Bien que souvent confondues, la réalité augmentée (RA) et la réalité virtuelle (RV) sont deux technologies distinctes. Dans le cadre de ce mémoire, la réalité virtuelle est définie comme un environnement entièrement artificiel, généré par ordinateur, avec lequel l'utilisateur interagit comme si cet environnement était réel (Ong et al., 2004). À l'inverse, la réalité augmentée superpose des éléments virtuels à l'environnement réel, permettant ainsi une interaction en temps réel avec des objets virtuels dans un contexte réel (Azuma et al., 2001). Milgram (1994) a également décrit la réalité augmentée comme faisant partie d'un continuum allant du réel au virtuel, appelé réalité mixte. La figure 1 ci-dessous représente ce continuum.

Figure 1 : Continuum de Réalité-Virtualité par Milgram



Dans ce mémoire, notre focus sera sur la réalité augmentée, qui se distingue par la superposition d'objets virtuels dans un environnement réel.

Dispositifs de réalité augmentée

Les auteurs ont noté que nous ne devons pas limiter la réalité augmentée à une technologie d'affichage spécifiques, telle que les casques de réalité augmentée à affichage (HMD), par exemple. En effet, dans un sens plus large, la réalité augmentée pourrait également s'appliquer à tous les sens, y compris l'ouïe, le toucher et l'odorat.

D'après Azuma et al., (2001), il existe 3 différents systèmes pouvant créer des environnements de réalité augmentée : montés sur la tête, portables à la main, et projectifs. Dans la catégorie des systèmes monté sur la tête nous retrouvons la technologie des HMD, plus communément appelé casque de réalité augmentée. Dans le cadre de notre étude, nous allons utiliser ce type de dispositif. Nous parlerons plus en détails dans le chapitre de la méthodologie.

Applications de réalité augmentée

Au fur et à mesure que la technologie de réalité augmentée s'est développée, de nombreuses applications ont émergé dans divers secteurs. Par exemple, dans le secteur médical, des entreprises comme Medivis utilisent la RA pour des interventions chirurgicales guidées, superposant des images médicales en temps réel pour améliorer la précision (Melendez, 2024). De même, dans l'industrie manufacturière, la RA est employée pour l'assemblage et la maintenance, comme chez Boeing, où les techniciens visualisent des instructions directement sur les pièces à assembler. Ces exemples montrent le potentiel de la RA pour améliorer les processus complexes en superposant des informations pertinentes dans des environnements réels. Cependant, malgré ces avancées dans des secteurs comme la médecine, la fabrication, ou l'éducation, très peu d'applications de RA existent pour permettre une collaboration créative synchrone à distance, en particulier avec des dispositifs comme HoloLens. Cela souligne un manque à combler dans le développement d'outils pour la conception collaborative, un domaine clé que notre étude explore. Dans le cadre de notre étude nous avons finalement trouvé une application adéquate, nous en parlerons plus en détail dans le chapitre consacré à la méthodologie.

La RA est utilisée dans divers secteurs tels que l'industrie, le secteur médical et l'éducation. Certaines études ont exploré la créativité dans un contexte de RA, principalement dans le domaine pédagogique. En effet, la RA peut offrir un grand potentiel pour engager, motiver et soutenir la créativité des étudiants dans un environnement scolaire restreint, comme l'ont montré plusieurs études (Nincarean et al., 2013). Par exemple, des recherches ont montré que la RA mobile (MAR) pouvait améliorer l'engagement des étudiants et augmenter leur motivation à apprendre, notamment en facilitant la visualisation de concepts complexes. Dans l'étude de Nincarean et al., les participants ont rapporté un niveau d'engagement accru et ont montré de meilleurs résultats académiques lorsqu'ils ont utilisé des systèmes d'apprentissage basés sur la RA mobile, en particulier dans des environnements simulés ou basés sur des jeux. Cependant, les auteurs soulignent également que l'intégration de la RA dans l'éducation nécessite une attention particulière aux fondements pédagogiques et théoriques, car les effets éducatifs de la RA ne dépendent pas uniquement de ses caractéristiques techniques.

Une autre étude a également mis en lumière l'impact de la RA sur la motivation des étudiants. Di Serio, Ibáñez et Kloos (2013) ont mené une étude dans un cours d'arts visuels et ont constaté que la RA augmentait l'attention et la satisfaction des étudiants par rapport à un module d'enseignement traditionnel. Bien que cette étude se soit concentrée sur la motivation, l'enthousiasme des étudiants pour l'utilisation de la RA montre qu'elle pourrait devenir un outil puissant pour l'apprentissage, une condition qui favorise également la créativité. Le lien entre la motivation et la créativité réside dans le fait qu'une motivation accrue chez les étudiants peut leur permettre d'explorer plus librement et d'adopter des approches nouvelles et innovantes dans leur apprentissage. En augmentant l'engagement, la RA peut créer un environnement où les étudiants sont plus susceptibles d'exprimer des idées originales et de résoudre des problèmes de manière créative. Ainsi, bien que les études sur la RA se concentrent souvent sur la motivation, cet aspect est essentiel pour soutenir la créativité dans les contextes éducatifs.

RA et engagement créatif des clients

Une autre étude a examiné comment la RA stimule l'engagement créatif des clients. Il existe un besoin croissant de mieux comprendre les avantages uniques de l'utilisation de la RA pour les activités créatives dans le contexte marketing (Jessen et al., 2020). Par exemple, des applications comme « Ikea Place » encouragent les clients à créer des aménagements intérieurs uniques pour leur maison en leur permettant de tester de nouvelles combinaisons de meubles ou de décorations et de partager leurs créations en RA avec d'autres. En intégrant de manière transparente du contenu virtuel (par exemple, un canapé virtuel) dans la vue du client sur le monde réel (par exemple, son salon), la RA offre une nouvelle forme de visualisation de produits ou de services. Cela permet de réduire l'intangibilité (Heller, Chylinski, de Ruyter, Mahr, & Keeling, 2019b), d'améliorer l'inspiration des clients (Rauschnabel, Felix, & Hinsch, 2019), et de favoriser la créativité dans les décisions d'achat. Les résultats de l'étude de Jessen et al., ont démontré que l'engagement créatif des clients avec la RA conduit à une plus grande satisfaction anticipée quant aux décisions d'achat.

Lacunes et potentiel de la RA dans la conception de design graphique

Malgré les bénéfices potentiels de la RA en termes de créativité dans des secteurs comme l'éducation et le marketing, peu de travaux ont été réalisés pour consolider ces connaissances afin d'identifier les tendances générales et les lacunes dans l'application réussie de la RA dans les activités de conception (Giunta et al., 2018). La RA, qui peut insérer des informations numériques dans l'environnement de travail physique des concepteurs, est envisagée comme une solution prometteuse aux problèmes de collaboration auxquels sont confrontés les praticiens de la conception.

Une étude réalisée en 2009 par Wang et al., présente un cadre analytique pour mesurer les perceptions des concepteurs quant à l'adoption de la RA dans le secteur de la conception. Les résultats montrent que la RA est perçue positivement par les praticiens du design pour améliorer la communication, la créativité, la cognition spatiale et l'efficacité dans les processus de conception. Les technologies de RA ont le potentiel d'augmenter la productivité et la qualité des présentations de conception, rendant ainsi les pratiques de conception plus efficaces et innovantes. Toutefois, même si cette étude montre que la RA pourrait améliorer positivement la performance créative des

professionnels du secteur créatif, aucune étude n'a directement testé comment la collaboration pourrait s'opérer dans un tel contexte de collaboration créative, et comment celle-ci est-elle perçue par les individus.

En conclusion, bien que la RA offre des opportunités significatives pour stimuler la créativité et améliorer les processus de conception, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour explorer son plein potentiel, notamment en ce qui les perceptions individuelles de la collaboration.

Synchronicité des médias dans les environnements virtuels

Définition et explication de la synchronicité des médias

La théorie de la richesse des médias (Media Richness Theory - MRT) de Daft et Lengel (1986) postule que la performance des tâches peut être améliorée par une correspondance efficace entre la méthode de communication et la tâche. Selon cette théorie, les médias varient dans leur capacité à permettre aux utilisateurs de communiquer de manière efficace, ce qu'ils appellent la "richesse". Un média riche est celui qui permet une communication plus nuancée et immédiate, facilitant l'interprétation des signaux verbaux et non verbaux, ce qui est crucial pour des tâches complexes nécessitant des ajustements constants de compréhension.

La notion de synchronicité est liée à cette théorie, car elle détermine en partie la richesse d'un média. Une tâche synchrone, où la communication se fait en temps réel, est souvent perçue comme plus "riche" car elle permet des interactions immédiates et une rétroaction instantanée, ce qui est essentiel pour des discussions complexes ou collaboratives.

Synchronicité vs. Asynchronicité

Une tâche synchrone implique une activité collaborative en temps réel, permettant à tous les participants d'interagir simultanément. Ce type de tâche, souvent associé à des médias riches comme les visioconférences, exige une communication directe, où les participants peuvent échanger des informations instantanément.

En revanche, une tâche asynchrone est une activité collaborative où les participants n'interagissent pas en temps réel. Les échanges d'informations et les contributions se font à des moments

différents, selon la disponibilité de chacun. Par exemple, l'utilisation d'e-mails, de forums de discussion, ou la conception d'un projet de design par deux designers travaillant indépendamment illustre bien ce type de tâche. Ces médias, bien que moins riches en interactions immédiates, peuvent être mieux adaptés à des tâches moins complexes ou ne nécessitant pas de réponse immédiate.

Impact de la synchronicité sur la performance

Il existe plusieurs études sur la synchronicité collaborative dans des environnements virtuels 3D. Par exemple, une étude de Schouten et al. (2010) s'est concentrée sur la collaboration en équipe et la prise de décision dans des mondes virtuels 3D. Les équipes ont interagi via un chat textuel synchrone, une salle de décision virtuelle en 3D, ou dans un environnement virtuel reflétant la tâche d'aménagement spatial. Dans cette étude, le chat textuel était utilisé de manière synchrone, permettant aux participants de communiquer en temps réel. Les résultats ont montré une meilleure performance en termes de consensus, de satisfaction et de cohésion lorsque la tâche était réalisée dans un environnement 3D, soulignant le potentiel de la 3D pour la collaboration en équipe par rapport aux technologies textuelles traditionnelles. Ce résultat suggère que la synchronicité permet une interaction plus fluide, réduisant les malentendus et facilitant la coordination entre les membres de l'équipe.

Une autre étude de Liu et Cameron (2023) a examiné les effets de la synchronisation de la manipulation dans des environnements virtuels, où plusieurs utilisateurs peuvent simultanément accéder aux mêmes objets 3D et les modifier. Les résultats ont révélé que cette synchronisation améliore significativement l'expérience utilisateur, la contribution et la performance des tâches. En conclusion, la plupart des études sur le sujet soutiennent que la manipulation synchrone améliore la communication, la satisfaction, la cohésion et par conséquent la performance.

Impact de la synchronicité sur la pensée créative

Des études ont également examiné la pensée créative dans des environnements de collaboration synchrone virtuels. Une étude de Gressgård (2012) a examiné comment différents niveaux de synchronicité, de parallélisme et d'identification influencent la focalisation divergente et convergente

des membres du groupe. L'expérience, impliquant des groupes de résolution de problèmes utilisant des outils de communication textuelle, a révélé peu de différences globales entre les capacités de communication et leurs effets sur les processus de pensée innovante. Cela implique que ni la focalisation divergente ni la focalisation convergente des participants n'ont été influencées par les différents niveaux de synchronicité. Toutefois, il n'existe pas beaucoup d'étude portant spécifiquement sur le contexte de synchronicité et de créativité, en contexte de réalité augmentée.

La collaboration dans les équipes virtuelles : perceptions individuelles

Dans le contexte de la collaboration créative à distance, comme l'utilisation de casques de réalité augmentée (AR) pour des tâches de conception en 3D, la perception individuelle de la collaboration revêt une importance particulière. Martins et al. (2004) mettent en avant que, dans des environnements virtuels, la manière dont les individus perçoivent les interactions avec leurs coéquipiers est cruciale pour la réussite du travail collaboratif. Cette perception est directement liée à des éléments tels que la communication, la réactivité des partenaires, et la coordination des tâches. Pour notre étude, qui se concentre sur l'utilisation synchronisée des casques de RA, cela signifie que la perception d'une collaboration fluide pourrait être amplifiée lorsque les participants interagissent en temps réel, favorisant ainsi une performance créative améliorée.

Griffith et Neale (1999) montrent que la perception individuelle de la collaboration dans les équipes virtuelles est fortement influencée par la qualité des interactions. En effet, la synchronicité et l'asynchronicité n'offrent pas les mêmes qualités d'interaction. Dans un environnement où la collaboration synchrone est facilitée par la technologie, comme les casques de réalité augmentée, les membres des équipes peuvent percevoir une meilleure fluidité et coordination des actions, renforçant ainsi la cohésion d'équipe. En revanche, dans les scénarios asynchrones, les membres peuvent se sentir plus isolés ou déconnectés des décisions du groupe, ce qui pourrait nuire à la perception de la collaboration et, par conséquent, à la performance créative.

Toutefois, il est important de noter que, dans certains contextes, l'asynchronicité peut s'avérer véritablement bénéfique, notamment lorsque les équipes sont géographiquement dispersées ou travaillent dans des fuseaux horaires différents. Elle offre alors la possibilité d'une réflexion approfondie, des contributions plus structurées et une plus grande flexibilité organisationnelle.

Enfin, les travaux de Jarvenpaa et Leidner (1999) sur la confiance dans les équipes virtuelles sont également pertinents pour notre étude. Ils démontrent que la confiance, bien que fragile dans des environnements où les interactions sont principalement virtuelles, peut se développer rapidement lorsque la communication est claire et proactive. Dans notre cadre, l'utilisation de casques de RA synchrones permettrait potentiellement de renforcer cette confiance, car les participants peuvent percevoir une interaction plus immédiate et engageante, améliorant ainsi non seulement leur collaboration perçue, mais aussi leur performance créative dans les tâches de conception en 3D. De plus, cette technologie immersive pourrait réduire les sentiments de distance psychologique, souvent présents dans les équipes virtuelles asynchrones, en créant un espace de collaboration plus tangible et interactif.

Influence de la personnalité des individus sur la créativité et la collaboration d'équipe

La personnalité, définie comme un ensemble stable de traits psychologiques, influence le comportement, les interactions sociales et les performances individuelles dans divers contextes. Le modèle des Big Five, développé par Costa et McCrae (1992), est largement utilisé pour évaluer la personnalité selon cinq dimensions principales : le névrosisme, l'extraversion, l'ouverture à l'expérience, l'agréabilité et le caractère consciencieux. Ce cadre théorique permet de mieux comprendre comment ces traits influencent les réactions des individus face à des situations spécifiques, y compris dans des environnements de collaboration virtuelle.

Personnalité et créativité

La créativité est souvent définie comme la capacité à produire des idées nouvelles et utiles. Selon Runco et Jaeger (2012), elle repose sur deux composantes clés : l'originalité, qui mesure la nouveauté d'une idée, et l'efficacité, qui évalue sa praticité. Ces composantes, essentielles à la performance créative, sont influencées par des traits de personnalité comme l'extraversion et l'ouverture à l'expérience. Les recherches montrent que ces traits encouragent l'exploration de nouvelles idées et facilitent des interactions dynamiques entre les individus (Stafford et al., 2010).

Dans un contexte de travail d'équipe, ces influences sont particulièrement marquées. Baer et coll. (2008) ont montré que les équipes composées de membres extravertis et ouvertes à l'expérience produisent généralement plus d'idées créatives, soulignant l'importance de la composition des

équipes dans des environnements collaboratifs, notamment lorsqu'ils intègrent des technologies innovantes comme la réalité augmentée (AR).

Personnalité et collaboration

Les traits de personnalité influencent également la qualité de la collaboration. Par exemple, les individus extravertis, grâce à leur aisance à entreprendre des échanges, jouent un rôle clé dans la facilitation de la communication, ce qui est particulièrement bénéfique dans les équipes virtuelles où les interactions directes sont limitées (Barrick et Mount, 1991). L'ouverture à l'expérience favorise quant à elle la flexibilité cognitive, essentielle pour s'adapter à des environnements innovants comme ceux utilisant la réalité augmentée.

Cependant, certains traits peuvent représenter des obstacles. Le névrosisme, associé à une propension au stress et à l'anxiété, peut rendre la collaboration virtuelle plus difficile en raison de l'absence de contacts directs et de l'incertitude inhérente à ces environnements (LePine et Van Dyne, 2001). De même, le caractère consciencieux, bien qu'il encourage une approche méthodique, peut limiter la spontanéité nécessaire à l'exploration de nouvelles idées. Dans le cadre de cette étude, où des casques de réalité augmentée sont utilisés pour concevoir des projets en 3D à distance, ces traits de personnalité pourraient influencer la dynamique de groupe et la perception de l'efficacité de la collaboration. Une équipe composée de membres extravertis et ouverts à l'expérience pourrait s'adapter plus facilement à ces environnements technologiques, tandis que des membres névrosés ou très consciencieux pourraient rencontrer des difficultés face à la complexité des tâches et à l'absence de synchronisation en temps.

Impact de la personnalité sur la créativité en équipe

Au-delà de la génération d'idées, les traits de personnalité jouent un rôle dans les échanges d'idées créatives au sein des équipes. Par exemple, les recherches de Toh et Miller (2016) montrent que les équipes ayant des membres consciencieux et agréables sont plus enclines à identifier et adopter des idées nouvelles et innovantes. Cette observation est pertinente pour notre étude, qui examine comment la synchronisation des tâches via la réalité augmentée influence la collaboration et la performance créative des équipes. Analyser les traits de personnalité dans ce type de collaboration

technologique est essentiel pour comprendre comment les interactions interpersonnelles influencent la performance collective. Dans un environnement où la technologie redéfinit les relations sociales, ces analyses permettent d'identifier les conditions optimales pour tirer parti des avantages de la réalité augmentée dans la collaboration d'équipe.

