

[Page de garde]

HEC MONTRÉAL

Impact de la stimulation haptique sur l'expérience de relaxation

Par
Louisa Pellerin

Pierre-Majorique Léger Ph.D.
HEC Montréal
Directrice de recherche

Constantinos Coursaris Ph.D
HEC Montréal
Codirecteur 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
©Louisa Pellerin, 2024

Résumé

Ce mémoire se propose d'explorer l'incidence de la stimulation haptique générée par des sièges équipés de cette technologie sur les réponses tant physiologiques qu'émotionnelles de participants, dans un cadre dédié à la relaxation. Afin d'atteindre cet objectif, une série de trois conditions expérimentales a été mise en place : l'absence de stimulation haptique, la stimulation haptique seule, et enfin, la stimulation haptique associée à la capacité de contrôler l'intensité de celle-ci. Les 36 participants ont été répartis aléatoirement en groupes correspondant à ces conditions, avec pour objectif d'évaluer les effets de l'utilisation de sièges haptiques sur la perception et les réactions physiologiques liées au stress. Pour ce faire, plusieurs méthodes de collecte de données ont été utilisées, combinant des mesures physiologiques et des données auto-déclarées, assurant ainsi une approche holistique du phénomène étudié.

La pertinence de cette étude est ancrée dans la conjoncture, caractérisée par l'essor de la télémédecine et par les défis liés aux ressources humaines dans le secteur de la santé. Dans ce contexte, les interventions haptiques se profilent comme une alternative prometteuse pour enrichir l'offre de soins. Ce mémoire s'inscrit dans une démarche de recherche innovante, explorant la contribution potentielle de la technologie haptique comme nouvelle modalité thérapeutique.

Cette étude fournit une meilleure compréhension quant aux mécanismes sous-jacents à l'interaction complexe entre stimulation haptique et relaxation. Les résultats suggèrent une amélioration de l'état de relaxation chez tous les participants. Toutefois, l'intégration des retours haptiques dans les processus de relaxation apparaît avoir un effet bénéfique. Certaines variations physiologiques suggèrent que la stimulation haptique pourrait favoriser davantage la relaxation, particulièrement dans le groupe ayant la possibilité de contrôler l'intensité des retours haptiques, où un état de relaxation plus soutenu a été observé. L'intégration des retours haptiques dans les processus de relaxation apparaît avoir un effet bénéfique.

Ainsi, ces résultats pourront potentiellement guider le développement de nouvelles approches en matière de méthodes de relaxation, en suggérant des voies peu explorées et novatrices pour favoriser le bien-être. En parallèle, les contributions de ce mémoire enrichiront le corpus de connaissances dédié aux effets de la technologie haptique sur la relaxation, ouvrant ainsi des perspectives nouvelles pour les avancées futures dans ce domaine de recherche.

Mots-clés : Relaxation • Stimulation haptique • Absorption cognitive • Contrôle • Satisfaction

Abstract

This thesis aims to explore the impact of haptic stimulation generated by seats equipped with this technology on both physiological and emotional responses of participants within a relaxation-focused settings. To achieve this objective, a series of three experimental conditions was established: the absence of haptic stimulation, haptic stimulation alone, and haptic stimulation combined with the ability to control its intensity. The 36 participants were randomly assigned to groups corresponding to these conditions, with the goal of evaluating the effects of using haptic seats on the perception and physiological responses related to stress. Several data collection methods were employed, combining physiological measurements and self-reported data, thereby ensuring a holistic approach to the phenomenon studied.

The relevance of this study is rooted in the current climate, characterized by the rise of telemedicine and challenges related to human resources in the healthcare sector. In this context, haptic interventions are emerging as a promising alternative to enrich healthcare offerings. This thesis contributes to innovative research, exploring the potential contribution of haptic technology as a new therapeutic modality.

This study provides a better understanding of the underlying mechanisms involved in the complex interaction between haptic stimulation and relaxation. The results suggest an improvement in the state of relaxation among all participants. However, the integration of haptic feedback into relaxation processes appears to have a beneficial effect. Certain physiological variations indicate that haptic stimulation could further enhance relaxation, particularly in the group with the ability to control the intensity of the haptic feedback, where a more sustained state of relaxation was observed. The integration of haptic feedback into relaxation processes demonstrates a positive impact.

Thus, these results could potentially guide the development of new approaches to relaxation methods, suggesting unexplored and innovative ways to promote well-being. Concurrently, the contributions of this thesis will enrich the body of knowledge dedicated

to the effects of haptic technology on relaxation, thereby opening new perspectives for future advances in this fields of research.

Keywords : Relaxation • Haptic Stimulation • Cognitive Absorption • Control • Satisfaction

Table des matières

RÉSUMÉ	3
ABSTRACT.....	5
TABLE DES MATIÈRES.....	7
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES.....	10
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	11
AVANT-PROPOS.....	12
REMERCIEMENTS	14
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	15
1.1 MISE EN CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	15
1.1.1 Crise de la main d'œuvre dans le secteur de la santé	15
1.1.2 Importance du toucher thérapeutique	15
1.1.3 Potentiel de la technologie haptique dans les pratiques médicales	16
1.1.4 La place du contrôle utilisateur face à l'expansion de la télémédecine	17
1.2 QUESTIONS DE RECHERCHE	18
1.3 PRÉSENTATION DES HYPOTHÈSES	20
1.4 OBJECTIFS ET CONTRIBUTIONS POTENTIELLES.....	21
1.5 STRUCTURE DU MÉMOIRE	22
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	23
2.1 INTRODUCTION	23
2.2 INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE HAPTIQUE	23
2.2.1 Définition et fonctionnalité du retour haptique	24
2.2.2 Intégration de la technologie haptique dans la vie quotidienne	26
2.2.3 Applications fréquentes et diversifiées de la technologie haptique	27
2.2.4 Technologie haptique en santé : applications et potentiel.....	28
2.3 LE CONCEPT DE FLOW	30

2.3.1 Introduction au concept de flow	30
2.3.2 Conditions et impacts de l'état de flow	30
2.3.3 Applications et perspectives du flow par la technologie haptique	31
2.4 L'ABSORPTION COGNITIVE.....	32
2.4.1 Bases théoriques et dimensions de l'absorption cognitive	32
2.4.2 Absorption cognitive et satisfaction.....	33
2.5 LE RÔLE DU CONTRÔLE DANS L'EXPÉRIENCE UTILISATEUR.....	34
2.5.1 Définition et introduction au sentiment de contrôle.....	34
2.5.2 Effet du degré de contrôle sur l'immersion et les émotions.....	35
2.6 CONCLUSION.....	36
CHAPITRE 3 : MODÈLE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE.....	38
3.1 ÉLABORATION DES HYPOTHÈSES	38
3.2 CADRE CONCEPTUEL	46
CHAPITRE 4 : MÉTHODE DE RECHERCHE.....	47
4.1 INTRODUCTION	47
4.2.1 DESIGN EXPÉRIMENTAL	47
4.2.2 Participants	48
4.2.3 Stimuli expérimental	48
4.2.4 Apparatus.....	49
4.2.5 Instruments	50
4.3 MESURES.....	51
4.4 PROCÉDURE	56
CHAPITRE 5 : RÉSULTATS.....	58
5.1 Effet de la stimulation haptique sur la relaxation (H1a)	58
5.2 Effet de la stimulation haptique sur l'absorption cognitive (H1b).....	62
5.3 Effet de la capacité de contrôler la stimulation haptique sur la relaxation (H2)	64
5.4 Effet de la relaxation sur la satisfaction (H3a)	66
5.5 Effet de l'absorption cognitive sur la satisfaction (H3b)	66
5.6 Effet de la satisfaction sur l'intention d'utilisation (H4).....	67
CHAPITRE 6 : DISCUSSION.....	68
CONCLUSION	73
QUESTIONS DE RECHERCHE	73

PRINCIPAUX RÉSULTATS	74
CONTRIBUTIONS ET IMPLICATIONS THÉORIQUES	74
LIMITES	75
CONCLUSION	75
ANNEXES	77
BIBLIOGRAPHIE.....	82

Liste des tableaux et des figures

Figure 1. Modèle de recherche

Figure 2. Reproduction de la disposition de la salle d'étude

Figure 3. Schéma de la méthodologie

Figure 4. Graphique sur la concentration de cortisol par condition et par prélèvement

Figure 5. Évolution du HRV des trois conditions expérimentales

Figure 6. Évolution de débit ventilatoire moyen des trois conditions expérimentales

Figure 7. Évolution du rythme cardiaque des trois conditions expérimentales

Figure 8. Photographie des sièges zéro gravité

Tableau 1. Liste des contributions

Tableau 2. Construits de l'étude

Tableau 3. Concentration de cortisol entre les conditions C1 et CVK

Tableau 4. Résultats des dimensions de l'absorption cognitive selon les conditions

Tableau 5. Comparaison des scores de contrôle entre les conditions expérimentales

Tableau 6. Concentration de cortisol entre les conditions C2 et C3

Tableau 7. Construits et questionnaires

Liste des abréviations

AC : Absorption Cognitive

CVK : Conditions avec stimulation haptique

HR : Heart Rate

HV : Heart Variability

IU : Intention d'utilisation

RSQ : Relaxation State Questionnaire

VK : Vibrokinesthésique

Avant-propos

Ce mémoire a été rédigé suivant l'autorisation de la direction administrative du programme de Maîtrise en gestion de HEC Montréal. Le projet de recherche a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche (CER) de HEC Montréal en avril 2023.

Le 01 mars 2024

À l'attention de : Pierre-Majorique Léger, Professeur titulaire, HEC Montréal

Projet # 2023-5387

Titre : Étude sur la relaxation.

Source de financement : CRSNG (R2882B); Chaire institutionnelle; Contrat de recherche (32-153-300-31-R2882)

Bonjour Pierre-Majorique Léger,

Pour donner suite à votre demande de renouvellement, le certificat d'approbation éthique pour le présent projet a été renouvelé en date du 01 avril 2024. **Ce certificat est valide jusqu'au 01 avril 2025.**

Vous devez donc, avant cette date, obtenir le renouvellement de votre approbation éthique à l'aide du formulaire *F7 - Renouvellement annuel*. Un rappel automatique vous sera envoyé par courriel quelques semaines avant l'échéance de votre certificat.