Influence des capacités individuelles créatives sur la collaboration

Guilford (1950) soutient que, selon la psychologie, tous les individus possèdent des capacités créatives, sauf en cas de pathologies. Cela signifie que des actes créatifs, même minimes, peuvent être attendus de presque tout le monde. Il propose que les capacités créatives varient selon les disciplines. Par exemple, un architecte, un chanteur et un peintre peuvent partager certains facteurs communs de créativité tout en présentant des différences significatives. Parmi ces capacités, Guilford identifie la sensibilité aux problèmes, la fluidité, la capacité de synthèse et la flexibilité d'esprit. La créativité est généralement définie comme la capacité à produire des idées ou des produits à la fois originaux et efficaces (Runco, 1988). Cette combinaison d'originalité et d'efficacité fait de la créativité un processus à la fois novateur et pertinent, permettant de répondre à des besoins ou de résoudre des problèmes de manière innovante. Cependant, il est essentiel de noter que la façon dont les individus créent et intègrent leurs idées peut varier en fonction de leurs caractéristiques personnelles et des interactions au sein d'une équipe.

Types de capacités individuelles créatives

Les individus présentent des différences notables en termes de sensibilité aux problèmes. Par exemple, deux scientifiques examinant un même rapport de recherche pourraient réagir différemment à une anomalie : l'un pourrait la considérer comme une erreur expérimentale, tandis que l'autre, intrigué, pourrait l'explorer et faire une découverte majeure. D'autres différences concernent les facteurs de fluidité, qu'ils soient verbaux ou non verbaux, ces facteurs incluent la fluidité idéative qui correspond à la capacité de générer de nombreuses idées dans un contexte peu contraint, la fluidité associative qui désigne l'aptitude à produire des mots ou des associations variées à partir d'un concept et la fluidité verbale qui reflète la capacité à communiquer rapidement et efficacement à l'aide de mots. Par ailleurs, des capacités comme la synthèse, qui consiste à organiser des idées

en schémas plus larges et cohérents, ainsi que la flexibilité d'esprit, qui permet de changer facilement de perspective, sont cruciales pour le développement de solutions créatives (Leboutet, 1970).

Dans cette recherche, bien que l'importance des capacités créatives individuelles soit reconnue, l'attention se porte davantage sur le processus collaboratif par lequel les membres d'une équipe partagent et intègrent leurs idées pour arriver à une solution finale, ainsi que sur la perception de ces échanges. Comprendre comment la fluidité, définie comme la capacité à produire des idées variées, influence la qualité des contributions d'une personne au sein d'une équipe collaborative est donc essentiel.

Mesurer le potentiel créatif

La créativité repose sur deux composantes psychologiques principales : la pensée convergente, qui consiste à analyser plusieurs stimuli pour identifier la meilleure réponse possible, par exemple résoudre un problème de manière optimale (Mednick, 1962), et la pensée divergente, qui évalue la capacité d'un individu à générer diverses solutions à partir d'une question ouverte (Acar et Runco, 2014). La pensée divergente est fréquemment utilisée comme indicateur de créativité dans la recherche et les pratiques éducatives. Les tests de pensée divergente fournissent des estimations utiles du potentiel créatif et sont de bons prédicteurs de la performance créative future (Runco et Acar, 2012).

Guilford a été le premier à démontrer clairement le lien entre la pensée divergente et le potentiel créatif, en identifiant plusieurs sous-composantes de cette pensée (Guilford et Hoepfner, 1971). Aujourd'hui, les tests de pensée divergente se concentrent généralement sur la fluidité, l'originalité, la flexibilité et l'élaboration. Dans cette recherche, l'accent est mis sur la collaboration et sur la perception qu'en ont les individus eux-mêmes, en particulier sur le processus par lequel les idées sont générées, échangées et intégrées au sein d'une équipe pour aboutir à une solution finale. Plutôt que de simplement quantifier le nombre d'idées générées, l'objectif est de comprendre comment ces idées sont partagées, discutées et combinées de façon cohérente dans un cadre collaboratif. Avant de mesurer la perception des individus sur ce processus de collaboration et d'échange d'idées, il est essentiel de prendre en compte leurs capacités créatives, notamment la fluidité,

définie ici comme la capacité à générer un grand nombre d'idées variées, mais aussi à partager ces idées et à les intégrer efficacement dans la résolution collective d'un problème ouvert.

Une étude récente a présenté un test de pensée divergente (DAT) conçu et testé auprès de neuf mille personnes dans quatre-vingt-dix-huit pays différents. Ce test, basé sur un algorithme informatique, mesure la distance sémantique moyenne entre les mots produits. Par exemple, les mots chien et chat ont une distance sémantique courte, tandis que chien et dé à coudre présentent une distance beaucoup plus grande. Les individus les plus créatifs tendent à générer des mots ayant de plus grandes distances sémantiques, ces distances étant calculées en fonction de la fréquence d'utilisation des mots dans des contextes similaires. Un avantage clé du DAT est sa nature automatique, qui élimine les biais d'évaluation subjective (Olson et al., 2021).

Cet outil pourrait être précieux pour évaluer le potentiel créatif individuel des membres d'une équipe travaillant sur un projet commun. Bien que cette recherche se concentre principalement sur la perception de la collaboration et des échanges au sein des équipes, l'évaluation de la fluidité et de la pensée divergente demeure cruciale, ces capacités influencent directement la richesse et la diversité des idées mises en commun, des éléments fondamentaux pour des échanges créatifs efficaces.

Collaboration et performance créative en équipe

Les processus créatifs diffèrent sensiblement selon que l'on travaille seul ou en équipe. Une équipe peut être définie comme un groupe de personnes collaborant de manière interdépendante pour accomplir des tâches et atteindre des objectifs communs (Levi, 2001). Bien que certaines études montrent que le simple partage d'idées en groupe peut parfois être inefficace, notamment lorsque les idées ne sont pas activement discutées ou intégrées, des conditions optimales d'échange et d'intégration collective peuvent considérablement améliorer la créativité et l'innovation au sein des équipes (Paulus et Yang, 2000). Ces échanges permettent de maximiser le potentiel créatif des membres en les encourageant à générer des idées variées et à les intégrer efficacement pour parvenir à des solutions innovantes.

L'importance de l'échange d'informations dans les équipes a été soulignée par Gong, Kim, Lee et Zhu (2012), qui ont démontré que, dans le cadre d'équipes R&D, un objectif d'apprentissage collectif favorise la créativité tant au niveau individuel qu'au niveau collectif. Leur étude montre que plus les échanges d'idées sont structurés et intenses, plus la créativité des individus et des équipes s'enrichit. À l'inverse, lorsque l'objectif est centré sur l'évitement de la performance, ces échanges sont souvent freinés, ce qui nuit à l'innovation. De manière complémentaire, Paulus et al. (2001) ont proposé un modèle théorique mettant en avant l'interaction dans les groupes comme une source majeure d'idées créatives et d'innovations. Ils expliquent que dans les équipes où les membres échangent activement leurs idées et les intègrent dans une vision collective, la créativité est considérablement renforcée.

La capacité d'intégration au sein d'une équipe joue également un rôle central dans la performance créative. Cette capacité permet de développer un modèle mental commun autour du domaine créatif, incluant les interactions nécessaires à un transfert efficace des connaissances entre les membres (Cannon-Bowers et al., 1993). Cela facilite la combinaison des connaissances, compétences et perspectives des différents membres pour atteindre des objectifs communs. Une équipe capable d'intégrer les idées individuelles dans une compréhension collective cohérente est mieux équipée pour résoudre des problèmes complexes et innover de manière performante et structurée.

En somme, une collaboration efficace repose sur un échange d'idées structuré et leur intégration dans un cadre collaboratif, ce qui constitue un moteur essentiel de la performance créative. Comme l'ont montré les travaux de Gong et al. (2012) et Paulus et al. (2001), ces dynamiques permettent aux équipes de tirer parti de la diversité des idées générées et de leur intégration dans une solution collective. Une équipe dans laquelle les membres partagent activement leurs idées et les intègrent de manière cohérente est capable de surmonter les obstacles à la créativité et de produire des innovations significatives.

Cependant, la revue de la littérature met en évidence un manque notable de recherches sur l'application de la réalité augmentée dans les collaborations créatives synchrones en équipe. En étudiant comment la réalité augmentée, la personnalité et les capacités créatives individuelles influencent la perception de la collaboration dans des projets créatifs, cette recherche contribuera à combler

ces lacunes et à enrichir notre compréhension des dynamiques collaboratives dans un contexte technologique novateur.

Chapitre 3 : Cadre conceptuel

L'objectif principal de cette recherche est d'examiner l'impact de la synchronisation des tâches de conception, par rapport à leur exécution asynchrone, sur la perception individuelle de la collaboration ainsi que sur la performance créative des participants. En mettant en lumière les différences entre ces deux modes de travail, cette étude cherche à comprendre comment la synchronisation des tâches peut influencer la qualité des interactions collaboratives et, par conséquent, la réussite créative dans un environnement virtuel. Nous analyserons également l'influence des traits de personnalité et des capacités individuelles en matière de pensée créative, en évaluant spécifiquement la pensée divergente afin de mieux comprendre ces capacités et leur impact sur la perception de la collaboration au sein du groupe.

Un cadre conceptuel est essentiel pour guider cette investigation. Il permet de définir les concepts clés et de situer notre recherche dans le contexte des théories existantes. Ce cadre nous aidera à clarifier les relations entre les différentes variables de notre étude et à formuler des hypothèses précises. Ainsi, dans cette section, nous allons :

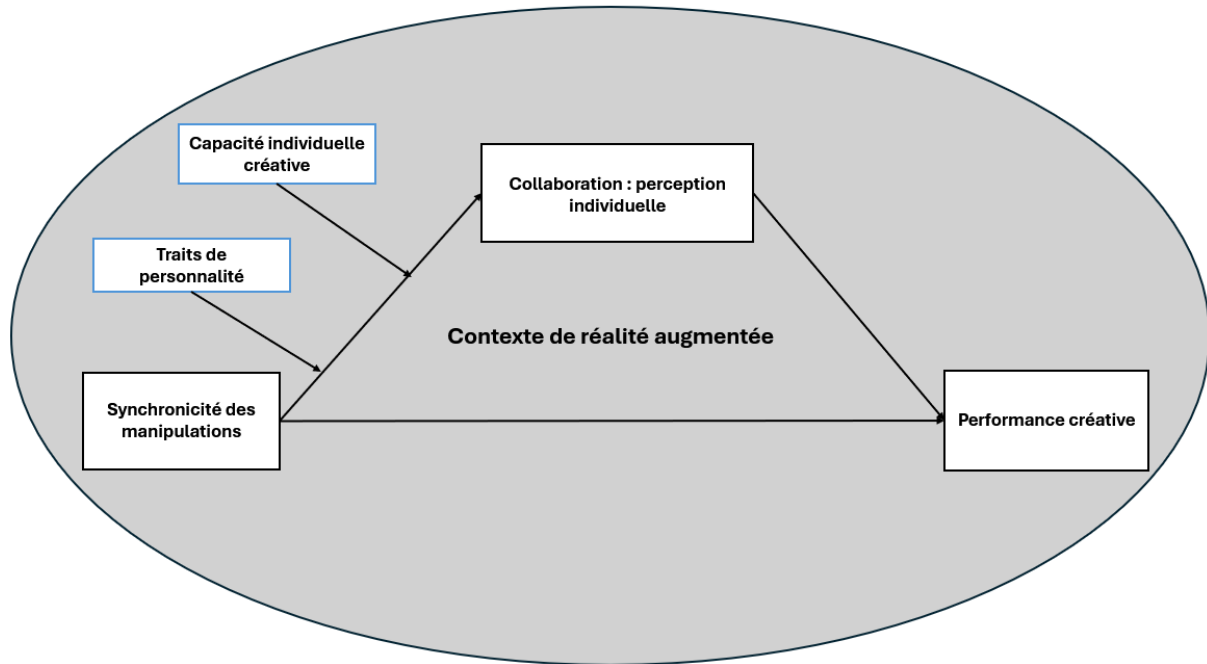
- Décrire le modèle de recherche de l'étude et expliquer les relations entre les variables.
- Définir les concepts clés liés à notre recherche, tels que la réalité augmentée, la perception de collaboration, les capacités individuelles créatives, la performance créative, et la synchronisation des tâches.
- Explorer les théories et modèles existants pertinents pour notre étude.
- Présenter les hypothèses de recherche que nous testerons.

Ce cadre conceptuel nous permettra d'assurer que les données collectées sont en lien avec notre modèle de recherche, et nous aidera à répondre correctement à nos questions de recherches.

Modèle de recherche

Nous avons établi un modèle de recherche qui prend en compte les variables de notre étude et les relations entre ces variables. Voici le modèle de recherche :

Figure 2 : Modèle de recherche



Dans notre modèle conceptuel, nous examinons plusieurs variables clés : la synchronisation des tâches, la perception individuelle de la collaboration, la personnalité des individus, les capacités individuelles créatives, et la performance créative, le tout dans un contexte de réalité augmentée. Ces variables interagissent de manière complexe pour influencer les résultats de la collaboration créative en équipe.

Définition des concepts et théories existantes

La réalité augmentée

Pour rappel, la réalité augmentée est une technologie qui superpose des éléments virtuels à l'environnement réel local. Cette technologie a plusieurs fonctions, comme celle de combiner des objets réels et virtuels dans un environnement réel, d'aligner ces objets pour qu'ils coexistent de manière cohérente, et de fonctionner de manière interactive, en trois dimensions et en temps réel (Azuma et al., 2001). Dans notre modèle, nous utiliserons des casques de réalité augmentée de type HMD pour observer l'effet de nos variables dans un contexte de réalité augmentée. Ainsi, la RA est un

facteur contextuel qui pourrait moduler l'influence des autres variables sur la perception individuelle de la collaboration, ainsi que sur la performance créative.

Synchronicité des manipulations

Nous rappelons que la synchronicité, telle qu'identifiée dans la théorie de la richesse des médias développée par Daft et Lengel (1986), se définit comme la mesure dans laquelle les capacités d'un moyen de communication permettent aux individus d'atteindre la synchronicité. Dans notre étude, cette théorie est appliquée à la manipulation d'objets en 3D à l'aide de casques de réalité augmentée, visant à concevoir un espace créatif collaboratif. Nous allons ainsi comparer la perception individuelle de la collaboration, en fonction de la condition de synchronicité, où les deux personnes peuvent manipuler les objets en même temps, ou la condition d'asynchronicité, où seulement une personne peut manipuler les objets.

Ainsi, la synchronisation des tâches, ou l'exécution de tâches de manière synchrone versus asynchrone, est une variable indépendante critique dans notre étude. Nous postulons que la synchronisation des tâches améliore la perception individuelle de la collaboration en permettant une interaction immédiate et une rétroaction en temps réel. En mode synchrone, les participants peuvent échanger des idées instantanément, ce qui peut conduire à une intégration plus rapide et plus efficace des concepts créatifs et donc à une meilleure collaboration.

Collaboration : perception individuelle

La collaboration, particulièrement dans un contexte de travail en équipe à distance ou virtuel, fait référence à la manière dont les individus interagissent pour atteindre un objectif commun. Selon Rosabeth Moss Kanter (1994), la collaboration est "un processus de travail en commun avec un objectif partagé, où plusieurs parties contribuent avec leurs compétences, ressources et efforts pour atteindre des résultats qui ne pourraient être obtenus individuellement." Cette définition souligne l'importance des efforts collectifs et des interactions entre les membres d'une équipe pour parvenir à des résultats optimaux. Dans le cadre de la collaboration créative, la perception individuelle joue un rôle clé, car elle détermine comment chaque membre évalue sa propre contribution et celle des

autres, ainsi que la qualité de l'échange et de l'intégration des idées. L'efficacité de la collaboration perçue peut influencer directement la performance créative d'une équipe, en particulier dans les environnements virtuels où la communication synchrone ou asynchrone via des outils technologiques, comme la réalité augmentée, modifie la dynamique de la collaboration. Dans notre modèle, la perception individuelle de la collaboration agit comme une variable dépendante influencée par la synchronisation des tâches, et modérées par la personnalité et les capacités individuelles des membres de l'équipe.

Personnalité et modèle à 5 facteurs

Le modèle big five, est une théorie de la personnalité empiriquement proposée par Lewis Goldberg en 1990 puis développé plus tard par Costa et McCrae. Cette théorie propose cinq grandes dimensions de la personnalité. La première dimension est l'ouverture à l'expérience, qui reflète le degré de curiosité intellectuelle, de créativité, d'ouverture d'esprit et de préférence pour la nouveauté et la variété chez un individu. La deuxième dimension est la conscience, qui indique le niveau de discipline, de responsabilité, d'organisation et de fiabilité d'une personne. La troisième dimension est l'extraversion, qui représente le niveau d'énergie, de sociabilité, d'expressivité émotionnelle et de recherche de stimulation d'une personne. La quatrième dimension est l'agréabilité, qui reflète la qualité des interactions sociales d'une personne, notamment sa gentillesse, sa coopération, sa compassion et son souci des autres.

Enfin, la cinquième dimension est le névrosisme, qui indique la tendance d'une personne à éprouver des émotions négatives, telles que l'anxiété, la colère, la dépression et la vulnérabilité (Costa et McCrae, 1992). Les traits de personnalité, mesurés par le modèle des cinq facteurs (Big Five), agissent comme une variable modératrice puisqu'ils modèrent les effets de la synchronisation des tâches sur la perception individuelle de la collaboration.

Capacité individuelle en termes de fluidité d'idées créatives : test de pensée divergente

Dans le cadre de notre étude, la pensée divergente joue un rôle clé en influençant la fluidité des idées. Elle est principalement sollicitée lors de la génération d'idées, tandis que la pensée convergente intervient lors de l'évaluation et de la sélection des idées. Pour mesurer ces capacités

créatives, des tests de pensée divergente sont utilisés pour donner un aperçu du potentiel créatif en termes de fluidité chez un individu. Le Divergent Association Task (DAT), développé en 2021 par Jay A. Olson, Roger E. Beaty et leurs collègues, est un test conçu pour mesurer la créativité en évaluant la pensée divergente. Le DAT demande aux participants de générer une série de mots en réponse à un stimulus donné, et la créativité est quantifiée en analysant la distance sémantique entre les mots produits. Des distances plus grandes indiquent une pensée plus divergente et créative.

Ce test est particulièrement utile pour fournir une évaluation objective et automatisée du potentiel créatif des individus, en minimisant les biais subjectifs souvent présents dans les évaluations traditionnelles. Ainsi, les capacités individuelles en termes de pensée créative, mesurées par le test de pensée divergente DAT, agissent comme une variable modératrice dans notre modèle, influençant les effets de la synchronisation des tâches sur la perception individuelle de la collaboration.

Performance créative

La performance créative se définit comme la capacité à produire des idées ou des solutions qui sont à la fois originales et efficaces (Runco & Jaeger, 2012). Cela signifie que pour qu'une production soit considérée créative, elle doit non seulement être nouvelle et innovante, mais aussi pertinente et utile dans le contexte donné. Ce concept, qui revêt une importance particulière dans divers domaines comme l'art, les affaires, la science et l'ingénierie, repose sur plusieurs éléments clés. Amabile (1996) décrit la performance créative comme le résultat de l'interaction entre la pensée créative, l'expertise et la motivation intrinsèque. Guilford (1950) ajoute que la pensée divergente, c'est-à-dire la capacité à générer une diversité d'idées, est une composante essentielle de la créativité.

Dans cette étude, la performance créative est définie comme la capacité des participants à générer des idées originales, efficaces et esthétiques lors de la conception collaborative d'un design d'espace à l'aide de casques de réalité augmentée. Cette performance sera mesurée de manière objective à l'aide d'une grille d'évaluation qui repose sur des critères tels que la nouveauté des idées proposées (par exemple, le choix des meubles) ainsi que leur pertinence et leur applicabilité pratique (par exemple, l'harmonie de l'ensemble). Cette variable sera évaluée exclusivement au niveau du groupe, en se basant sur le résultat final produit collectivement.

Les critères spécifiques utilisés pour évaluer cette performance réelle seront détaillés ultérieurement.

Dans le modèle de recherche, la performance créative agit comme la variable dépendante, influencée par la synchronisation des tâches et la perception individuelle de la collaboration.

Hypothèses de recherche

La collaboration joue un rôle central dans l'amélioration de la performance créative d'une équipe. Elle se définit comme un processus de travail collectif autour d'un objectif partagé, où chaque membre apporte ses compétences, ses ressources et ses efforts pour atteindre des résultats difficiles à obtenir individuellement. Cette collaboration, lorsqu'elle est optimisée, constitue un levier essentiel pour stimuler la créativité et l'innovation au sein des équipes.

Un élément fondamental de la collaboration est l'échange d'idées, qui repose sur un partage actif des perspectives et réflexions entre les membres de l'équipe. Cet échange favorise un enrichissement mutuel, une meilleure synergie collaborative et ouvre la voie à l'exploration de diverses approches et solutions. De plus, la capacité d'intégration, définie comme la faculté des membres à combiner de manière cohérente leurs connaissances, compétences et perspectives, joue un rôle clé dans la création d'une compréhension collective et dans la résolution de problèmes complexes (Cannon-Bowers et al., 1993). Une forte capacité d'intégration renforce la fluidité de la collaboration, améliore la cohésion et la satisfaction des membres de l'équipe (Salazar et al., 2012) et permet d'organiser et d'exécuter les idées créatives de manière plus structurée, ce qui se traduit par une meilleure performance créative (Amabile, 1996). Dans notre étude, nous analysons ce processus collaboratif à travers la "perception individuelle de la collaboration", qui englobe la manière dont chaque participant évalue la qualité des échanges et l'intégration des idées au sein de l'équipe.

La théorie de la richesse des médias, introduite par Daft et Lengel (1986), souligne que la performance des tâches peut être optimisée lorsque le moyen de communication utilisé correspond efficacement à la nature de la tâche. Selon cette théorie, plus un média est riche, plus il facilite la compréhension mutuelle entre les membres de l'équipe en permettant une transmission efficace et complète des informations complexes. Par ailleurs, la théorie de la synchronicité met en avant la capacité d'un média à permettre une interaction en temps réel, donnant l'impression que tous les

participants sont simultanément engagés dans le processus de communication. Ces théories suggèrent que l'utilisation de médias synchrones peut améliorer la qualité de la collaboration et, par conséquent, la perception de cette collaboration, contribuant ainsi à une meilleure performance créative.

La réalité augmentée est un média qui répond aux critères d'un média riche. Elle permet une connexion en temps réel entre les utilisateurs via des casques, offrant une expérience immersive et interactive similaire à une collaboration dans un espace physique, sans délai notable. Certaines applications de réalité augmentée vont encore plus loin : elles permettent non seulement aux utilisateurs de se voir et de communiquer, mais également d'interagir avec des outils collaboratifs qui se mettent à jour instantanément. Ces fonctionnalités renforcent l'efficacité des échanges, la coordination des actions, et la fluidité des interactions, positionnant ainsi la réalité augmentée comme un média riche par excellence. Notre mémoire permet ainsi de comparer ses différentes qualités d'interaction entre synchronicité et asynchronicité, toujours dans un contexte de réalité augmentée.

Ainsi, nous proposons les hypothèses suivantes :

*H1 : La condition de contrôle synchrone **améliore significativement la performance créative** par rapport à la condition de contrôle asynchrone.*

*H2 : La condition de contrôle synchrone **améliore significativement la perception individuelle de la collaboration** par rapport à la condition de contrôle asynchrone.*

*H3 : Les groupes ayant une perception individuelle positive de la collaboration en équipe connaîtront une **amélioration significative de leur performance créative**.*

Le modèle des cinq facteurs de la personnalité (Big Five) développé par Costa et McCrae (1992) évalue la personnalité à travers cinq dimensions : ouverture à l'expérience, conscience, extraversion, agréabilité et névrosisme. Parmi ces dimensions, certaines sont particulièrement pertinentes pour la collaboration créative en équipe. Par exemple, les études sur la personnalité et la collaboration montrent que les membres d'une équipe dotés d'un haut niveau d'extraversion sont plus enclins à initier des échanges et à faciliter la communication (Barrick et Mount, 1991). Une étude a également révélé que des niveaux élevés d'extraversion favorisent la génération d'idées plus

créatives au sein des équipes de conception (Baer et al., 2008). Au contraire, des traits tels que le névrosisme peuvent entraver la collaboration, notamment dans des contextes de travail à distance. Les individus avec un score élevé en névrosisme ont tendance à être plus stressés et à percevoir la collaboration virtuelle comme plus difficile, en raison de l'absence de contacts directs et de l'incertitude (LePine et Van Dyne, 2001).

Ainsi, nous pouvons proposer les hypothèses suivantes :

*H4-a : Le trait de personnalité d'extraversion **modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration**, de sorte que l'impact positif de la condition de contrôle synchrone sera plus marqué chez les individus ayant des **scores élevés d'extraversion**.*

*H4-b : Le trait de personnalité névrosisme **modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration**, de sorte que l'impact positif de la condition de contrôle sera plus marqué chez les individus ayant des **scores bas de névrosisme**.*

Guilford a démontré clairement le lien entre la pensée divergente et le potentiel créatif, en proposant plusieurs sous-composantes de cette pensée, dont la fluidité des idées (Guilford & Hoepfner, 1971). Les tests de pensée divergente fournissent des estimations utiles du potentiel de pensée créative et sont de bons indicateurs de la performance créative future (Runco et Acar, 2012). Par conséquent, il est raisonnable de supposer que les personnes obtenant de bons scores aux tests de pensée divergente possèdent un potentiel créatif plus élevé en termes de fluidité des idées, ce qui pourrait avoir un impact positif sur la perception individuelle de la collaboration. Ainsi, nous pouvons proposer l'hypothèse suivante :

*H5 : La capacité individuelle de pensée créative **modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration**.*

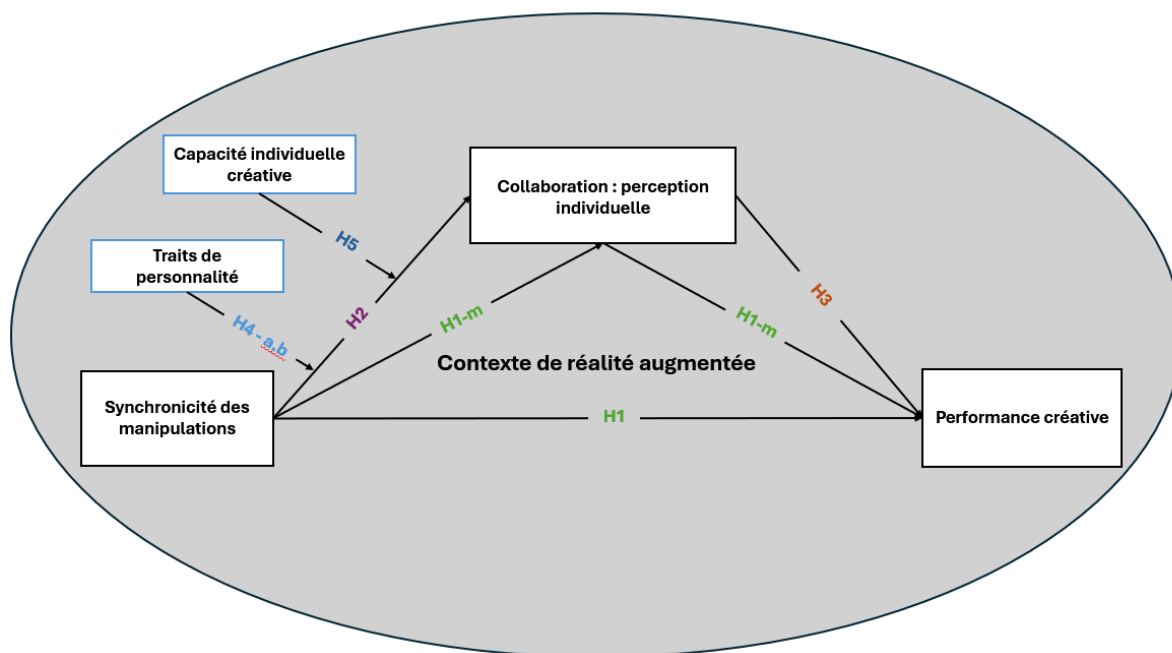
Hypothèse de recherche médiatrice

L'hypothèse suivante explore comment la synchronisation dans l'utilisation de casques de réalité augmentée pourrait influencer la performance créative individuelle. Nous avançons que la manipulation synchrone, permettant une interaction en temps réel, favorise une perception accrue de

collaboration, qui pourrait améliorer les performances créatives. Ainsi, cette perception individuelle de collaboration pourrait éventuellement jouer un rôle de médiateur entre le contexte synchrone de manipulation et la réussite créative de la tâche, suggérant que travailler en réalité augmentée de manière fluide et immersive renforcerait les contributions créatives des individus.

H1-m : L'effet de la condition de contrôle synchrone sur la performance créative de la tâche sera médié par la perception individuelle de collaboration.

Figure 3 : Modèle de recherche avec hypothèses



Chapitre 4 : Méthodologie

Pour tester le modèle de recherche développé précédemment, nous avons mené une expérimentation en laboratoire visant à analyser les effets de l'utilisation de casques de réalité augmentée lors de la réalisation d'une tâche collaborative créative en 3D dans un contexte de travail à distance, en examinant deux niveaux de synchronicité.

Le premier niveau de synchronicité, ou condition de contrôle, consiste en la manipulation asynchrone d'objets numériques : deux participants portent des casques de réalité augmentée et peuvent visualiser le même espace en temps réel, mais seul l'un d'entre eux peut manipuler les objets. Le deuxième niveau de synchronicité, ou condition de traitement, implique la manipulation synchrone d'objets, permettant aux deux participants de manipuler les objets simultanément.

Design de l'étude

Le design expérimental de cette étude repose sur un plan inter-sujets. Une partie des participants a été exposée à une manipulation d'objets de manière asynchrone, tandis qu'une autre partie a été soumise à une manipulation d'objets de manière synchrone.

Étant donné qu'il s'agit d'un plan inter-sujets avec deux conditions expérimentales, chaque session expérimentale nécessitait un binôme composé de deux participants. Durant chaque expérience, les participants étaient séparés dans deux salles distinctes mais similaires en termes de disposition. Chaque participant avait accès à un casque de réalité augmentée Hololens 2, ainsi qu'une tablette iPad pour répondre aux questionnaires pré et post-tâche.

Dans le cadre de ce mémoire, nous définissons la condition d'objets asynchrone comme une situation où un seul des deux participants peut manipuler des objets numériques 3D à l'aide des casques de réalité augmentée, constituant ainsi la condition de contrôle dans notre expérimentation. En revanche, la condition d'objets synchrone est caractérisée par une configuration où les deux participants peuvent simultanément manipuler des objets numériques 3D avec les casques de réalité augmentée, formant ainsi la condition de traitement dans notre étude. Il est important de noter que pendant la tâche, les utilisateurs ont porté en tout temps le casque de réalité augmentée et ont vu le

même espace de manière synchrone, quelle que soit la condition ; seule la manipulation des objets varie en fonction de la condition expérimentale.

Nous avons adopté ce type de design afin de mesurer les effets de la synchronicité de la manipulation pendant la collaboration créative entre les individus et leur performance sur une tâche en réalité augmentée, dans le but de démontrer l'existence d'un lien de causalité entre ces deux conditions et la performance créative. Nous souhaitons également évaluer les effets de la manipulation d'objets numériques avec des casques de réalité augmentée sur la perception individuelle de la collaboration entre deux participants. Il est important de mentionner que ce projet a reçu l'approbation du comité d'éthique et de recherche de HEC Montréal et a été mené en conformité avec les règles établies par ce comité.

Participants

Pour mener à bien notre étude et garantir le bon déroulement de l'expérimentation, nous avons effectué des pré-tests auprès de 4 binômes, soit 8 personnes. Ces pré-tests nous ont permis d'identifier les petites erreurs ou incompréhensions et d'ajuster au mieux nos instructions et protocoles. De plus, ils nous ont fourni une estimation précise du temps nécessaire pour chaque étape de l'expérimentation. Une fois les pré-tests achevés, nous avons entamé le processus de recrutement des participants pour la collecte de données. Nous avons recruté les participants à partir d'un panel de 6000 étudiants et anciens étudiants d'une école de gestion en Amérique du Nord.

Pour pouvoir participer, chaque candidat devait répondre à plusieurs critères. Tout d'abord, il était nécessaire de maîtriser le français, tant à l'oral qu'à l'écrit, à un niveau avancé puisque la totalité de la tâche se déroulait en français. Ensuite, les participants devaient être âgés de plus de 18 ans pour des raisons de responsabilité légale. Plusieurs critères de sélection ont également été mis en place en raison des contre-indications à l'utilisation des casques de réalité augmentée. Ainsi, les participants ne devaient pas souffrir de pathologies visuelles (autres que des problèmes de vue courants tels que la myopie, l'hypermétropie ou l'astigmatisme), ne pas porter de pacemaker ou tout autre dispositif médical implanté, ne pas souffrir de migraines, de troubles de l'équilibre, d'épilepsie, ni être enceintes. Enfin, il était précisé que les participants ne devaient pas consommer d'alcool ou de drogue avant l'expérience. Ainsi si les participants répondent à tous les critères, ils peuvent

participer, et recevront une compensation sous forme de carte cadeau Amazon d'une valeur de 45\$ pour maximum 1h30 d'expérience.

Au total, 6014 personnes ont été invitées à participer à l'étude, et 76 d'entre elles se sont inscrites. Finalement, 60 personnes, soit 30 binômes, ont effectivement participé à notre étude. L'écart de 16 personnes entre celles inscrites et celles ayant réellement participé s'explique par des désistements ou des annulations de dernière minute. De plus, nous avons été contraints de retirer un binôme car l'un des participants ne répondait pas aux critères de participation, bien qu'il ait signé le formulaire de consentement en assurant qu'il les respectait. Pour garantir la validité de nos résultats, nous avons décidé d'exclure ce binôme de notre analyse, ce qui nous a laissé 58 personnes, soit 29 binômes. Ensuite, nous avons dû retirer aléatoirement un autre binôme de notre analyse car une condition comptait un binôme supplémentaire. Finalement, nous avons eu 56 participants répartis en 28 binômes, avec 14 binômes par condition.

Protocole de l'étude

Comme mentionné précédemment, chaque session expérimentale comprenait un binôme de participants. Chaque participant a été jumelé avec un autre participant, en s'assurant qu'ils ne se connaissaient pas au préalable afin d'éliminer tout biais de collaboration susceptible d'influencer les résultats de l'étude. Chaque binôme a été assigné de manière aléatoire à l'une des deux conditions expérimentales : manipulation d'objets non synchrone ou manipulation d'objets synchrone.

À son arrivée au laboratoire, chaque participant était assigné de manière aléatoire à l'une des deux pièces, de sorte qu'il y avait un participant par pièce, recréant ainsi une véritable condition de travail à distance. Les deux pièces étaient similaires et chacune était équipée d'une tablette pour les questionnaires pré et post-tâche, d'un casque de réalité augmentée pour la réalisation de la tâche principale, ainsi que d'une chaise et d'un bureau pour que le participant puisse s'asseoir pendant les questionnaires. De plus, la pièce était équipée de micro et d'enceinte permettant aux participants de communiquer l'un avec l'autre.