Si des modifications sont apportées à votre projet, vous devrez remplir le formulaire *F8 - Modification de projet* et obtenir l'approbation du CER avant de mettre en oeuvre ces modifications.

Prenez également note que tout nouveau membre de votre équipe de recherche devra signer le formulaire d'engagement de confidentialité et que celui-ci devra nous être transmis lors de votre demande de renouvellement.

Lorsque votre projet est terminé, vous devrez remplir le formulaire *F9 - Fin de projet (ou F9a - Fin de projet étudiant sous l'égide d'un autre chercheur)*, selon le cas. **Les étudiants doivent remplir un formulaire F9 afin de recevoir l'attestation d'approbation éthique nécessaire au dépôt de leur thèse/mémoire/projet supervisé.**

Nous vous souhaitons bon succès dans la poursuite de votre recherche.

Cordialement,

Le CER de HEC Montréal

Remerciements

L'achèvement de ce mémoire marque la fin d'un long voyage, jalonné de défis, de doutes, mais aussi de découvertes et de progrès. Alors que cette aventure tire à sa fin, il me semble que rédiger ces remerciements est sans doute la tâche la plus simple et agréable de tout ce processus.

Mes premiers remerciements vont à mon directeur de mémoire, Pierre-Majorique Léger, dont l'accompagnement bienveillant et le soutien ont été précieux sur ce chemin parfois sinueux. Merci pour vos encouragements, et votre foi en ce projet, même lorsque mes propres doutes semblaient vouloir prendre le dessus. Votre expertise et votre guidance ont été des piliers à la réussite de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à la Chaire UX, financée par le CRNSG et Prompt, dont le soutien financier a permis de donner vie à cette étude.

Un immense merci à tous les membres du Tech3Lab, dont les contributions, petites ou grandes, ont façonné ce mémoire. Vos idées, vos retours et votre présence ont ajouté des pierres précieuses à cet édifice. Cette réussite est aussi la vôtre.

Enfin, je tiens à remercier ma famille, mes amis, et mon camarade de classe qui ont été une source inestimable de réconfort et de motivation. Sans vous, ces derniers mois d'écriture auraient été bien plus austères. Merci pour votre patience et vos moments de légèreté.

À vous tous, merci d'avoir rendu ce voyage possible !

CHAPITRE 1 : Introduction

1.1 Mise en contexte de l'étude

1.1.1 Crise de la main d'œuvre dans le secteur de la santé

Depuis quelques années, le Canada fait face à une pénurie de professionnels de la santé. Cette crise de la main-d'œuvre s'explique notamment par un vieillissement des professionnels dont une importante cohorte arrive à l'âge de la retraite (ICIS, 2022). Alors que le nombre de jeunes travailleurs dans le secteur de la santé a augmenté de 77% de 1996 à 2016, le nombre de travailleurs âgés a quant à lui quadruplé (334%) (Statistiques Canada, 2019). L'incidence de la pandémie détient également une part de responsabilité dans la saturation du système de santé. Le manque de personnel ainsi que les conditions de travail exigeantes ont nécessité une réorganisation rapide des services qui s'est traduite par une précipitation de la télémédecine au sein des pratiques médicales (NIH, 2023). Au Canada, l'utilisation de cette nouvelle méthode d'accès aux soins a connu une croissance significative à partir de mars 2020 et a depuis atteint des niveaux bien supérieurs à ceux observés avant le début de la pandémie. En l'espace de deux ans, le nombre de services médicaux virtuels par 1000 habitants, et ce pour cinq provinces canadiennes, est passée en moyenne de 44 à 273 (IRIS, 2023). Bien que cette nouvelle approche ait contribué à faciliter l'accès aux services médicaux et à désengorger le réseau de soins, elle néglige une large branche de la santé. En effet, cette nouvelle modalité de la médecine exclut l'ensemble des professions dont les traitements sont basés sur des soins manuels et prive ainsi les patients d'un élément fondamental : le toucher.

1.1.2 Importance du toucher thérapeutique

De nombreux bénéfices sont attribuables au toucher thérapeutique. La massothérapie est utilisée à des fins multiples et joue un rôle clé pour le traitement de nombreuses

pathologies. Ces bienfaits ont été rapportés dans la régulation émotionnelle, la réadaptation physique (Madera, Brady, Deily et al., 2017), la diminution de la perception de la douleur, mais également pour la relaxation (Romanowski, 2020). Ce dernier élément est, par ailleurs, à égalité avec le soulagement et la gestion de la douleur, la principale raison pour laquelle les médecins suggèrent, dans le cadre d'une consultation, la massothérapie comme traitement. Selon l'Association Américaine de Massothérapie, ce sont 43% des patients ayant des préoccupations médicales à l'égard de la relaxation, de la gestion et de la réduction du stress qui ont été amenés à discuter de la massothérapie avec un professionnel de la santé (AMTA, 2021). Cependant, les études existantes sur les effets de la massothérapie sont souvent conduites sur des échantillons de populations cliniques présentant des niveaux de stress, d'anxiété ou de dépression supérieurs à la moyenne (Sharpe et al., 2007). Ceci ajoute à la pertinence d'approcher le problème sous un nouvel angle, soit en ayant pour but d'atteindre un état de relaxation et non de réduire un état stress.

1.1.3 Potentiel de la technologie haptique dans les pratiques médicales

Il existe donc un besoin de trouver des alternatives aux soins manuels qui contribuent à induire de la relaxation. La technologie haptique, qui stimule le sens du toucher et du mouvement par des pressions et des vibrations, s'avère être une solution envisageable à ce problème. Bien que la notion de technologie haptique puisse demeurer relativement méconnue, elle se manifeste de manière omniprésente dans la vie quotidienne, notamment par son intégration répandue au sein d'appareils, tels que les téléphones intelligents et les tablettes (HeadMind Partners, 2022). À l'aune de sa fréquente adoption dans notre société, cette technologie a été explorée dans une variété de contextes au cours des dernières années. Malgré ceci, ses applications dans le domaine de la santé demeurent limitées, puisque son utilisation est principalement confinée aux domaines de la formation et des simulations médicales (Renard, 2021). Les patients, pourtant au cœur du système de soins, semblent omis de cette révolution technologique.

Cependant, un nombre croissant d'études commencent à s'intéresser à cette problématique. Ainsi, une récente étude a éclairé la possibilité d'effets positifs de la technologie haptique sur la communication sociale, la régulation émotionnelle et le bien-être (MacLean, 2022). De plus, tirer pleinement parti de cette technologie pourrait non seulement faciliter le guidage et la surveillance en réadaptations physiques, mais également améliorer les formations médicales en réalité virtuelle et favoriser l'instauration de la télémédecine aux professionnels des traitements manuels en permettant d'accéder à une prestation de soins à distance (El Saddik, 2007).

1.1.4 La place du contrôle utilisateur face à l'expansion de la télémédecine

Par ailleurs, la pandémie ayant fortement modifié le rapport à la technologie et l'aisance à effectuer virtuellement des activités jusqu'alors essentiellement réservées au monde réel, il devient légitime de supposer que la télémédecine continuera de croître (IRIS, 2023), et avec elle, l'intérêt et le besoin de la technologie haptique (Khan, 2020).

Comme précédemment évoquée, la télémédecine, bien qu'elle réponde aux défis contemporains des soins de santé, présente des inconvénients notables. Ces inconvénients ne se limitent pas uniquement à la réalisation d'examens physiques approfondis, mais comportent également des risques en termes de sécurité et de confidentialité, tout en impactant la continuité des soins (Gajarawala et Pelkowski, 2021). Les interactions en ligne peuvent apparaître comme étant dépersonnalisées et peu propices à la réalisation d'un traitement exhaustif (Arnold et Kerridge, 2020). Par conséquent, l'éloignement par rapport au cadre traditionnel des soins médicaux, et plus précisément le recours aux soins à distance, peut occasionnellement engendrer un sentiment de perte de contrôle chez les individus.

Il est impératif de reconnaître que le contrôle est un élément vital de l'expérience humaine. La conviction en la capacité à influencer son environnement et à obtenir les résultats souhaités est cruciale pour le bien-être d'un individu (Leotti et al., 2010). Cette croyance en la maîtrise de sa propre capacité de contrôle se révèle particulièrement pertinente dans le cadre des interactions avec les technologies, notamment dans le domaine de la santé et

du bien-être, où la régulation et la personnalisation de ces interactions peuvent avoir un impact significatif l'expérience vécue.

Ce sentiment de contrôle constitue également l'une des dimensions centrales de l'absorption cognitive. L'absorption cognitive se définit par l'expérience holistique d'un utilisateur lors de son interaction avec une technologie (Agarwal et Karahanna, 2000). Les recherches antérieures suggèrent que l'absorption cognitive est un facteur clé dans la satisfaction et la motivation des utilisateurs, en faisant ainsi un levier essentiel pour l'adhésion aux nouvelles technologies (Roca, et al., 2006). Par conséquent, concevoir des interfaces et des dispositifs qui renforcent ce sentiment de contrôle peut s'avérer être une stratégie efficace pour accroître l'engagement des utilisateurs à utiliser la technologie, notamment dans des domaines sensibles, tels que la santé.

Dans ce contexte, l'application de technologies avancées, telles que la stimulation haptique, s'aligne sur la quête de contrôle dans le domaine de la santé. La stimulation haptique, qui associe le sens du toucher à des capacités de personnalisation, se présente comme une voie prometteuse pour la relaxation et l'amélioration du bien-être. L'intégration d'une composante de contrôle au sein des technologies haptiques pourrait potentiellement en accroître l'efficacité. La capacité pour les utilisateurs de moduler leur expérience de stimulation haptique pourrait permettre de récupérer une certaine maîtrise sur les processus de relaxation et renforcer leur autonomie. En somme, cette approche s'inscrit dans une dynamique de soins de santé en pleine mutation, où l'exploration et l'utilisation de la technologie haptique dans le domaine de la santé et du bien-être manifestent un potentiel important en réponse à la demande grandissante de méthodes non invasives de relaxation.