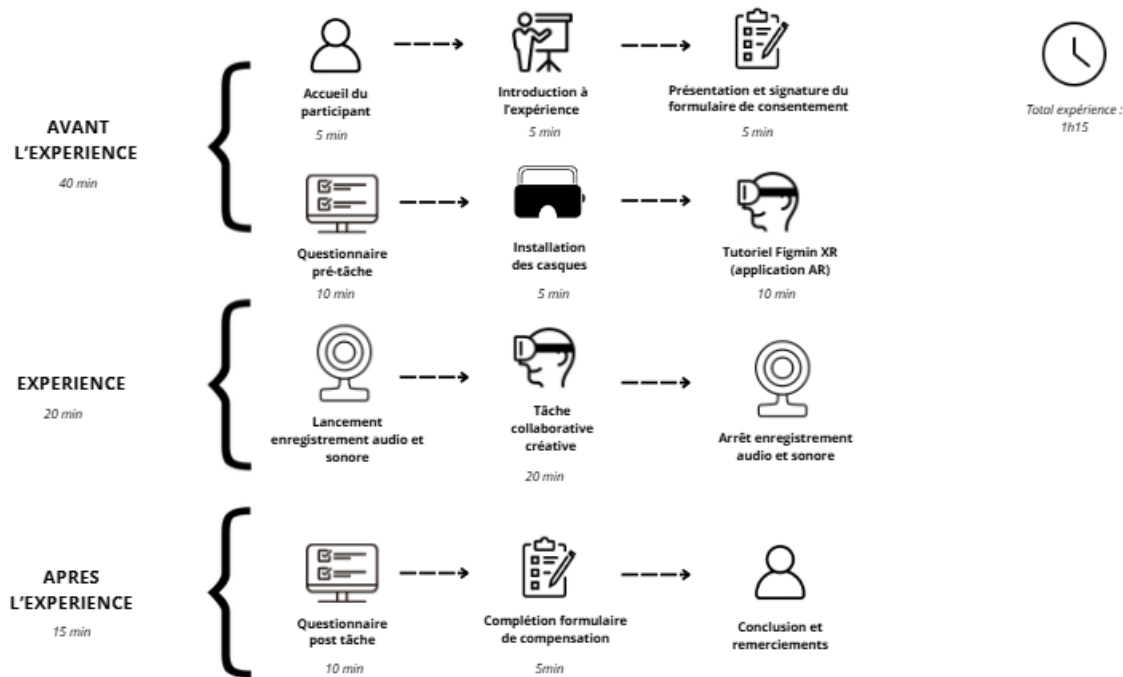
Quelle que soit la condition assignée (manipulation synchrone ou asynchrone), les participants avaient toujours accès aux mêmes matériaux et devaient accomplir la même tâche dans la même application. Dans la condition asynchrone, le participant n'ayant pas la manipulation pouvait quand

même visualiser ce que son partenaire faisait, mais ne pouvait pas intervenir dans la manipulation. Cependant, il pouvait lui parler. La seule différence résidait dans la capacité à placer et manipuler les objets en 3D, une tâche que nous détaillerons plus loin.

Pour chaque expérimentation, des enregistrements vidéo et audio ont été effectués à l'aide d'un outil de captation audiovisuelle, mais uniquement pendant la tâche collaborative. Le reste du temps, les enregistrements étaient désactivés. Ces enregistrements ont été réalisés dans le but exclusif de vérifier les informations en cas de données manquantes ou erronées nécessaires à la poursuite du traitement des données. Indépendamment de la condition, les participants pouvaient toujours communiquer entre eux grâce à un outil de communication synchrone. Ils étaient connectés via une réunion audio Teams diffusée sur les enceintes de la salle, ce qui leur permettait d'échanger tout au long de la tâche collaborative. Nous pouvions également visionner ce que les utilisateurs percevaient dans leur casque afin de suivre leur avancement, les guider en cas de problème et avoir une vue d'ensemble du résultat final pour évaluation.

Le protocole de l'expérimentation était le suivant : après avoir été accueillis, présentés et répartis aléatoirement dans leur salle, les participants ont lu et signé les formulaires de consentement détaillant le déroulement de l'étude, les conditions de participation, la compensation et les modalités d'enregistrement. Une fois ces formulaires signés, ils devaient répondre à un premier pré-questionnaire sur tablette. Ce pré-questionnaire comportait des questions démographiques et visait à évaluer leur personnalité (test des Big Five), ainsi que leur capacité individuelle créative en termes de fluidité (test de pensée divergente). Ensuite, les participants étaient invités à suivre un tutoriel guidé pour apprendre à utiliser l'application de conception avec les casques de réalité augmentée. Une fois ce tutoriel terminé, les enregistrements étaient lancés et les participants réalisaient la tâche expérimentale de collaboration créative avec les casques. Après avoir achevé cette tâche, ils devaient remplir un dernier questionnaire post-tâche sur leur expérience. Ce dernier questionnaire a demandé aux participants de donner leur avis sur la manière dont ils ont perçu la collaboration avec leur partenaire pendant l'expérience. Enfin, le formulaire de compensation leur était distribué et, une fois signé, l'expérience était terminée. La figure 3 ci-dessous présente le protocole expérimental complet :

Figure 4 : Protocole Expérimental



Tâche Expérimentale

Pour mener à bien notre étude, nous avons dû trouver une application compatible avec les casques Microsoft HoloLens 2, permettant de réaliser une tâche créative, mais surtout faisable en binôme de manière connectée et simultanée. Nous avons ainsi testé un large nombre d'application, mais beaucoup ne réunissait pas toutes ces conditions. Après une large recherche, nous avons décidé d'utiliser l'application Figmin XR disponible sur le Microsoft Store des Hololens. Figmin XR permet aux utilisateurs de créer, collecter et jouer avec des hologrammes, ce qui en fait un outil idéal pour des tâches nécessitant créativité et collaboration dans des environnements de réalité augmentée. Grâce à l'intégration complète de Sketchfab, les utilisateurs peuvent parcourir et importer des modèles 3D directement dans l'application, les sauvegarder dans leur inventaire, leur ajouter des propriétés physiques ou les combiner dans des scènes interactives. Ainsi, Figmin XR offre un accès à une vaste bibliothèque d'objets variés que les utilisateurs peuvent ajouter à leur espace réel, modifier en taille et en position pour les intégrer de manière réaliste. Plusieurs applications, telles que IKEA Kreativ, proposent également des fonctionnalités de conception et d'aménagement,

notamment sur les téléphones et tablettes. Ci-dessous, la figure 5 montre l'interface de recherche d'objet 3D de FigminXR x Sketchfab :

Figure 5 : Interface de recherche d'objet 3D de FigminXR x Sketchfab



Grâce à cette fonctionnalité nous avons décidé de réaliser une tâche collaborative, de conception d'aménagement d'un bureau.

Comme évoqué précédemment, les participants ont tous effectué un tutoriel avant la tâche créative afin d'être initié à la réalité augmentée ainsi qu'à Figmin XR. Les participants qui n'ont pas eu le contrôle de la manipulation ont également fait le tutoriel. Chacun des deux participants a pu effectuer son tutoriel indépendamment l'un de l'autre à son rythme, guidé par nos instructions. Ainsi, nous avons conçu un tutoriel guidé sous forme d'étape afin de passer en revue toutes les fonctionnalités qui seront utiles pour la réalisation de la tâche, à savoir :

- Apprendre à cliquer sur un bouton avec sa main
- Bouger son écran virtuel dans l'espace
- Rechercher un objet dans la bibliothèque
- Ajouter un objet dans l'espace réel
- Déplacer l'objet et le positionner
- Ajuster la taille d'un objet
- Supprimer un objet

Une fois toutes ces étapes réalisées, les participants étaient installés dans la même salle virtuelle (pour visionner le même espace) et ont été invité à lire les instructions de la tâche avant de

commencer. Voici le brief qui a été donné à tous les participants peu importe la condition de manipulation :

« Vous allez collaborer sur une tâche de co-conception avec un autre collègue à distance afin de répondre au brief de l'entreprise fictive Ikeo. L'entreprise « Ikeo » souhaite faire appel à vos compétences pour concevoir un nouvel espace de bureau qui figurera dans leur prochain magazine. Ils désirent un environnement fonctionnel, esthétique et inspirant, favorisant la productivité et le bien-être des clients.

Vous devez :

-Placer des éléments virtuels et ajuster leurs tailles de manière réaliste de sorte qu'ils soient positionnés correctement (bonne taille et bon ajustement au sol)

-Comme vous pouvez le voir, la salle dans laquelle vous vous trouvez présentement n'est pas vide car il y a déjà une table et une chaise.

-Vous devez ainsi concevoir l'espace réelle (la salle dans laquelle vous êtes) en tenant compte de ces 2 objets. Toutefois, vous devez obligatoirement ajouter : 1 armoire de rangement et 1 lampe à la pièce.

-Vous devez aussi ajouter de la décoration (exemple : miroir, plante, poubelle, ordinateur, horloge, ou autre...) »

À noter également que nous avons mis à disposition des participants la traduction des mots en anglais car le logiciel offre un plus large choix d'objet lorsqu'ils sont recherchés en anglais. Les utilisateurs ont également pris connaissance des critères de notation de leur conception à savoir :

- Le respect des instructions (placer le bon nombre d'objets)
- La disposition spatiale (Utilisation efficace de l'espace dans la pièce et adéquation de l'emplacement des meubles)
- L'accessibilité de l'espace (Facilité de circulation)
- L'échelle spatiale (Les dimensions des meubles sont respectées)
- Le choix des meubles (Tous les meubles obligatoires ont été ajoutés, plus des objets de décoration)
- La qualité esthétique (Harmonie dans la disposition des meubles et cohérence esthétique)

Enfin, les participants ont été informés qu'ils pourraient communiquer ensemble par Teams, et qu'ils vont tous les deux porter un casque pendant la tâche. Concernant les directives, elles varient selon la condition. Pour la condition synchrone, les deux participants ont eu l'indication suivante :

« Vous et votre partenaire manipulerez l'espace en même temps. »

Pour la condition asynchrone, le participant qui contrôle a eu la mention suivante :

« Vous seul pourrez ajouter des éléments, les déplacer et les éditer. Votre collègue peut participer à la conception en visualisant l'espace dans l'application, en recherchant des objets dans le catalogue, mais il ne pourra pas ajouter et manipuler les objets. Il pourra simplement vous faire des commentaires et suggestions orales. »

De l'autre côté le participant qui ne contrôle pas a eu la mention suivante :

« Seul votre collègue peut aménager la pièce. Vous pouvez participer aux progrès en temps réel en suivant la réalisation directement dans l'application, mais vous ne pouvez pas la modifier. Vous pourrez rechercher des objets dans le catalogue, mais sans ajouter ni manipuler les objets. Vous devrez simplement faire des commentaires et suggestions orales. »

Ci-dessous, la figure 6 montre l'avatar qui représente l'autre participant lors de la conception collaborative sur Figmin XR.

Figure 6 : Représentation de l'autre participant lors de la conception collaborative sur Figmin XR



Avant de débiter la tâche, nous nous sommes assurés que les participants avaient bien compris les consignes. Nous avons également annoncé la limite de temps pour cette tâche : 20 minutes. Les participants ont été informés du temps restant à mi-parcours, puis lorsqu'il ne restait plus que 2 minutes.

Nous leur avons expliqué que nous pouvions voir ce qu'ils voyaient, suivre ce qu'ils faisaient, et que nous pourrions les entendre et communiquer avec eux à distance grâce à un micro. Ils pouvaient également nous poser des questions à tout moment en cas de problème, ce qui nous a permis de les aider lorsqu'ils étaient bloqués sur un menu et de les remettre sur la bonne voie.

Questionnaires, mesures et opérationnalisations des construits : questionnaire pré-tâche

Questions démographiques

Durant cette expérimentation, les participants ont été amenés à compléter plusieurs questionnaires, avant et après la tâche principale de collaboration. Le tout premier questionnaire présenté aux participants portait sur des questions démographiques, notamment le genre, la tranche d'âge, le plus haut niveau d'études atteint ainsi que le domaine d'études. Ensuite, une autre série de questions abordait la fréquence d'utilisation de logiciels de plateformes de design intérieur ainsi que le niveau de confort des participants avec l'utilisation de ce type de logiciel. Enfin, une dernière série de questions visait à savoir si les participants avaient déjà utilisé des casques de réalité augmentée, virtuelle ou mixte, ainsi que leur niveau de confort avec ce type d'appareil.

Test de personnalité Big Five

Après avoir complété le premier questionnaire, les participants ont dû remplir un questionnaire Big Five, conçu pour évaluer leurs traits de personnalité selon cinq dimensions : extraversion, agréabilité, conscience, ouverture et névrosisme.

Pour ce faire, nous avons opté pour une version abrégée du Big Five original, comprenant seulement 10 items, soit 2 items pour chaque dimension. Cette version raccourcie, adaptée par Rammstedt & John, permet une évaluation plus rapide de la personnalité par rapport à la version

complète. Nous avons choisi cette version pour réduire la durée du questionnaire pour les participants. De plus, nous avons traduit le questionnaire en français à l'aide de DeepL¹.

Tâche d'association divergente pour évaluer la fluidité des idées

Ensuite, les participants étaient amenés à effectuer un test de pensée divergente, dans le but d'évaluer les capacités individuelles en termes de fluidité créative.

Nous avons repris le test en ligne de tâche d'association divergente réalisée par Olson et al., qui consiste en une mesure rapide de la créativité verbale et de la pensée divergente, c'est-à-dire la capacité à générer diverses solutions à des problèmes ouverts. La tâche demandée aux participants de penser à 10 mots aussi différents que possible les uns des autres. Les personnes les plus créatives ont tendance à générer des mots ayant des distances plus grandes entre eux. Ces distances sont déterminées en examinant la fréquence à laquelle les mots sont utilisés ensemble dans des contextes similaires.

Les auteurs ont conçu ce test directement en ligne, permettant le calcul immédiat des scores. Cependant, pour faciliter le processus, nous avons retranscrit ce test dans notre questionnaire sur tablette. Les participants ont reçu les consignes élaborées par les auteurs, qui sont les suivantes :

« Veuillez saisir 10 mots aussi différents que possible les uns des autres, dans tous les sens et usages des mots.

- *Seulement des mots simples en français.*
- *Uniquement les noms (par exemple, choses, objets, concepts).*
- *Pas de noms propres (par exemple, pas de personnes ou de lieux spécifiques).*
- *Pas de vocabulaire spécialisé (par exemple, pas de termes techniques).*
- *Pensez aux mots par vous-même (par exemple, ne regardez pas simplement les objets qui vous entourent). »*

¹ DeepL est un traducteur en ligne basé sur l'intelligence artificielle.

Ensuite, les participants disposaient de 10 espaces vides où ils pouvaient inscrire leurs mots. Ils avaient un maximum de 4 minutes pour réaliser cette tâche. Pour mesurer les scores de chaque participant, nous avons retranscrit chaque donnée de chaque participant dans le test en ligne afin d'obtenir le calcul de leur score. Ces scores nous permettent d'avoir une idée du potentiel créatif en termes de fluidité des idées, pour chaque participant et ainsi être capable de comprendre comment la capacité créative individuelle modère la relation entre synchronicité des manipulations et perception individuelle de la collaboration.

Questionnaires, mesures et opérationnalisations des construits : questionnaire post-tâche

Collaboration : perception individuelle

Après la tâche collaborative, les participants ont été invités à répondre à un autre questionnaire pour mesurer la perception individuelle de la collaboration. L'objectif est de comprendre le déroulé du processus de collaboration entre les participants, les idées ont émergé chez les participants et comment elles se sont intégrées pour favoriser une bonne collaboration et performance dans la tâche.

Nous avons donc élaboré un questionnaire visant à évaluer la perception individuelle de la collaboration (voir Annexe B). Pour concevoir ce questionnaire, nous nous sommes basés sur les travaux de Susan Fine (2017). Cette professeure a développé un tableau permettant de mesurer la compétence de collaboration entre étudiants qui ne sont pas dans la même pièce, selon huit critères. Voici ci-dessous le tableau des mesures présenté par l'auteur :

Tableau 1: Compétence de collaboration entre étudiants qui ne sont pas dans la même pièce (Fine, 2017)

COLLABORATION COMPS and OUTCOMES

the means for defining, building, and measuring skills

competency: collaborate with peers who are not sitting with them on campus	outcomes
	connection: you share ideas and resources with your peers that encourage them to think more deeply
	feedback: you acknowledge feedback from group members by integrating it into your work.
	flexibility: you try different approaches and experiment with new ideas, both your own and those of your collaborators
	interaction: you actively listen to group members, ask thoughtful questions in response to their ideas, and respond to them respectfully.
	openness: you reconsider and revise your own ideas based on the merits of others' ideas and the ideas reflected in the content of the course
	originality: your contributions to the work are original and reflect your own voice
	relevance: you recognize your classmates' ideas by connecting your thinking to the discussion and avoiding off-topic observations
	responsibility: you complete your individual tasks on time in order to support the work of the team

Nous avons décidé de baser notre questionnaire de 6 items sur ces critères car ils reflètent parfaitement la manière dont les individus collaborent et utilisent les idées des uns et des autres pour performer.

Évaluation de la performance de la tâche collaborative de design d'espace

Après avoir complété le pré-questionnaire incluant des questions démographiques et le test de pensée divergente, les participants ont suivi un tutoriel avant de passer à la tâche principale de collaboration pour le design d'espace. L'évaluation de la performance créative de cette tâche s'est effectuée par l'évaluation objective de la performance réelle de la tâche à travers une grille de correction préétablie.

Performance réelle

Pour évaluer la performance réelle de cette tâche, nous avons établi une grille de correction (voir Annexe C) visant à évaluer la performance créative des participants selon trois critères : efficacité, originalité et esthétisme. La conception de cette grille de correction s'appuie sur le cadre théorique proposé par Henriksen, Mishra et Mehta (2015). Ce cadre d'évaluation des produits créatifs repose sur trois dimensions fondamentales : la nouveauté (Novelty), l'efficacité (Effectiveness) et la

globalité (Wholeness), désignées par l'acronyme NEW. Ce modèle offre une approche holistique pour juger de la qualité et de la valeur des produits créatifs. La nouveauté est définie comme le degré d'originalité et d'innovation d'un produit créatif. Elle mesure à quel point le produit se distingue des idées ou solutions existantes. L'efficacité concerne la fonctionnalité et l'utilité du produit créatif. Elle évalue si le produit répond aux objectifs pour lesquels il a été conçu et s'il est pratique dans son utilisation. La globalité englobe la cohérence et l'intégration des différentes composantes du produit créatif. Elle examine comment les éléments individuels se combinent pour former un ensemble harmonieux et cohérent. A la place nous avons intégré les critères d'esthétisme. L'esthétisme est une composante essentielle du design d'espace car il influence non seulement l'attrait visuel, mais aussi l'expérience utilisateur, la cohérence globale du design, et l'impact psychologique sur les utilisateurs.