1.2 Questions de recherche

Dans un contexte où l'utilisation de la technologie haptique dans le domaine de la santé demeure relativement limitée, malgré les avancées notables dans d'autres domaines, il

devient manifeste que davantage d'efforts sont nécessaires afin de révéler tout son potentiel. Les lacunes dans les connaissances existantes mettent en évidence la pertinence de poursuivre des recherches approfondies dans ce domaine.

À cet égard, ce mémoire se propose d'explorer les effets de la stimulation haptique sur le processus de relaxation, en tenant compte de la capacité de l'utilisateur à contrôler l'intensité de cette stimulation. Ainsi, cette étude aura pour ambition de répondre aux questions suivantes :

- 1. Dans quelle mesure la stimulation haptique influence-t-elle l'expérience de relaxation et l'absorption cognitive ?*
- 2. Dans quelle mesure la capacité de contrôler l'intensité de la stimulation haptique influence-t-elle l'expérience de relaxation ?*
- 3. Dans quelle mesure l'état de relaxation et l'absorption cognitive, influencés par la stimulation haptique, affectent-ils la satisfaction et l'intention d'utilisation ?*

Afin de répondre à ces questions, un environnement de relaxation est reconstitué pour recréer des conditions propices à la détente, permettant ainsi d'évaluer de manière précise l'effet de la stimulation haptique sur l'expérience des participants. Ces derniers sont répartis aléatoirement en trois conditions expérimentales : l'absence de stimulation haptique, la stimulation haptique seule, et enfin, la stimulation haptique associée à la faculté de moduler son intensité. Dans chaque condition, les participants sont invités à expérimenter des sièges à stimulation haptique au cours d'une séance de relaxation de 11 minutes, harmonisée par une trame sonore spécifiquement conçue à cet effet. Ces sièges sont équipés d'une technologie haptique avancée, fournissant une rétroaction corporelle au moyen de vibrations et de mouvements. Des données physiologiques, de questionnaires et d'entrevues sont ensuite collectées afin d'évaluer de manière exhaustive l'incidence de la stimulation haptique sur l'expérience de relaxation.

1.3 Présentation des hypothèses

Dans le but d'approfondir la compréhension des effets de la stimulation haptique sur le processus de relaxation, ainsi que l'impact du contrôle de l'intensité de cette stimulation par les utilisateurs, plusieurs hypothèses de recherche ont été formulées. Ces hypothèses visent à explorer les différentes dimensions de l'expérience de relaxation, de l'absorption cognitive, de la satisfaction et de l'intention d'utilisation dans un contexte de stimulation haptique. En s'appuyant sur les questions de recherche posées précédemment, ces hypothèses permettront de structurer l'analyse des données recueillies et de fournir des réponses claires aux questions soulevées par cette étude.

Les hypothèses formulées sont les suivantes :

H1a : *La stimulation haptique augmente significativement l'état de relaxation des utilisateurs.*

H1b : *La stimulation haptique augmente significativement l'absorption cognitive des utilisateurs.*

H2 : *La capacité de contrôler l'intensité des retours haptiques par l'utilisateur accentue l'effet relaxant de l'intervention.*

H3a : *L'état de relaxation augmente le niveau de satisfaction des utilisateurs.*

H3b : *L'absorption cognitive augmente le niveau de satisfaction des utilisateurs.*

H4 : *La satisfaction est positivement associée à l'intention d'utilisation.*

Les hypothèses de recherche présentées ci-dessous feront l'objet d'une analyse approfondie dans le chapitre 3, qui détaillera leur processus de formulation. Chaque hypothèse sera explorée afin de mettre en lumière sa pertinence dans le cadre de cette étude, dans le but d'approfondir la compréhension des effets de la stimulation haptique sur le processus de relaxation et l'expérience utilisateur.

1.4 Objectifs et contributions potentielles

Les objectifs de ce mémoire consistent d'une part à explorer le potentiel de la technologie haptique comme moyen d'induire de la relaxation. D'autre part, ils visent à étudier la relation entre la faculté de l'utilisateur à exercer un contrôle sur son expérience et le niveau de satisfaction qu'il en éprouve.

Les implications de cette recherche sont multiples et pourraient s'avérer bénéfiques à divers secteurs. D'emblée, cette contribution au développement de la technologie haptique pourrait mener à la création de nouvelles expériences dans une variété de contextes. En explorant comment les sensations haptiques peuvent être utilisées pour induire des états de calme, de nouvelles stratégies de conception d'expériences haptiques pourraient être mises en place afin de créer des expériences utilisateur davantage personnalisées et immersives.