En intégrant ces dimensions, cette grille permet une évaluation complète et structurée de la performance créative des participants en matière de design d'espace. Ce cadre offre une base solide pour juger de la qualité créative des produits, garantissant une évaluation équilibrée entre innovation, fonctionnalité et cohérence esthétique. L'évaluation des designs de conception d'espace des participants a été réalisée par deux étudiantes en maîtrise d'expérience utilisateur, qui ont scrupuleusement suivi la grille d'évaluation.

Chapitre 5 : Analyse et Résultats

Dans ce chapitre, nous présenterons notre analyse des données. Pour rappel, après les pré-tests et l'approbation du comité d'éthique et de recherche d'HEC Montréal, nous avons recruté des participants à partir d'un panel de plus de 6000 étudiants et anciens étudiants. Parmi ces participants, 60 ont complété l'expérimentation. Finalement, 56 d'entre eux ont été retenus pour l'analyse des données afin de garantir la validité des résultats. Comme expliqué dans le chapitre 4, nous avons exclu un binôme dont l'un des participants ne répondait pas aux critères de participation, malgré la signature du consentement, afin de garantir la validité des résultats. Nous avons ensuite retiré aléatoirement un autre binôme en raison d'un déséquilibre dans les conditions. Ce qui explique que nous avons finalement analysé les données de 56 participants répartis en 28 binômes, soit 14 binômes par condition.

Ce chapitre sur l'analyse des résultats se présentera en trois parties. La première partie décrira les données démographiques pour définir notre échantillon. La deuxième partie sera consacrée à l'analyse de la fiabilité et de la validité des mesures collectées. Enfin, la troisième partie testera les hypothèses formulées dans le chapitre 3. L'ensemble des données qui ont été collecté à travers les questionnaires ont ensuite été retranscrit sur un fichier Excel. Par la suite, elles ont été exportées au format SPSS dans le but d'effectuer des analyses.

Données démographiques

Au total notre échantillon final est composé de 56 participants qui ont participé et complété l'expérimentation, présentant ainsi des données valides pour notre analyse. D'après les données du tableau 2 présenté ci-dessous, notre échantillon était composé à 55,4% de personnes qui s'identifiaient comme hommes et de 44,6% de personnes qui s'identifiaient comme femmes. Parmi ce même échantillon, 60,7% des participants étaient âgés entre 18 et 24 ans, 25% étaient âgés entre 25 et 34 ans, 12,5% étaient âgés entre 35 et 44 ans, et 1,8% étaient âgés entre 45 et 54 ans. Concernant le plus haut niveau d'études atteint ou en cours de complétion par les participants de notre échantillon : 3,6 % ont complété ou se sont arrêtés au cégep, 55,4 % ont complété ou se sont arrêtés aux études du premier cycle, 39,3 % ont complété ou se sont arrêtés aux études du deuxième cycle, et 1,8 % ont complété ou se sont arrêtés à un autre type d'études.

De plus, en ce qui concerne la spécialisation des participants de notre sondage dans leur programme, 14,3 % se spécialisent dans un domaine lié à la technologie de l'information, 8,9 % dans un domaine lié aux ressources humaines, 3,6 % dans un domaine lié à l'économie, 5,4 % dans un domaine lié à l'intelligence d'affaires, 1,8 % dans un domaine lié à la comptabilité, 3,6 % dans un domaine lié aux affaires internationales, 8,9 % dans un domaine lié au marketing, 7,1 % dans un domaine lié à l'expérience utilisateur, et enfin 46,4 % se spécialisent dans d'autres types de domaines.

VALEURS	FREQUENCE (N=56)	POURCENTAGE
GENRE		
Homme	31	55,4%
Femme	25	44,6%
Autre genre	0	0,0%
Ne préfère pas répondre	0	0,0%
AGE		
Entre 18 et 24 ans	34	60,7%
Entre 25 et 34 ans	14	25,0%
Entre 35 et 44 ans	7	12,5%
Entre 45 et 54 ans	1	1,8%
55 ans et plus	0	0,0%
Ne préfère pas répondre	0	0,0%
NIVEAU D'ETUDE		
Cégep	2	3,6%
Premier cycle	31	55,4%
Deuxième cycle	22	39,3%
Troisième cycle	0	0,0%
Autre	1	1,8%
SPECIALISATION		
Finance	0	0,0%

Technologie de l'infor- mation	8	14,3%
Commerce électronique	0	0,0%
Gestion	0	0,0%
Ressources humaines	5	8,9%
Economie	2	3,6%
Intelligence d'affaires	3	5,4%
Comptabilité	1	1,8%
Logistique	0	0,0%
Gestion de projet	0	0,0%
Affaire internationales	2	3,6%
Marketing	5	8,9%
Innovation	0	0,0%
Stratégie	0	0,0%
Expérience utilisateur	4	7,1%
Autre	26	46,4%

Nous avons collecté des données afin d'obtenir une indication sur la fréquence d'utilisation des participants avec les plateformes de design d'intérieur, telles que Ikea Planner, AutoCAD, SketchUp, ou d'autres plateformes similaires. Nous avons également demandé leur niveau de confort avec ces plateformes. Les participants devaient positionner un curseur allant de 1 à 7, où 1 représentait le niveau de confort le plus bas, et 7 le plus haut. Le tableau 3 indique les données suivantes : Parmi les participants de notre échantillon, 5,4 % utilisent des plateformes de design d'intérieur plusieurs fois par semaine, 8,9 % les utilisent quelques fois par an, 48,2 % les ont utilisées quelques fois dans leur vie, et 37,5 % n'ont jamais utilisé de plateformes de design d'intérieur.

Concernant leur niveau de confort avec ces plateformes de design d'intérieur, 42,9 % des participants ont indiqué un niveau de confort de 1 (très bas), 21,4 % un niveau de confort de 2 (bas), 14,3 % un niveau de confort de 3 (assez bas), 12,5 % un niveau de confort de 4 (moyen), 5,4 % un niveau de confort de 5 (assez haut), et 3,6 % un niveau de confort de 6 (haut). On peut donc

constater que la majorité de nos participants n'ont jamais utilisé de plateforme de design d'intérieur et n'ont pas un haut niveau de confort avec ceux-ci.

Tableau 2 : Fréquence d'utilisation et niveau de confort avec les plateformes de design d'intérieur de notre échantillon final

VALEURS	FREQUENCE (N=56)	POURCENTAGE
FREQUENCE D'UTILISATION PLATEFORME DE DESIGN D'INTERIEUR		
Tous les jours	0	0,0%
Plusieurs fois par semaine	3	5,4%
Quelques fois par mois	0	0,0%
Quelques fois par an	5	8,9%
Quelque fois dans ma vie	27	48,2%
Jamais	21	37,5%
CONFORT D'UTILISATION PLATEFORME DE DESIGN D'INTERIEUR (1 étant bas et 7 haut)		
1 (Très bas)	24	42,9%
2 (Bas)	12	21,4%
3 (Assez bas)	8	14,3%
4 (Moyen)	7	12,5%
5 (Assez haut)	3	5,4%
6 (Haut)	2	3,6%
7 (Très haut)	0	0,0%

Nous avons également collecté des données afin de déterminer si les participants de notre échantillon ont déjà utilisé un casque de réalité augmentée, virtuelle ou mixte. Nous avons également évalué leur niveau de confort avec ces casques. Les participants devaient positionner un curseur allant de 1 à 7, où 1 représentait le niveau de confort le plus bas et 7 le plus haut. Le tableau 4 présente les données suivantes :

Parmi les participants de notre échantillon, 64,3 % ont déjà utilisé un casque de réalité augmentée, virtuelle ou mixte, 33,9 % n'en ont jamais utilisé, et 1,8 % ne savent pas.

Concernant leur niveau de confort avec ces casques, 16,1 % des participants ont indiqué un niveau de confort de 1 (très bas), 12,5 % un niveau de confort de 2 (bas), 17,9% un niveau de confort de 3 (assez bas), 12,5 % un niveau de confort de 4 (moyen), 23,2 % un niveau de confort de 5 (assez haut), 7,1 % un niveau de confort de 6 (haut) et 10,7% un niveau de confort de 7 (très haut). On peut donc constater que la majorité de nos participants ont déjà utilisé un casque de réalité augmentée et sont assez à l'aise avec leur utilisation.

Tableau 3 : Utilisation et niveau de confort avec les casques de réalité augmentée, virtuelle ou mixte

VALEURS	FREQUENCE (N=56)	POURCENTAGE
AVEZ-VOUS DÉJÀ UTILISÉ UN CASQUE DE REALITE AUGMENTEE/VIRTUEL/MIXTE		
Oui	36	64,3%
Non	19	33,9%
Ne sait pas	1	1,8%
CONFORT D'UTILISATION CASQUE DE REALITE AUGMENTEE/VIRTUEL/MIXTE (1 étant bas et 7 haut)		
1 (Très bas)	9	16,1%
2 (Bas)	7	12,5%
3 (Assez bas)	10	17,9%
4 (Moyen)	7	12,5%
5 (Assez haut)	13	23,2%
6 (Haut)	4	7,1%
7 (Très haut)	6	10,7%

Propriétés psychométriques des mesures

Avant de pouvoir tester nos hypothèses, il est important de démontrer la qualité des outils de mesure que nous avons utilisé pour évaluer nos concepts psychométriques. Nous voulons ainsi démontrer que nos questionnaires, nos échelles et nos tests nous garantissent qu'ils mesurent bien ce qu'ils sont censés mesurer et de manière fiable. Grâce à cette analyse, nous allons pouvoir démontrer que les différentes questions ou items qui sont censés mesurer le même concept (par exemple les différents items de notre question sur la collaboration perçue) montrent une relation suffisamment forte entre elles pour être considérées comme représentant une seule et même dimension sous-jacente (le facteur "collaboration perçue"). Cela valide que les items mesurent bien le même concept et qu'ils se regroupent logiquement.

Pour pouvoir déterminer la validité de nos mesures, nous avons d'abord réalisé une analyse factorielle exploratoire, ensuite nous avons analysé les alphas de Cronbach pour pouvoir déterminer la fiabilité de nos items à mesurer nos construits.

Analyse factorielle exploratoire

L'analyse factorielle exploratoire, utilisée pour évaluer la validité des construits, a permis d'identifier le nombre de facteurs sous-jacents regroupant un ensemble d'items en fonction des charges factorielles associées à chaque facteur. Les résultats obtenus devraient nous permettre de vérifier la validité convergente et discriminante des construits évalués. La validité convergente se manifeste lorsque des construits théoriquement similaires présentent des corrélations élevées entre leurs items, suggérant un possible chevauchement (Fabrigar & Wegener, 2012). À l'inverse, la validité discriminante se traduit par de faibles corrélations entre les items de deux construits théoriquement distincts, indiquant que leurs items ne tendent pas à se chevaucher lors de l'analyse (Fabrigar & Wegener, 2012).

Dans notre analyse factorielle, seul le questionnaire de collaboration perçue a été inclus, car c'est le seul à comporter plusieurs items. De plus, l'analyse factorielle n'a pas été effectuée pour le questionnaire de personnalité BFI-10, dont la structure factorielle a déjà été validée par Rammstedt et John en 2007.

Cette version abrégée du Big Five, conçue avec seulement 10 items (2 par dimension) au lieu des 44 de la version complète, a été rigoureusement évaluée. Rammstedt et John ont montré que les corrélations partielles-totales entre les scores des échelles BFI-10 et BFI-44 sont élevées (moyenne de 0,83), indiquant une correspondance solide entre les deux versions. De plus, les intercorrélations faibles entre les dimensions (moyenne de 0,11) assurent une bonne validité discriminante. L'analyse factorielle initiale a révélé des charges substantielles pour chaque item sur le facteur attendu (moyenne de 0,64) et des charges secondaires négligeables (moyenne de 0,08), confirmant ainsi la structure en cinq facteurs.

Comme l'indiquent les auteurs, « la structure attendue à cinq facteurs a été trouvée dans chacun de nos quatre échantillons [...] avec des charges substantielles sur le facteur attendu ou convergent » (section 3.3), rendant une nouvelle analyse factorielle superflue.

Étant donné que notre échantillon est relativement limité $n=56$ (manipulation d'objet synchrone $n=28$; manipulation d'objet non synchrone $n=28$) il se peut que certains items ne convergent pas entièrement vers les facteurs théoriques attendus. Afin de minimiser l'impact de ces divergences, nous avons pris la décision d'exclure les items dont la charge factorielle est inférieure à 0,5. Pour interpréter plus finement les résultats, nous nous sommes basés sur le tableau des rotations orthogonales (rotation varimax) obtenu à partir des résultats de l'analyse factorielle dans SAS.

L'analyse factorielle exploratoire réalisée pour évaluer la perception individuelle de la collaboration a révélé un facteur principal expliquant 4,11 de la variance totale. Les charges factorielles indiquent une forte cohérence entre les items, avec des valeurs élevées : Collab_1 (0,83), Collab_2 (0,84), Collab_3 (0,86), Collab_4 (0,82), Collab_5 (0,83) et Collab_6 (0,79). Ces valeurs dépassent toutes le seuil retenu de 0,5, démontrant une bonne représentativité des items pour ce facteur unique. Le tableau 5 ci-dessous en démontrent les résultats.

Les valeurs finales des facteurs communs pour chaque item confirment la contribution substantielle de chacun à ce facteur principal, avec des scores allant de 0,63 (Collab_6) à 0,73 (Collab_3). Ces résultats soutiennent la robustesse du facteur de collaboration, attestant que l'ensemble des items mesure bien une dimension unique de collaboration perçue.

Tableau 4 : Coefficients de saturation par facteur pour la perception individuelle de la collaboration.

Représentation du facteur		
		Factor1
Collab_1	Collab_1	0.82511
Collab_2	Collab_2	0.84255
Collab_3	Collab_3	0.85545
Collab_4	Collab_4	0.81582
Collab_5	Collab_5	0.83437
Collab_6	Collab_6	0.79189
Les valeurs inférieures à 0.4 ne sont pas imprimées.		
Factor1 : Perception individuelle collaboration		

Analyse des alphas de Cronbach

Pour garantir la fiabilité et la validité des mesures employées, une analyse de l’alpha de Cronbach a été réalisée pour le questionnaire de perception individuelle de la collaboration, le seul construit multi-item de l’expérimentation. Cette démarche vise à vérifier la cohérence interne des items composant ce construit, afin de s’assurer que les mesures utilisées soient à la fois valides et fiables. L’alpha de Cronbach a été retenu en raison de sa réputation comme « mesure de fiabilité objective la plus couramment utilisée » (Tavakol & Dennick, 2011).

Un construit est considéré comme fiable lorsque l’alpha de Cronbach se situe entre 0,70 et 0,95 (Tavakol & Dennick, 2011). Une valeur inférieure à 0,70 indiquerait une faible cohérence entre les items, tandis qu’une valeur supérieure à 0,9 suggérerait une redondance excessive. Dans le cas où l’alpha de Cronbach se serait révélé trop faible, nous aurions utilisé l’option « Alpha de Cronbach après suppression d’un item » pour identifier l’item le plus discordant et le retirer, dans le but d’améliorer la cohérence globale du construit.

En examinant les résultats de l'alpha de Cronbach pour le questionnaire de perception individuelle de la collaboration, nous constatons une valeur de 0,91. Cette valeur étant supérieure à 0,7, nous pouvons attester de la fiabilité de ce construit. Toutefois, étant donné que cette valeur dépasse légèrement 0,9, il est possible que certains items présentent une certaine redondance ou répétition dans leur évaluation de la collaboration perçue, ce qui pourrait indiquer une homogénéité élevée parmi les items.

Analyse de corrélation

Dans le cadre de notre analyse, nous avons également réalisé une analyse de corrélation (Pearson) dans le but d'explorer des relations potentielles entre nos variables et d'identifier des tendances et associations préliminaires dans les données. Ainsi nous y avons inclus toutes nos variables y compris deux autres variables de contrôle (niveau de confort avec la plateforme de design et niveau de confort avec le casque de réalité augmentée/virtuelle/mixte). Les résultats se trouvent dans le tableau 6 ci-dessous. Les valeurs en gras représentent les alphas de Cronbach, qui mesurent la cohérence interne des items associés à chaque construit. La mention "NA" indique qu'aucun alpha de Cronbach n'a pu être calculé, car il ne s'agit pas d'un questionnaire à plusieurs items.

L'analyse de corrélation de Pearson est utilisée pour évaluer la force et la direction de la relation linéaire entre deux variables quantitatives. Si la valeur r est positive cela indique une corrélation positive, signifiant que les deux variables augmentent ou diminuent ensemble, tandis qu'une valeur r négative indique une corrélation négative, où l'augmentation d'une variable est associée à la diminution de l'autre. Une valeur r de 0 signifie qu'il n'existe pas de relation linéaire entre les deux variables. La force de cette corrélation peut être interprétée en fonction de la valeur absolue d'une corrélation faible (entre 0 et 0,3), modérée (entre 0,3 et 0,7), ou forte (entre 0,7 et 1).

L'analyse des corrélations révèle que la perception individuelle de collaboration est positivement associée à la performance créative avec une corrélation modérée ($r = 0,346$), indiquant que les participants qui perçoivent une meilleure collaboration tendent à avoir une performance créative accrue. En revanche, cette perception de collaboration ne montre pas de relation significative avec des variables telles que la pensée divergente, la synchronicité ou certains traits de personnalité comme l'agréabilité et l'ouverture, ce qui suggère que la perception de collaboration est relativement indépendante de ces dimensions dans le contexte étudié.

En ce qui concerne la performance créative, une corrélation positive modérée est enregistrée avec le niveau de confort du casque ($r = 0,409$), suggérant qu'un meilleur confort matériel pourrait jouer un rôle favorable dans la performance créative. Le névrosisme, quant à lui, présente des corrélations négatives modérées avec le niveau de confort sur la plateforme de design intérieur ($r = -0,290$) et l'agréabilité ($r = -0,360$). Ces relations suggèrent qu'un niveau élevé de névrosisme est lié à une perception de confort moindre dans l'utilisation de la plateforme et à des scores d'agréabilité plus faibles.

Enfin, certaines relations significatives sont observées entre les traits de personnalité eux-mêmes. Par exemple, l'agréabilité est fortement corrélée avec l'extraversion ($r = 0,724$), tandis que l'ouverture à l'expérience présente une relation positive modérée avec l'extraversion ($r = 0,28$). Ces corrélations sont tout à fait normales étant donné qu'elles évaluent le même facteur « traits de personnalité ».

Il convient toutefois de rappeler que cette analyse de corrélation ne renseigne que sur les relations linéaires et ne démontre en aucun cas une causalité.

Maintenant que nous avons confirmé la cohérence interne des items et vérifié que nos construits sont fiables, nous pouvons procéder aux tests des hypothèses formulées dans le cadre conceptuel de cette recherche.

Tableau 5 : Statistiques descriptives, fiabilités et corrélation des construits mesurés

		Moyenne	Ecart type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Perception individuelle de collaboration (collab)	5,73	0,98	0,907										
2	Performance créative (perf_reelle)	26,34	5,822	0,346**	NA									
3	Pensée divergente	78,13	5,713	-0,123	0,216	NA								
4	Synchronicité	0,5	0,505	-0,138	0,207	0,199	NA							
5	Niveau de confort casque	3,786	1,904	0,046	0,409**	0,141	0,114	NA						
6	Niveau de confort plateforme design intérieur	2,268	1,446	-0,083	0,099	0,178	-0,012	0,193	NA					
7	Agréabilité	3,330	0,964	-0,104	-0,215	0,103	-0,028	0,049	-0,039	0,589				
8	Extraversion	3,018	1,116	0,057	-0,072	-0,131	-0,065	0,122	-0,009	0,189	0,724			
9	Ouverture à l'expérience	3,804	1,043	-0,031	-0,173	-0,155	-0,017	0,157	0,072	0,224	0,280*	0,635		
10	Conscienciosité	3,634	0,806	0,193	-0,164	-0,118	0,1	-0,194	-0,141	0,03	0,058	-0,033	0,326	
11	Névrosisme	2,911	1,156	0,161	-0,00014	0,034	0,156	-0,149	-0,290*	-0,360**	-0,228	-0,041	0,12	0,866

NA : Non applicable car pas questionnaire multi-items.

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Analyse du modèle et des hypothèses

Cette section présente l'analyse des hypothèses, divisée en deux parties. La première partie porte sur les hypothèses H1, H2, H3, H4-a, H4-b, et H5, tandis que la deuxième partie se concentre sur l'hypothèse médiatrice H2-m. Nous avons séparé ces analyses pour prendre en compte l'impact potentiel de la variable médiatrice sur H2. Une p-valeur inférieure à 0,05 indique un support statistique pour l'hypothèse testée ; entre 0,05 et 0,1, l'hypothèse est interprétée comme marginalement soutenue ; au-delà de 0,1, l'hypothèse est non supportée statistiquement.

Test des hypothèses : ANCOVA

Nous avons réalisé des tests t de Welch (ANCOVA) à 1 facteur pour des échantillons indépendants (chaque binôme de participant étant soumis à une condition à chaque fois) pour les hypothèses suivantes : H1 H2, H4-a, b et H5. Nous avons choisi d'utiliser l'ANCOVA plutôt que l'ANOVA en intégrant les variables de contrôle suivantes : confort avec les casques de réalité augmentée et confort avec les plateformes de design intérieur. Cela permet d'isoler l'effet de la synchronie de manipulation sur les performances, tout en tenant compte des différences individuelles liées au confort des participants

Avant chaque test, les conditions de validité nécessaires au test t de Welch ont été vérifiées : taille d'échantillon adéquate pour chaque niveau de synchronicité (n1 pour la manipulation d'objets en mode synchrone, et n2 pour la manipulation en mode non synchrone) et distribution normale des données.

Chaque test d'hypothèse a été effectué en appliquant les mêmes hypothèses sous-jacentes, où l'hypothèse nulle postule l'absence de différence entre les individus appartenant aux binômes des deux conditions :

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Ainsi, l'hypothèse nulle (H0) suppose que les moyennes des deux groupes sont égales, tandis que l'hypothèse alternative (H1) indique une différence significative entre elles. Ici, μ_1 représente la moyenne d'un construit X mesurée dans cette expérience pour la condition A (manipulation d'objet

synchrone) et μ_2 représente la moyenne d'un construit X mesurée pour la condition B (manipulation d'objet non synchrone).

Nous allons présenter maintenant en détail les résultats des tests ANCOVA réalisés pour évaluer l'influence du niveau de synchronicité de la manipulation sur les construits représentant la perception individuelle de la collaboration, la performance créative, ainsi que les variables modératrices, telles que les traits de personnalité et la pensée divergente.

Les résultats pour l'hypothèse 1 (H1), qui postule que la condition de contrôle synchrone améliore significativement la performance réelle, montrent que le modèle global est significatif ($F = 4,18$; $p = 0,0100$). La différence entre les moyennes peut être observée dans le tableau 7 qui montrent que les notes moyennes pour les groupes avec manipulation synchrone ($M = 27,54$, $E-T = 7,18$) sont meilleures que les groupes en manipulation asynchrone ($M = 25,14$, $E-T = 3,81$).

Ainsi au niveau de signification 5%, les résultats sont significatifs. Cela indique que l'ensemble des variables du modèle, incluant la synchronicité et les variables de contrôle, explique de manière significative la variance de la performance réelle, permettant ainsi de rejeter l'hypothèse nulle au niveau du modèle global. L'hypothèse H1 est alors supportée.

Les résultats de l'hypothèse 2 (H2), qui proposent que la condition de contrôle synchrone améliore la perception individuelle de la collaboration par rapport au contrôle asynchrone, ne sont pas significatifs, et ils ne vont pas dans le sens attendu ($F = 0,59$; $\text{Sig} = 0,6261$; $p > 0,05$). Ces résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence significative au niveau de signification 5%, entre les deux niveaux de synchronicité testés. De plus, les résultats montrent que la manipulation d'objet synchrone n'a pas permis d'améliorer la perception de collaboration des participants différemment à la manipulation asynchrone. Par conséquent, cette absence de différence significative suggère que le niveau de synchronicité n'a pas l'impact anticipé sur la perception individuelle de collaboration. L'hypothèse H2 est alors non supportée.

En examinant le tableau 7 ci-dessous, on constate que, bien que la différence entre les deux moyennes soit minime, elle tend à aller dans le sens opposé à celui de l'hypothèse initiale. En effet, la moyenne de la perception individuelle de la collaboration est légèrement inférieure pour la condition A (5,61) par rapport à la condition B (5,84).

Tableau 6 : Moyennes des construits selon la condition de synchronicité

Construit	Toutes conditions		Condition Synchronie*		Condition Asynchrone**	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Perception individuelle de la collaboration (collab_percue)	5,73	1	5,61	1,22	5,84	0,73
Performance créative (Perf_reelle)	26,34	5,82	27,54	7,18	25,14	3,81

* : Condition Synchronie = Manipulation d'objet synchrone ; N=28

** : Condition Asynchrone = Manipulation d'objet asynchrone ; N=28

Test des variables modératrices : ANCOVA

Nous avons également utilisé des ANCOVA pour tester l'interaction de nos variables modératrices (traits de personnalité et pensée divergente) entre la synchronicité et la perception individuelle de collaboration.

Les résultats pour l'hypothèse 4-a (H4-a), qui propose que le trait de personnalité d'extraversion modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration, indiquent que l'interaction entre l'extraversion et la synchronicité n'est pas significative ($F = 0,24$; $p = 0,6272$). Cela suggère qu'au niveau de signification 5%, le niveau d'extraversion des individus n'a pas d'influence modératrice sur l'effet de la manipulation synchrone des casques de réalité augmentée sur la perception de la collaboration. Autrement dit, que les participants aient un score élevé ou faible d'extraversion, le niveau de synchronicité n'impacte pas leur perception de la collaboration de manière significative. Ces résultats, résumés, ne soutiennent donc pas l'hypothèse selon laquelle l'extraversion agirait comme modérateur dans cette relation. L'hypothèse H4-a n'est donc pas supportée.

Les résultats pour l'hypothèse 4-b (H4-b), qui propose que le trait de personnalité de névrosisme modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration, montrent que l'interaction entre le névrosisme et la synchronicité n'est pas significative ($F = 0,14$; $p = 0,7093$). Cela indique qu'au niveau de signification 5%, le niveau de névrosisme des participants n'a pas d'effet modérateur sur l'impact de la manipulation synchrone des casques de réalité augmentée sur la perception de la collaboration. En d'autres termes, que les participants aient un score élevé ou faible de névrosisme, le niveau de synchronicité n'influence pas de manière significative

leur perception de la collaboration. Ces résultats ne soutiennent donc pas l'hypothèse selon laquelle le névrosisme modérerait cette relation. H4-b n'est donc pas supportée.

Les résultats pour l'hypothèse 5 (H5), qui postule que la capacité individuelle de pensée créative modère la relation entre la synchronicité et la perception individuelle de la collaboration, montrent que l'interaction entre la fluidité de la pensée créative et la synchronicité n'est pas significative ($F = 0,81$; $p = 0,3737$). Cela suggère qu'au niveau de signification 5% la capacité individuelle de pensée créative des participants n'a pas d'effet modérateur sur l'impact de la manipulation synchrone des casques de réalité augmentée sur la perception de la collaboration. En d'autres termes, que les participants aient une capacité élevée ou faible en termes de pensée créative, le niveau de synchronicité n'a pas d'influence significative sur leur perception de la collaboration. Ces résultats ne soutiennent donc pas l'hypothèse H5.

Pour terminer, il est important de souligner l'effet des variables de contrôle. À travers les différentes hypothèses testées, on observe que la variable « niveau de confort avec le casque » a une influence significative sur la performance réelle ($F = 9,11$; $\text{Sig} = 0,0039$; $p < 0,05$), indiquant que le confort des participants avec les casques de réalité augmentée affecte leur performance indépendamment de la synchronicité. En revanche, la variable « niveau de confort avec les plateformes de design » ne présente aucun effet significatif sur les construits mesurés dans ce modèle (par exemple, $F = 0,04$; $p = 0,8334$ pour la performance réelle). Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les variables de contrôle dans l'analyse, car certaines peuvent influencer les résultats au-delà des hypothèses principales du modèle de recherche.

Test des hypothèses : Régression linéaire multiple

Nous avons opté pour une régression linéaire multiple seulement pour tester l'hypothèse H3, car elle examine la relation entre deux variables continue : la perception individuelle de la collaboration et la performance créative. Contrairement aux autres hypothèses, qui impliquent la variable de synchronicité (catégorielle), la régression linéaire est plus appropriée pour modéliser l'effet direct d'une perception positive de la collaboration sur l'amélioration de la performance créative dans un cadre continu, permettant une analyse plus précise de cette relation. Nous avons également intégré les variables de contrôle confort du casque et confort avec les plateformes de DI dans cette analyse.

Les résultats pour l'hypothèse 3 (H3), qui propose qu'une perception positive de la collaboration en équipe améliore la performance créative, tout en prenant en compte le niveau de confort (casque et plateforme DI) comme variables de contrôle, montrent que le modèle global est significatif ($F = 2,84$; $p = 0,0467$). Cela signifie que l'ensemble des variables du modèle explique une part significative de la variance de la perception de la collaboration, avec un R^2 de 0,1408 (soit environ 14 % de la variance totale expliquée).

En examinant les effets individuels, la perception individuelle de la collaboration est significative ($t = 2,80$; $p = 0,0071$), ce qui indique qu'au niveau de signification 5%, une perception positive de la collaboration est bien associée à une amélioration de la performance créative. En revanche, les variables de contrôle, à savoir le niveau de confort avec le casque ($t = -0,67$; $p = 0,5076$) et le niveau de confort avec les plateformes de design ($t = -0,79$; $p = 0,4326$), ne montrent pas d'effet significatif.

Ainsi, les résultats soutiennent l'hypothèse H3, indiquant que la perception de la collaboration influence positivement la performance créative, indépendamment du niveau de confort des participants.

Après avoir réalisé nos tests d'hypothèses, le tableau 8 ci-dessous présente un résumé des résultats des tests ainsi que les décisions prises pour chaque hypothèse.

Tableau 7: Récapitulatif des résultats des tests statistiques

Hypothèse	Valeur de F	Valeur P	Décision
H1	4,18	0,01	Hypothèse supportée
H2	0,59	0,63	Hypothèse non supportée
H3	2,84	0,05	Hypothèse supportée
H4-a	0,24	0,63	Hypothèse non supportée
H4-b	0,15	0,71	Hypothèse non supportée
H5	0,81	0,37	Hypothèse non supportée

Test des hypothèses : médiation

Après le test des hypothèses H1 à H5, nous abordons l'analyse de l'hypothèse de médiation, visant à vérifier si la perception individuelle de collaboration joue un rôle médiateur dans l'impact du niveau de synchronicité sur la performance créative. Pour cela, nous avons utilisé la macro PROCESS de Hayes (2017), qui permet une analyse simplifiée et directe, intégrant les étapes de Baron et Kenny (1986).

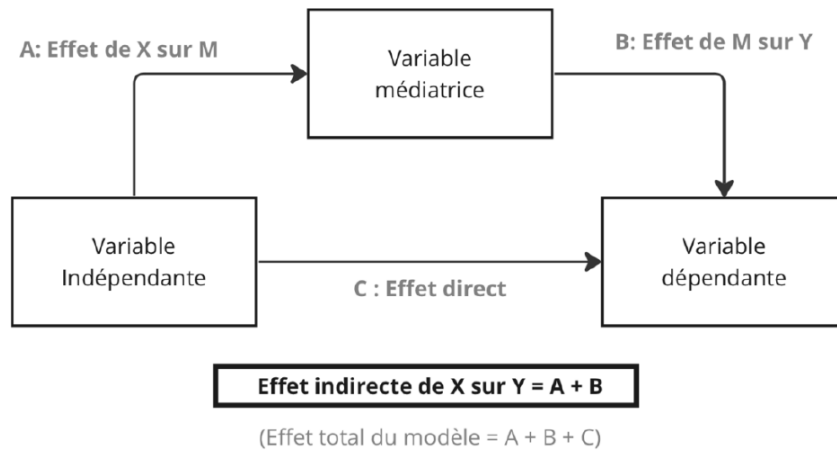
Grâce à cette méthode, le test des hypothèses de médiation réalisé via PROCESS permet de vérifier si le construit mesuré joue un rôle de médiation entre la variable indépendante et la variable dépendante. Les variables impliquées dans cette analyse sont :

- La variable indépendante (X) : condition de synchronicité
- La variable dépendante (Y) : performance créative de la tâche
- La variable médiatrice (M) : collaboration perçue ;
- Les variables de contrôle : niveau de confort avec le casque de réalité augmentée et les plateformes de DI.

L'analyse PROCESS examine d'abord la relation entre la variable indépendante (X) et la variable médiatrice (M) (comme pour H2), puis explore l'influence de M sur Y, pour mesurer les effets direct et total du modèle (déjà étudiés dans H3). L'effet indirect est ensuite évalué afin de confirmer ou non l'existence d'une médiation.

Le macro PROCESS fournit les éléments essentiels pour cette évaluation : l'effet, l'erreur standard, ainsi que les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance (Hayes, 2017). En analysant ces informations, nous pouvons déterminer si une médiation est présente. Si l'intervalle de confiance à 95 % inclut la valeur 0, cela indique l'absence d'effet médiateur. À l'inverse, si 0 n'est pas inclus, cela signifie que la médiation est significative.

Figure 7 : Modélisation de l'analyse de la macro PROCESS (Hayes, 2017)



Il convient de préciser, comme pour l'analyse des hypothèses précédentes, que des variables de contrôle (niveau de confort avec casque et plateformes de DI) ont été intégrées pour neutraliser leur influence dans l'évaluation des hypothèses de médiation. Nous pourrions ainsi déterminer si la perception individuelle de collaboration exerce un effet de médiation entre la condition de synchronicité (variable indépendante) et la performance de la tâche (variable dépendante).

L'hypothèse H1-m, testant le rôle médiateur de la collaboration perçue, n'est pas soutenu (Effet indirect : Est. = -0,626, SE = 0,595, IC 95 % [-1,80 ; 0,55]). Cependant, l'analyse révèle un effet direct marginalement significatif de la synchronicité sur la performance réelle (Est. = 2,518, SE = 1,304, IC 95 % [-0,04 ; 5,08]), alors que cet effet n'était pas significatif dans l'analyse ANCOVA, ce qui suggère que le modèle de médiation pourrait capturer des variations additionnelles.

De plus, la collaboration perçue montre un effet direct significatif sur la performance réelle (Est. = 2,173, SE = 0,672, $p = 0,0012$), indiquant que, même sans médiation, une meilleure perception de la collaboration contribue directement à améliorer les des représentations. Ces résultats confirment l'hypothèse H3, selon laquelle une perception positive de la collaboration a un impact significatif et direct sur la performance réelle.

Grâce à différentes analyses, notamment l'ANCOVA, la régression linéaire et le modèle de médiation avec PROCESS, nous avons pu tester nos hypothèses et en évaluer la validité. Deux

hypothèses ont été soutenues, tandis que plusieurs autres n'ont pas trouvé de support empirique. Les raisons résultant de ces résultats seront explorées en détail dans le chapitre suivant.