De surcroît, l'étude de la capacité de contrôle, dans un contexte d'une stimulation haptique, permettra d'explorer certains mécanismes sous-jacents à la satisfaction de l'utilisateur. Cette dernière constitue un élément fondamental dans la conception de produits et technologies qui s'engage à offrir une expérience positive. Enfin, en ne se cantonnant pas seulement à l'amélioration des expériences utilisateur ou à l'innovation technologique, elle porte également en elle le potentiel de transformer les méthodes de traitement et d'amélioration du bien-être, offrant ainsi un aperçu prometteur des diverses manières dont la technologie haptique pourrait contribuer à la santé et au mieux-être des individus. Ce projet aspire donc à fournir des pistes de recherches ainsi que certaines bases pour les innovations haptiques des années à venir.

1.5 Structure du mémoire

Étapes	Contribution
Question de Recherche	Identifier les lacunes dans la littérature existante afin de formuler des questions de recherche pertinentes – 75% Développement des questions de recherche par l'étudiante et les co-auteurs.
Revue de littérature	Élaborer et rédiger la revue de littérature pour identifier les construits et théories observés dans les études antérieures sur la stimulation haptique et la relaxation – 100%
Design Expérimental	Compléter la demande au CER et les demandes de modification de projet subséquentes – 95% Préparation du formulaire d'approbation par l'étudiante. Formulaire examiné par les co-directeurs du mémoire et l'équipe d'opération du Tech3Lab. Développement du design expérimental, du protocole et des stimuli expérimentaux – 70%
Collecte de données	Recrutement des participants pour la collecte de données – 100% Mise en place de la salle de collecte au laboratoire – 30% L'installation des dispositifs de collecte de données a été effectuée en collaboration avec le partenaire industriel. Gestion des prétests et de la collecte de données – 100%
Analyses statistiques	Extraire, mettre en forme et analyser les données – 50% Réaliser les analyses statistiques par le Tech3Lab et par l'étudiante. Interprétation et présentation des résultats par l'étudiante avec l'aide de l'équipe du Tech3Lab. L'étudiante a reçu le support du laboratoire d'analyse du Centre d'Étude pour le Stress Humain pour l'extraction et l'analyse des échantillons de salive.
Rédaction	Écriture du mémoire – 100% Les commentaires pour affiner l'écriture ont été faits par les co-auteurs.

Tableau 1. Liste des contributions

CHAPITRE 2 : Revue de la littérature

2.1 Introduction

Pour saisir l'étendue des possibilités offertes par la technologie haptique, il est essentiel d'adopter une approche plurielle. Cette pluralité s'exprime à travers les concepts inhérents à la technologie haptique, qui illustrent la diversité de ses applications et de ses formes. La présente revue de la littérature s'applique à détailler et à expliciter les structures théoriques qui sous-tendent à cette compréhension.

La revue s'attache d'abord à définir la technologie haptique, en examinant ses multiples incarnations ainsi que les terminologies connexes. L'analyse se prolonge ensuite par une exploration des fondements théoriques préétablis et des recherches empiriques relatives aux concepts de « flow », d'absorption cognitive, d'intention d'utilisation et de théorie du signal. Ces piliers théoriques constituent non seulement le socle de cette étude, mais ouvrent également la voie à une compréhension approfondie des dynamiques à l'œuvre dans l'interaction homme-machine via la technologie haptique.

2.2 Introduction à la technologie haptique

La technologie haptique, un terme désormais familier dans le paysage technologique contemporain, se réfère à l'exploitation du sens du toucher d'un utilisateur par l'application de forces, de vibrations et/ou de mouvements (Yadav et Krishnaiah, 2013) en interagissant avec un environnement physique ou virtuel (Sreelakshmi et Subash, 2017).

Cette technologie suscite un intérêt croissant en raison de son potentiel à créer des expériences sensorielles immersives qui dépassent les limitations des interactions traditionnelles avec les interfaces numériques. Au fil des dernières années, le

développement des dispositifs haptiques a connu une croissance exponentielle, largement favorisée par la rapidité du progrès technologique (Giri et al., 2021). En réalité, la plupart des individus ignorent qu'ils font intégralement partie de l'univers de l'haptique et de son utilisation régulière (Sreelakshmi et Subash, 2017). Au cœur de cette technologie réside le concept de retour haptique, lequel joue un rôle fondamental dans l'interaction entre l'utilisateur et les systèmes technologiques. Avant d'entamer l'exploration de ces applications, il convient d'établir une distinction entre ces deux concepts qui, bien qu'interdépendants, conservent leur propre singularité.

2.2.1 Définition et fonctionnalité du retour haptique

La technologie haptique, telle qu'explicitée précédemment, s'articule autour de la science de l'application de la sensation et du contrôle du toucher dans le but d'interagir avec des applications informatiques (Sreelakshmi et Subash, 2017). Elle est conceptualisée comme un mécanisme bidirectionnel permettant aux individus d'engager leur sens du toucher avec des représentations virtuelles d'objets au sein d'environnement simulés. Ce processus interactif dynamique permet aux utilisateurs d'appliquer et de percevoir des forces, reproduisant ainsi les interactions du monde réel avec des objets physiques (Crandall et Karadoğan, 2021). Elle englobe à la fois le matériel comme les dispositifs de retour haptique et les logiciels pour générer les sensations tactiles et kinesthésiques. Si la technologie haptique représente l'étude globale des mécanismes de perception et d'interaction tactile, le retour haptique, plus communément désigné sous le terme de « haptic feedback », se présente comme son application fonctionnelle.