Chapitre 6 : Discussion

L'objectif principal de cette recherche était d'explorer l'impact de la synchronisation des manipulations en réalité augmentée sur la perception individuelle de la collaboration ainsi que sur la performance créative des participants. Notre étude visait également à déterminer dans quelle mesure la personnalité et les capacités créatives individuelles pouvaient modérer cet effet, et si la perception de collaboration pouvait agir comme médiateur entre le niveau de synchronisation et la performance créative.

Pour répondre à ces objectifs, une expérimentation en laboratoire a été réalisée avec un total de 56 participants, répartis en 28 binômes assignés soit à une manipulation synchrone, soit à une manipulation asynchrone. Les données collectées à partir des questionnaires auto-administrés et de l'évaluation de la performance créative ont permis de tester les hypothèses développées dans le modèle de recherche. Dans ce chapitre, nous allons commencer par rappeler notre question de recherche et les principales hypothèses. Ensuite, nous allons examiner les résultats pour chaque hypothèse et les interpréter à la lumière des théories existantes et des travaux antérieurs. Nous concluons par une discussion sur les contributions théoriques, pratiques, et méthodologiques de cette recherche, ainsi que sur les limites et les perspectives pour des recherches futures.

Rappel de la question de recherche

La première question de recherche abordée dans cette étude est la suivante :

QR 1 : Dans quelle mesure la condition de contrôle synchrone par rapport à une condition de contrôle asynchrone influence-t-elle la perception de la collaboration et la performance créative dans un contexte de travail en équipe à distance avec des casques de réalité augmentée ?

Pour répondre à cette question, un cadre conceptuel a été élaboré, intégrant la théorie de la richesse des médias et des concepts clés de la collaboration et de la performance créative. Les résultats pour chaque hypothèse sont présentés ci-dessous.

Notre première hypothèse proposait que la condition de contrôle synchrone améliorerait significativement la performance créative des binômes comparativement à une condition de contrôle asynchrone. Les résultats obtenus montrent que cette hypothèse est supportée, indiquant que la condition de synchronicité favorise une meilleure performance créative. Ces résultats confirment les effets positifs de la synchronisation sur la collaboration en temps réel, permettant aux participants d'intégrer plus facilement les idées et de travailler de manière plus interactive, ce qui est en accord avec la théorie de la richesse des médias (Daft & Lengel, 1986).

Cependant, bien que la manipulation synchrone ait amélioré la performance créative, l'écart avec la manipulation asynchrone reste modéré, suggérant que d'autres facteurs peuvent jouer un rôle dans l'efficacité créative, tels que le confort avec les casques de réalité augmentée ou les niveaux de personnalité des participants.

L'hypothèse 2 postulait que la condition de contrôle synchrone améliorerait la perception individuelle de la collaboration par rapport à une condition de contrôle asynchrone. Toutefois, les résultats n'ont pas soutenu cette hypothèse : aucune différence significative n'a été observée entre les conditions de synchronicité en termes de perception de la collaboration. Bien que cela aille à l'encontre de la littérature suggérant que la synchronisation améliore la qualité de la collaboration perçue, plusieurs éléments peuvent expliquer ces résultats. Notamment, nous avons un petit échantillon ce qui pourrait en partie expliquer les résultats.

Notre troisième hypothèse prévoyait qu'une perception positive de la collaboration augmenterait la performance créative. Cette hypothèse a été supportée : les résultats montrent que les participants ayant une perception de collaboration plus positive ont en effet obtenu des performances créatives plus élevées. Ces résultats concordent avec les travaux de Kanter (1994) et d'Amabile (1996), qui ont mis en évidence l'importance d'une collaboration de qualité, reposant sur des interactions efficaces et une intégration réussie des idées, pour obtenir des résultats créatifs en équipe.

La deuxième et la troisième questions de recherche abordées dans cette étude sont les suivantes :

QR 2 : Dans quelle mesure la personnalité des individus modère-t-elle la relation entre synchronicité du contrôle et perception individuelle de la collaboration ?

QR 3 : Dans quelle mesure la capacité individuelle créative modère-t-elle la relation entre synchronicité du contrôle et perception individuelle de la collaboration ?

Pour répondre à ces questions, un cadre conceptuel a été élaboré, intégrant l'analyse de personnalité du Big Five, le test de pensée divergente, ainsi que des concepts clés de la collaboration et de la performance créative. Les résultats pour chaque hypothèse sont présentés ci-dessous.

Les hypothèses H4a-b et H5 proposaient que les traits de personnalité (extraversion et névrosisme) et la pensée divergente joueraient un rôle de modération entre la synchronisation des manipulations et la perception de collaboration. Cependant, aucune de ces hypothèses n'a été supportée. Les analyses montrent que les scores d'extraversion, de névrosisme et de pensée divergente des participants n'ont pas modifié l'effet de la synchronisation sur la perception de collaboration. Ces résultats peuvent également s'expliquer par le fait qu'une version courte du big five a été utilisée au lieu de la version longue, ainsi l'analyse des traits de la personnalité fut moins précise, nous en parlerons plus en détails dans les limites.

Enfin, l'hypothèse de médiation H1-m, testant le rôle de la perception de collaboration comme médiateur entre la synchronisation des manipulations et la performance créative, n'a pas été confirmée. Les résultats suggèrent que la perception de collaboration n'a pas eu d'effet significatif en tant que médiateur dans cette relation, bien que la perception de collaboration ait un effet direct positif sur la performance créative.

Contributions

Théorique

Les résultats de cette étude enrichissent les théories existantes sur la collaboration virtuelle, la synchronisation des manipulations en réalité augmentée et les dynamiques de performance créative.

Bien que la théorie de la richesse des médias (Daft & Lengel, 1986) suggère qu'une communication plus riche et synchronisée améliorerait la collaboration et la performance, notre recherche nuance cette hypothèse en montrant que la synchronisation ne se traduit pas systématiquement par une perception accrue de la collaboration. La performance créative a certes bénéficié de la manipulation synchrone, mais l'effet attendu sur la perception de la collaboration a été moins marqué.

Ces résultats invitent à réexaminer les concepts de synchronicité et de richesse des médias dans les environnements de réalité augmentée, qui se distinguent des interactions classiques étudiées dans les recherches antérieures. En effet, la réalité augmentée pourrait nécessiter des adaptations théoriques, car les outils immersifs modifient non seulement les modalités de communication mais aussi la perception spatiale et l'engagement interactif des participants. Cette recherche propose ainsi que le niveau de synchronisation dans un environnement de réalité augmentée pourrait avoir des effets distincts en fonction de la nature des tâches par exemple, ou même du degré d'immersion et du contrôle des interactions.

Par ailleurs, cette étude contribue à une meilleure compréhension du rôle des traits de personnalité dans les environnements virtuels synchrones. Contrairement aux attentes théoriques, les traits de personnalité tels que l'extraversion et le névrosisme, généralement influents dans la collaboration d'équipe, n'ont pas significativement modulé les effets de la synchronisation sur la perception de la collaboration. Cela suggère que les environnements immersifs synchrones, comme ceux utilisant des casques de réalité augmentée, peuvent réduire l'impact de certains traits de personnalité en renforçant le caractère interactif et stimulant du média utilisé. Ce résultat ouvre de nouvelles perspectives théoriques pour le développement de modèles de collaboration virtuelle où les effets des différences individuelles sont modérés par la nature immersive de la technologie.

Recherches

Cette recherche complète et étend le corpus littéraire sur les effets de la réalité augmentée dans les contextes collaboratifs. Elle confirme partiellement les effets bénéfiques de la réalité augmentée sur la performance créative, en soulignant les spécificités d'une tâche de design réalisée dans un environnement 3D synchronisé. Elle met également en avant des résultats moins attendus

concernant les effets de la synchronisation sur la perception de la collaboration. Cette absence de différence significative entre les manipulations synchrones et asynchrones remet en question certaines conclusions antérieures et incite à explorer davantage les conditions spécifiques dans lesquelles la synchronisation a un impact mesurable.

Notre étude introduit également une exploration des effets des capacités de pensée divergente sur la performance et la perception de la collaboration. Les résultats obtenus ne confirment pas le rôle de la pensée divergente comme modérateur, mais ils montrent que la complexité des tâches en réalité augmentée pourrait neutraliser les différences de créativité entre individus. Ce résultat souligne l'importance de développer des recherches futures en tenant compte des dimensions cognitives et des capacités individuelles dans les environnements immersifs.

Enfin, cette recherche propose des avancées méthodologiques en utilisant une évaluation rigoureuse de la performance créative et de la collaboration perçue à travers des tests d'hypothèses et des modèles de médiation. Elle contribue à un corpus de méthodologies pour l'étude des environnements virtuels, en validant l'emploi de processus tels que la macro PROCESS pour tester les relations complexes entre les variables de synchronisation, de perception et de performance.

Pratiques

Les conclusions issues de cette recherche fournissent des recommandations concrètes pour les entreprises et les organisations souhaitant intégrer la réalité augmentée dans leurs pratiques collaboratives et de conception. La manipulation synchrone d'objets en réalité augmentée a démontré un impact positif sur la performance créative, suggérant que les tâches de conception et de création en équipe pourraient bénéficier d'une telle technologie. Toutefois, l'impact limité de cette synchronisation sur la perception de collaboration indique que les organisations ne doivent pas s'attendre à une amélioration instantanée de la dynamique de groupe ou de la communication simplement par l'utilisation de casques de réalité augmentée.

Les entreprises pourraient aussi envisager des approches hybrides où la réalité augmentée est employée pour des tâches spécifiques nécessitant une forte composante visuelle et créative, tandis que

d'autres tâches de coordination et de prise de décision pourraient être mieux adaptées à des outils plus traditionnels, voire à des interactions en face-à-face. Les résultats de cette étude encouragent ainsi les gestionnaires à planifier des sessions de formation et de familiarisation avec la réalité augmentée pour leurs équipes, car le confort d'utilisation a montré une influence significative sur la performance créative.

De plus, la capacité limitée des traits de personnalité et de la créativité individuelle à moduler la perception de collaboration dans des environnements de réalité augmentée souligne l'intérêt de cette technologie pour des équipes hétérogènes. Les casques de réalité augmentée permettent de réduire les écarts liés aux traits de personnalité, rendant les interactions plus neutres et orientées vers les tâches. Les entreprises peuvent donc envisager l'intégration de la réalité augmentée dans des équipes où les différences interpersonnelles pourraient constituer un frein potentiel au travail collaboratif.

En somme, cette étude invite les décideurs à adopter une vision nuancée de la réalité augmentée : bien que prometteuse pour certaines formes de travail créatif, son succès repose sur une utilisation adaptée aux besoins spécifiques de chaque équipe et sur un accompagnement qui facilite l'appropriation de la technologie.

Limitations

À la lumière des résultats observés et des conclusions que nous avons pu en tirer, nous présentons ici les limitations qui ont potentiellement affecté notre étude et les pistes d'amélioration pour les recherches futures.

Premièrement, la taille de l'échantillon, relativement restreinte, est une limitation importante. Notre échantillon était constitué de 56 participants, ce qui pourrait être insuffisant pour démontrer de manière significative l'effet du niveau de synchronicité administré sur les construits mesurés, notamment au niveau des perceptions individuelles et des performances d'équipe. Un échantillon plus grand aurait offert une puissance statistique accrue, augmentant la précision des estimations et la possibilité de détecter des effets plus subtils.

Deuxièmement, il a été observé que le niveau de confort avec les plateformes de design d'intérieur était relativement faible dans notre échantillon, 42,9 % des participants ayant attribué un niveau de confort de 1 (très bas). Cela pourrait poser des difficultés d'utilisation indépendamment de la condition de synchronicité. Un échantillon composé de participants ayant de l'expérience avec les plateformes de design pourrait aider à minimiser les biais liés à ce facteur.

Troisièmement certains des bugs techniques ont perturbé les expériences, ce qui a pu avoir un impact direct sur les performances des participants et sur leur perception de la collaboration. La manipulation synchrone des objets en réalité augmentée nécessitait une précision technique élevée pour assurer un bon alignement des interactions, mais des retards ou des interruptions techniques ont parfois interféré avec la fluidité de la collaboration. Ces anomalies ont pu altérer l'expérience des participants et, par conséquent, affecter les réponses aux questionnaires de perception de collaboration. Toutefois, nous avons pris en compte les bugs techniques dans l'évaluation de la tâche finale en termes de performance créative.

Quatrièmement, notre étude a été conduite au niveau individuel, bien que la variable dépendante principale (perception de performance en collaboration) ait été mesurée au niveau de l'équipe. En traitant les données exclusivement au niveau individuel, nous avons potentiellement négligé les interactions et les dynamiques de groupe qui auraient pu influencer les perceptions de performance collective. Une analyse multi-niveaux, tenant compte des différences entre les équipes ainsi que de la variance partagée au sein de chaque groupe, aurait permis une interprétation plus riche et une compréhension plus nuancée des effets de la manipulation synchronisée versus asynchronisée sur les performances perçues et effectives. Dans notre contexte, une telle approche aurait aussi permis de prendre en compte les effets spécifiques d'équipe, rendant nos conclusions plus généralisables aux environnements de travail collaboratif en conditions réelles.

Cinquièmement, l'outil utilisé pour mesurer la personnalité des participants, le Big Five, représente également une limitation car nous avons utilisé une version courte. Le Big Five est l'un des modèles les plus robustes pour évaluer les traits de personnalité, mais une version abrégée et traduite peut manquer de sensibilité et de précision pour capturer pleinement les variations subtiles de la personnalité. Cette limitation pourrait réduire la fiabilité des scores obtenus, impactant ainsi notre analyse de la personnalité en relation avec la perception de collaboration et de performance. Une version complète, non traduite ou validée dans le contexte de cette étude, aurait permis des résultats

plus complets et plus fins, offrant une meilleure interprétation de l'influence des traits de personnalité dans les conditions expérimentales.

Sixièmement, bien que nous ayons exploré l'effet de la synchronisation (synchrone vs asynchrone), nous avons fait le choix de ne pas différencier les rôles au sein du groupe asynchrone (par exemple, celui de la personne qui contrôle les manipulations par rapport à celle qui observe uniquement). Cette distinction aurait été utile pour comprendre les effets des différents degrés d'interaction avec la technologie dans un contexte asynchrone. En négligeant cette différenciation, notre analyse risque de masquer certaines variations significatives dans l'expérience vécue par les participants. Dans un contexte professionnel, ces différences de rôles peuvent jouer un rôle clé dans la perception de la performance et de la contribution individuelle, et donc dans les conclusions tirées de l'efficacité des écrans interactifs en conditions de collaboration à distance.

Ces limitations fournissent des pistes pour des améliorations futures, notamment en augmentant la taille de l'échantillon, en incluant une analyse multi-niveaux et en développant des analyses plus poussées tenant compte des rôles individuels dans les groupes asynchrones. Par ailleurs, des études futures pourraient envisager d'intégrer des outils de mesure de personnalité plus complets et culturellement adaptés pour une analyse plus robuste des traits psychologiques en lien avec la performance collaborative.

Futures recherches

Pour conclure ce chapitre, nous souhaitons proposer plusieurs pistes de recherches futures qui pourraient compléter ou approfondir les résultats de cette étude sur la collaboration dans un contexte de travail synchrone et asynchrone, ainsi que l'influence des traits de personnalité dans un cadre collaboratif.

Une première piste de recherche consisterait à mener une étude sur le terrain qui évalue l'utilisation des dispositifs collaboratifs synchrones et asynchrones dans des environnements de travail réels, comme dans des entreprises ou des équipes de projets professionnels. Cette étude permettrait d'observer comment les professionnels utilisent ces outils dans leur pratique quotidienne, et d'identifier les défis qu'ils rencontrent, notamment en ce qui concerne la synchronisation des contributions et la gestion des différents rôles au sein des équipes.

Une deuxième piste de recherche serait de reprendre le cadre de cette étude, mais en augmentant la taille des équipes à 3 ou 4 participants. Dans notre expérimentation, les équipes se composaient de deux participants, ce qui facilite la prise de décision et l'alignement des contributions. Cependant, des équipes plus nombreuses pourraient offrir des perspectives sur les enjeux d'équité de participation, la répartition des rôles, et les défis liés à l'accès aux outils collaboratifs en temps réel, complexifiant ainsi la dynamique de groupe.

Une autre piste de recherche serait d'approfondir l'influence de la synchronicité et de l'asynchronicité sur la collaboration en comparant des processus de communication de transmission et de communication convergente, comme décrits dans la théorie de la synchronicité des médias (Dennis et al., 1999). Une telle étude pourrait permettre d'identifier les types de tâches collaboratives pour lesquelles une communication synchrone est plus efficace et les moments où un mode asynchrone est préférable, offrant des indications pratiques pour optimiser les outils collaboratifs.

Ces recherches futures contribueraient à une meilleure compréhension des interactions entre la synchronisation, les outils technologiques, et la dynamique de groupe, et ouvriraient des perspectives nouvelles pour améliorer l'efficacité des équipes collaboratives dans des environnements de travail variés.

Chapitre 7 : Conclusion

Ce mémoire a exploré les effets de la manipulation synchrone et asynchrone d'objets en réalité augmentée sur la collaboration et la performance dans des tâches de conception créative à distance, tout en prenant en compte les traits de personnalité et les différences individuelles en termes de pensée créative. Nos résultats montrent que la manipulation synchrone a effectivement amélioré la performance créative des binômes, un constat qui confirme l'hypothèse initiale d'un impact positif de la synchronicité sur la créativité collaborative. En situation synchrone, la possibilité pour les participants d'interagir en temps réel a permis un échange d'idées plus dynamique et une co-création plus fluide, contribuant à une meilleure performance créative.

Cependant, cette même condition synchrone n'a pas influencé de manière significative la perception individuelle de la collaboration, ni les perceptions individuelles de collaboration en équipe. Ces résultats peuvent s'expliquer par des défis de coordination qui sont apparus lors des interactions synchrones, suggérant qu'une trop grande simultanéité dans les manipulations peut parfois compliquer la fluidité de la collaboration.

Les analyses ont également montré que les traits de personnalité et la pensée créative n'ont pas modéré l'effet de la synchronicité sur la perception de la collaboration. Ces facteurs n'ont donc pas influencé significativement la manière dont la synchronicité a été perçue, mais ont pu jouer un rôle dans la facilité d'adaptation des participants aux technologies de réalité augmentée.