Retour haptique

Le retour haptique se réfère spécifiquement à la rétroaction sensorielle générée par les dispositifs haptiques. Ceci implique l'utilisation de motifs de vibrations avancés ainsi que de formes d'ondes pour transmettre des informations à un utilisateur (Jyothi et Krishnaiah,

2013). Il peut être catégorisé en deux types principaux : le retour kinesthésique et le retour tactile. Le retour kinesthésique et le retour tactile sont deux composantes essentielles de la technologie haptique, chacune jouant un rôle crucial dans l'enrichissement de l'interaction utilisateur avec les environnements virtuels. Leurs applications sont vastes et s'étendent de la bio-ingénierie (Liu et al., 2024), à l'éducation (Fan et al., 2024), en passant par les simulateurs de conduite (Ahmed et Mahmud, 2023) pour ne citer que quelques exemples.

Retour kinesthésique

Le retour kinesthésique implique la sensation de mouvement ou de résistance perçue par l'utilisateur lorsqu'il interagit avec un dispositif haptique. Il se rapporte à la perception des forces et des mouvements, habituellement ressentie au niveau des muscles, des articulations et des tendons, fournissant des informations sur des aspects tels que le poids. Il s'agit donc de la perception kinesthésique de notre propre effort musculaire (Gaffary et Lécuyer, 2018). Cette forme de retour est fondamentale pour simuler des actions comme tirer, pousser ou soulever des objets. Les systèmes de retour kinesthésique requièrent généralement l'utilisation d'actuateurs plus volumineux pour appliquer les forces adaptées à l'utilisateur (See et al., 2022).

Retour tactile

Le retour tactile, quant à lui, se concentre sur la stimulation des récepteurs tactiles de la peau pour créer des sensations de pression, de texture et de température (Huang et al., 2022). Il s'avère particulièrement profitable dans des contextes où les interactions physiques sont limitées, comme la formation à distance, en compensant le manque de présence physique. Ainsi, il ne se limite pas à fournir des informations sur la force et la texture, mais inclut également la transmission de sensations thermiques pour enrichir toutes les dimensions du toucher. À la différence des systèmes kinesthésiques qui nécessitent souvent de grands actuateurs, les dispositifs de retour tactile se concentrent sur les zones de la main où les mécanorécepteurs sont les plus nombreux. Cela permet de concevoir des

appareils beaucoup plus compacts tout en appliquant une force minimale, mais crédible (See et al., 2022).

Cependant, l'adoption généralisée des retours haptiques se heurte encore à de nombreux défis liés à leur coût, à la complexité de leur conception, ainsi qu'aux exigences de formation des utilisateurs pour une utilisation efficace de systèmes complexes (Giri et al., 2021). La reproduction fidèle de sensations tactiles demeure complexe. Les avancées dans les matériaux et les dispositifs de retour haptique ont ouvert la voie à des interactions plus naturelles, mais la simulation exacte du toucher humain n'est pas encore pleinement réalisée.

2.2.2 Intégration de la technologie haptique dans la vie quotidienne

Les applications de la technologie haptique, aussi étendues que diversifiées soient-elles, s'immiscent discrètement, mais sûrement dans notre quotidien. Comme évoqué dans la première section, bien que la plupart des individus demeurent inconscients de l'omniprésence de l'haptique, cette technologie est bel et bien ancrée dans nos interactions quotidiennes. En effet, la technologie haptique est littéralement à portée de main, notamment à travers des dispositifs comme les smartphones. Un des exemples les plus parlants est celui d'Apple, qui a été l'un des pionniers dans l'exploitation du feedback haptique avec ses iPhones et MacBooks. Avec l'introduction du « 3D Touch » et plus tard du « Haptic Touch », Apple a permis à ses utilisateurs de recevoir un retour tactile précis en réponse aux interactions avec l'appareil (Subashi, 2023). Ces fonctionnalités permettent de ressentir des réponses en réaction aux pressions exercées sur l'écran, reproduisant ainsi une sensation physique ou l'action d'un véritable bouton. L'intégration de ces réponses tactiles a contribué à enrichir les interfaces, à rendre les interactions plus captivantes et immersives, tout en améliorant l'expérience utilisateur des consommateurs Apple grâce à l'ajout d'une dimension sensorielle (Flatirons, 2024). Ce jeu de sensations, accessible d'un simple geste, témoigne de la façon dont la technologie haptique s'intègre habilement à la vie numérique.