En conclusion, cette étude révèle le potentiel des technologies de réalité augmentée pour améliorer la créativité dans des collaborations à distance, surtout dans des tâches de co-création. Toutefois, elle souligne également que le succès de ces technologies repose sur une configuration optimale et une compréhension des différences individuelles. La réalité augmentée reste une technologie prometteuse pour recréer une certaine proximité dans les échanges virtuels, mais son potentiel doit être exploité avec précaution pour répondre aux divers défis de la collaboration à distance.

Bibliographie

- Acar, S., & Runco, M. A. (2014). Assessing Associative Distance Among Ideas Elicited by Tests of Divergent Thinking. *Creativity Research Journal*, 26(2), 229–238. <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.901095>
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: update to The social psychology of creativity*. Westview Press.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Baer, M., Oldham, G. R., Jacobsohn, G. C., & Hollingshead, A. B. (2008). The Personality Composition of Teams and Creativity: The Moderating Role of Team Creative Confidence. *The Journal of Creative Behavior*, 42(4), 255–282. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2008.tb01299.x>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Barrick, M. R., & Mount, M. K. (1991). The Big Five personality dimensions and job performance: A meta-analysis. *Personnel Psychology*, 44(1), 1–26. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1991.tb00688.x>
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Converse, S. (1993). Shared mental models in expert team decision making. In *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 221–246). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Chun Hun Chan, T. A., Man-Bo Ho, J., & Tom, M. (2023). *Miro : Promouvoir la collaboration grâce à l'interaction sur tableau blanc en ligne*. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/00336882231165061>

- Costa Jr., P. T., & McCrae, R. R. (2008). The Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R). In *The SAGE handbook of personality theory and assessment, Vol 2: Personality measurement and testing* (pp. 179–198). Sage Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781849200479.n9>
- Daft, R. L., & Lengel, R. H. (1986). Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design. *Management Science*, 32(5), 554–571. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.5.554>
- Dennis, A., & Valacich, J. (1999). *Rethinking Media Richness: Towards a Theory of Media Synchronicity* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1109/HICSS.1999.772701>
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586–596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>
- Fabrigar, L., & Wegener, D. (2012). *Exploratory Factor Analysis*. <https://doi.org/10.1093/ac-prof:osobl/9780199734177.001.0001>
- Fine, S. (2017). *Collaboration as Competency: How to Empower Students to Work Together*. GOA. <https://globalonlineacademy.org/insights/articles/collaboration-as-competency-how-to-empower-students-to-work-together>
- Giunta, L., O'Hare, J., Gopsill, J., & Dekoninck, E. (2018). A Review of Augmented Reality Research for Design Practice: Looking to the Future. *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018, Linköping, Sweden, 14th - 17th August 2018*. NordDesign 2018. <https://www.designsociety.org/publication/40967/A+Review+of+Augmented+Reality+Research+for+Design+Practice%3A+Looking+to+the+Future>
- Goldberg, L. R. (1990). An alternative “description of personality”: The Big-Five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6), 1216–1229. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.59.6.1216>
- Gong, Y., Kim, T.-Y., Lee, D.-R., & Zhu, J. (2013). A Multilevel Model of Team Goal Orientation, Information Exchange, and Creativity. *Academy of Management Journal*, 56(3), 827–851. <https://doi.org/10.5465/amj.2011.0177>
- Gressgård, L. J. (2012). Text-Based Collaborative Work and Innovation: Effects of Communication Media Affordances on Divergent and Convergent Thinking in Group-Based Problem-Solving. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 7, 151–176. <https://www.informingscience.org/Publications/1713?Type=JournalArticles&JournalID=9>

- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454.
<https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Guilford, J. P. 1897-(Joy P., & Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of intelligence* /.
<https://eduq.info/xmlui/handle/11515/11753>
- Hayes, A. F. (2017). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*. Guilford Press.
- Heller, J., Chylinski, M., de Ruyter, K., Mahr, D., & Keeling, D. I. (2019). Let Me Imagine That for You: Transforming the Retail Frontline Through Augmenting Customer Mental Imagery Ability. *Journal of Retailing*, 95(2), 94–114. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2019.03.005>
- Henriksen, D., Mishra, P., & Mehta, R. (2015). Novel, Effective, Whole: Toward a NEW Framework for Evaluations of Creative Products. *Journal of Technology and Teacher Education*, 23, 455–748.
- Jarvenpaa, S., & Leidner, D. (1998). Communication and Trust in Global Virtual Teams. *J. Computer-Mediated Communication*, 3. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1998.tb00080.x>
- Jessen, A., Hilken, T., Chylinski, M., Mahr, D., Heller, J., Keeling, D. I., & de Ruyter, K. (2020). The playground effect: How augmented reality drives creative customer engagement. *Journal of Business Research*, 116, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.002>
- Kanter, R. M. (1994, July 1). Collaborative Advantage: The Art of Alliances. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1994/07/collaborative-advantage-the-art-of-alliances>
- Leboutet, L. (1970). La créativité. *L'Année psychologique*, 70(2), 579–625.
<https://doi.org/10.3406/psy.1970.27914>
- LePine, J. A., & Van Dyne, L. (2001). Voice and cooperative behavior as contrasting forms of contextual performance: Evidence of differential relationships with Big Five personality characteristics and cognitive ability. *Journal of Applied Psychology*, 86(2), 326–336.
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.2.326>
- Levi, D. (2001). *Group dynamics for teams*. Sage Publications, Inc.

- Liu, Q., Cameron A.F., & De Guinea Lopez de Arana, A. O (2023). 3D Design Tasks on Interactive Whiteboards: Impacts of Synchronous Manipulation and Individual Spatial Ability. *biblos.hec.ca*
- Macht, G. A., Nembhard, D. A., Kim, J. H., & Rothrock, L. (2014). Structural models of extraversion, communication, and team performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.10.007>
- Marks, P. (2020). Virtual collaboration in the age of the coronavirus. *Communications of the ACM*, 63(9), 21–23. <https://doi.org/10.1145/3409803>
- Martins, L. L., Gilson, L. L., & Maynard, M. T. (2004). Virtual Teams: What Do We Know and Where Do We Go From Here? *Journal of Management*, 30(6), 805–835. <https://doi.org/10.1016/j.jm.2004.05.002>
- McCrae, R. R. (1987). Creativity, divergent thinking, and openness to experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(6), 1258–1265. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.6.1258>
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69(3), 220–232. <https://doi.org/10.1037/h0048850>
- Melendez, S. (2024, March 19). Meet the latest canvas for medical AR imaging: you. Fast Company. <https://www.fastcompany.com/91033815/medivis-most-innovative-companies-2024>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Neale, M. A., & Griffith, T. (2000). *Information Processing in Traditional, Hybrid, and Virtual Teams: From Nascent Knowledge to Transactive Memory*. Stanford Graduate School of Business. <https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/working-papers/information-processing-traditional-hybrid-virtual-teams-nascent>
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>

- Olson, J. A., Nahas, J., Chmoulevitch, D., Cropper, S. J., & Webb, M. E. (2021). Naming unrelated words predicts creativity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(25), e2022340118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022340118>
- Ong, S. K., Yuan, M. L., & Nee, A. Y. C. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *International Journal of Production Research*, 46(10), 2707–2742. <https://doi.org/10.1080/00207540601064773>
- Paulus, P. B., Larey, T. S., & Dzindolet, M. T. (2001). Creativity in groups and teams. In *Groups at work: Theory and research* (pp. 319–338). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Paulus, P. B., & Yang, H.-C. (2000). Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 76–87. <https://doi.org/10.1006/obhd.2000.2888>
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of Research in Personality*, 41(1), 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2006.02.001>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., & Hinsch, C. (2019). Augmented reality marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 49, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.03.004>
- Runco, M. A. (1988). Creativity research: Originality, utility, and integration. *Creativity Research Journal*, 1(1), 1. https://www.academia.edu/73249742/Creativity_research_Originality_utility_and_integration
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent Thinking as an Indicator of Creative Potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66–75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Salazar, M. R., Lant, T. K., Fiore, S. M., & Salas, E. (2012). *Faciliter l'innovation dans diverses équipes scientifiques grâce à la capacité d'intégration*. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1046496412453622?casa_token=SlDwN9JXnJEAAAAA%3ApDe_dMsKavHlIDuLN75eRV-C3IA_j1cdQ9JGN8HbS0dvD85cgUbi12PF5mOGG8utSGFukw4EeOx-VBkk

- Salon, D., Mirtich, L., Bhagat-Conway, M. W., Costello, A., Rahimi, E., Abolfazl, Mohammadian, Chauhan, R. S., Derrible, S., Baker, D. da S., & Pendyala, R. M. (2022). *The COVID-19 Pandemic and the Future of Telecommuting in the United States* (No. arXiv:2210.00067). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.00067>
- Scholz, J., & Duffy, K. (2018). We ARe at home: How augmented reality reshapes mobile marketing and consumer-brand relationships. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 44, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.05.004>
- Schouten, A. P., van den Hooff, B., & Feldberg, F. (2010). *REAL DECISIONS IN VIRTUAL WORLDS: TEAM COLLABORATION AND DECISION MAKING IN 3D VIRTUAL WORLDS*. https://aisel.aisnet.org/icis2010_submissions/18
- Stafford, L. D., Ng, W., Moore, R. A., & Bard, K. A. (2010). Bolder, happier, smarter: The role of extraversion in positive mood and cognition. *Personality and Individual Differences*, 48(7), 827–832. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.02.005>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Toh, C. A., & Miller, S. R. (2016). Creativity in design teams: the influence of personality traits and risk attitudes on creative concept selection. *Research in Engineering Design*, 27(1), 73–89. <https://doi.org/10.1007/s00163-015-0207-y>
- Wang, X., & Kim, M. J. (2009). Exploring Presence And Performance In Mixed Reality-Based Design Space. In X. Wang & M. A. Schnabel (Eds.), *Mixed Reality In Architecture, Design And Construction* (pp. 75–90). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9088-2_5
- Yang, L., Holtz, D., Jaffe, S., Suri, S., Sinha, S., Weston, J., Joyce, C., Shah, N., Sherman, K., Hecht, B., & Teevan, J. (2022). The effects of remote work on collaboration among information workers. *Nature Human Behaviour*, 6(1), 43–54. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01196-4>

Annexes

Annexe A : Tableau des mots-clés synonymes pour la méthodologie de recherche

Concept	Mot-clé (en anglais)	Synonymes (en anglais)
<u>Réalité Augmentée (RA)</u>	Augmented reality	AR, augmented virtuality, immersive augmented reality
	Immersive technology	Virtual enhancement, technological augmentation, virtual reality
	AR collaboration	Collaborative augmented reality, virtual collaboration with AR
<u>Collaboration</u>	Collaboration	Teamwork, cooperative work, joint effort
	Collaborative work	Group collaboration, team cooperation, collaborative effort
	Team Collaboration	Teamwork, partnership, collaborative project
<u>Travail à distance</u>	Remote work	Work from home, telecommuting, telework
	Virtual collaboration	Online teamwork, remote teamwork, distance collaboration
	Digital workspace	Virtual work environment, online work setting
<u>Synchronicité</u>	Synchronicity	Synchronization, real-time collaboration, synchronous interaction
	Synchronous work	Real-time work, live collaboration
	Asynchronous control	Deferred control, asynchronous work, delayed collaboration
<u>Créativité</u>	Creativity	Innovation, creative thinking, ideation
	Ideation	Idea generation, brainstorming, creative development
	Idea fluency	Creative fluency, fluidity of ideas

<u>Performance creative</u>	Creative performance	Creative output, artistic productivity, creative efficiency
	Creative Collaboration	Team creativity, collaborative creativity, creative teamwork
	Creative Productivity	Efficiency in creativity, creative output
<u>Personnalité</u>	Personality	Personality traits, individual characteristics, personal traits
	Personality in collaboration	Group dynamics and personality, personality influence in teamwork
	Personality influence	Impact of personality, personality effects
<u>Capacités Créatives Individuelles</u>	Individual creative abilities	Creative skills, creative aptitudes, creative competence
	Divergent thinking	Creative thinking, divergent thought, innovative thinking
	Creative skills	Creative abilities, creative expertise

Annexe B : Questionnaires perception individuelle de la collaboration

Veillez évaluer votre accord avec les éléments suivants, sur une échelle de 1 à 7 (1 étant fortement en désaccord et 7 fortement en accord)	Fortement en Désaccord						Fortement en Accord
	1	2	3	4	5	6	7
Pendant la tâche :							
Je partage ma connaissance et mes idées avec mon partenaire d'équipe, ce qui l'encourage à approfondir sa réflexion.	0	0	0	0	0	0	0
Je prends connaissance du retour de mon partenaire d'équipe et je l'intègre à mon travail.	0	0	0	0	0	0	0
J'écoute les différentes approches de mon partenaire et j'expérimente de nouvelles idées en conséquence.	0	0	0	0	0	0	0
J'expérimente autant mes idées celles de mon partenaire d'équipe.	0	0	0	0	0	0	0
J'écoute activement mon partenaire d'équipe, je pose des questions réfléchies en réponse à ses idées et je lui réponds avec respect.	0	0	0	0	0	0	0
Je reconsidère et révisé mes propres idées sur la base des idées de mon partenaire d'équipe.	0	0	0	0	0	0	0

Annexe C : Grille de correction de performance de la tâche principale de design d'espace

Catégorie	Sous-catégorie	Critères de correction	Point max	Point
<u>EFFICACITE</u>	Disposition spatiale	Utilisation efficace de l'espace dans la pièce et adéquation de l'emplacement des meubles	10 points	
		1 point : la disposition des meubles semble chaotique et		

		désorganisée, ne servant à aucune fonction spécifique.		
		2 points : Quelques efforts ont été faits pour équilibrer les meubles dans l'espace, mais la disposition manque encore de cohérence et d'utilité.		
		3 points : La disposition des meubles est relativement équilibrée, mais il subsiste certaines zones où l'espace n'est pas utilisé de façon optimale.		
		4 points : Les meubles sont bien positionnés et équilibrés dans la pièce.		
		5 points : La disposition des meubles est parfaitement optimisée, la pièce est parfaitement fonctionnelle.		
	Accessibilité de l'espace	Facilité de circulation dans la pièce	5 points	
		1 point : La disposition des meubles entrave considérablement la circulation, créant un encombrement et une difficulté évidents pour se déplacer dans la pièce.		
		2 points : Bien qu'il y ait quelques tentatives pour équilibrer les		

		meubles, la disposition manque de cohérence, ce qui peut entraîner une circulation difficile dans certaines zones de la pièce.		
		3 points : La disposition des meubles est relativement équilibrée, mais quelques zones subsistent où la circulation pourrait être améliorée, montrant une certaine cohérence, mais pas de manière uniforme.		
		4 points : Les meubles sont bien disposés et équilibrés, facilitant une circulation fluide dans la pièce avec une certaine harmonie visuelle.		
		5 points : La disposition des meubles est parfaitement équilibrée, permettant une circulation aisée dans toute la pièce.		
	Échelle spatiale	Les dimensions des meubles sont respectées	5 points	
		1 point : Les dimensions des meubles entravent considérablement la circulation et ne sont pas du tout		

		représentatives de la taille réelle d'objets.		
		2 points : Bien qu'il y ait quelques tentatives pour équilibrer les meubles, les dimensions manquent de cohérence, ce qui peut entraîner une circulation difficile dans certaines zones de la pièce.		
		3 points : Les dimensions des meubles sont relativement équilibrées, mais quelques zones subsistent où la circulation pourrait être améliorée, montrant une certaine cohérence, mais pas de manière uniforme.		
		4 points : Les meubles sont bien proportionnés, facilitant une circulation fluide dans la pièce.		
		5 points : Les dimensions des meubles sont parfaitement équilibrées, permettant une circulation aisée dans toute la pièce.		
<u>ORIGINALITE</u>	Choix des meubles	Tout les meubles ont été placés dans l'espace	1 point	

		0,5 point : 1/2 des meubles imposés ont été placés dans l'espace.		
		1 point : 2/2 des meubles imposés ont été placés dans l'espace.		
	Ajout supplémentaire de décoration	9 points		
		0 point : Aucune décoration supplémentaire n'est ajoutée.		
		2 points : Des tentatives de décoration supplémentaire sont visibles, mais elles manquent d'originalité ou de pertinence.		
		5 points : Les éléments de décoration supplémentaires sont choisis avec un certain degré de créativité, mais pourraient être mieux adaptés à l'espace.		
		7 points : Les éléments de décoration ajoutés démontrent un bon niveau de créativité.		
		9 points : Les choix de décoration supplémentaires sont exceptionnellement créatifs.		
<u>ESTHETISME</u>	Harmonie dans la disposition des meubles	5 points		

		1 point : Les meubles semblent désorganisés et mal placés, sans aucune harmonie visuelle.		
		2 points : Il y a quelques tentatives pour équilibrer les meubles, mais la disposition manque de cohérence et d'harmonie.		
		3 points : La disposition des meubles est relativement équilibrée, mais il y a encore quelques zones où l'harmonie est absente.		
		4 points : Les meubles sont bien disposés et équilibrés dans la pièce, créant une certaine harmonie visuelle.		
		5 points : La disposition des meubles est parfaitement équilibrée, créant une harmonie visuelle agréable et évidente dans la pièce.		
	Style et cohérence des meubles choisis	5 points		
		1 point : Les meubles choisis sont disparates et ne s'harmonisent pas entre eux, créant un ensemble discordant.		
		2 points : Il y a quelques éléments de cohérence,		

		mais les meubles semblent discordants.		
		3 points : La plupart des meubles choisis partagent un style similaire, mais il y a quelques incohérences qui persistent.		
		4 points : Les meubles choisis s'harmonisent bien en termes de style et de conception, créant une esthétique globale cohérente.		
		5 points : Les choix de meubles présentent une cohérence exceptionnelle dans le style, créant une esthétique unifiée et harmonieuse.		

[Page de garde]