2.2.3 Applications fréquentes et diversifiées de la technologie haptique

Divertissement

Bien que la technologie haptique puisse souvent passer inaperçue, une des associations les plus répandues de l'haptique se fait dans le domaine du divertissement, notamment des jeux vidéo, où elle est incarnée par des dispositifs tels que des manettes de jeu comme la DualSense (Charity, 2021). À travers cette manette, Sony propose une nouvelle expérience aux utilisateurs en offrant non seulement des vibrations avancées qui offrent une gamme de sensations réalistes, mais aussi une variété de sensations puissantes, enrichissant considérablement l'expérience de jeu (HeadMind Partners, 2022). Même si la technologie haptique suscite un engouement pour son potentiel sur le marché du divertissement, son essence dépasse largement les simples dispositifs individuels, comme les téléphones et les consoles de jeu. En réalité, elle s'étend à des industries et domaines complexes, offrant des avantages plus significatifs à la société.

Industrie automobile

Dans le secteur de l'automobile, l'implémentation du retour haptique démontre une amélioration de la sécurité routière, se traduisant par une réduction des temps de réaction et une diminution de la charge mentale pour les conducteurs (Petermeijer et al., 2015). Le retour haptique est également reconnu comme une méthode efficace pour réduire la charge visuelle des conducteurs et simplifier la transmission d'informations importantes (Gaffary et Lécuyer, 2018).

Secteur académique

Dans l'éducation, l'introduction de la technologie haptique apporte de nouvelles méthodes d'enseignement. L'ajout d'un retour tactile aux supports d'apprentissage peut renforcer l'engagement des étudiants et faciliter la compréhension de concepts abstraits, en particulier dans les disciplines STEM (Crandall et Karadoğan, 2021). De même, les études révèlent que l'utilisation précoce d'interfaces haptiques dans l'enseignement médical, en particulier pour les simulations chirurgicales, favorise l'acquisition de compétences pratiques (Ström et al., 2006).

Cependant, l'utilisation de la technologie haptique dans le domaine de la santé va au-delà de la simple formation. Les implications de cette technologie s'étendent à des applications pratiques variées, touchant directement le soin des patients. La section suivante se penchera sur son application et ses répercussions dans ce secteur spécifique.

2.2.4 Technologie haptique en santé : applications et potentiel

La technologie haptique émerge comme un élément potentiel d'amélioration globale des soins de santé. En dehors du cadre pédagogique de la médecine, elle facilite les diagnostics non invasifs par des examens de palpation, évitant ainsi le recours à la chirurgie. L'haptique trouve également des applications dans des conditions spécifiques impliquant d'autres sens altérés, telles que la vision, en convertissant par exemple les informations visuelles en signaux tactiles perceptibles. Elle modifie ainsi la manière dont les informations environnementales sont perçues et interprétées (Sreelakshmi et Subash, 2017).

Santé mentale

L'impact de l'haptique sur la santé mentale et le bien-être, bien que moins exploré, est également prometteur. Des recherches initiales indiquent que cette technologie pourrait alléger des problèmes, tels que le stress, l'anxiété, et également contribuer à contrer l'isolement social (McDaniel et Panchanathan, 2020). La technologie haptique, en reproduisant des sensations tactiles, ouvre des perspectives prometteuses pour des traitements non invasifs et non pharmaceutiques visant à améliorer la santé mentale et le bien-être. En imitant les effets positifs du toucher humain, elle offre une alternative dans des contextes où une interaction physique directe est restreinte (Fason, et al., 2024).

Poursuivant cette réflexion, une étude récente a exploré l'effet de modalités haptiques, notamment à travers les vibrations et les variations thermiques, sur la régulation des émotions. Les résultats ont révélé que les sujets ayant bénéficié des dispositifs haptiques personnalisés présentaient des niveaux de stress et d'anxiété inférieurs, tant subjectivement qu'objectivement, par rapport à ceux n'ayant pas eu accès aux dispositifs (Umair et al.,

2021). Cette observation souligne la valeur prospective des motifs haptiques dans la régulation des émotions, offrant de nouvelles possibilités de concevoir l'haptique dans le domaine du bien-être émotionnel.

Santé physique

Parallèlement, sur le plan physique comme en rééducation, des appareils haptiques sont utilisés afin d'aider les patients à retrouver la mobilité des membres affectés par des blessures ou des conditions médicales (Giri, et al., 2021). Afin d'approfondir l'application de ces technologies, des recherches se penchent sur l'élargissement des soins à travers des dispositifs connectés, l'objectif étant de simuler le contact humain et les actions thérapeutiques de professionnels de la santé à distance (Ramírez-Fernández, et al., 2017).

Dans le domaine de la prothèse, cette technologie enrichit l'expérience des utilisateurs, rendant l'utilisation des membres artificiels plus naturelle et intuitive, facilitant l'intégration du nouveau membre au quotidien (Shakra, et al., 2006). Des dispositifs haptiques portables sont également en développement pour soutenir la rééducation physique (Shull, et Damian, 2015). Certains intègrent même des fonctionnalités avancées, telles que la prévention des blessures et le suivi personnalisé en s'ajustant aux conditions physiologiques de chaque utilisateur (Rajanna, et al., 2016).

Les recherches suggèrent un avenir prometteur pour la technologie haptique dans le domaine de la santé, apportant des méthodes innovantes pour traiter des aspects physiques et psychologiques de l'humain. En intégrant des principes issus de diverses disciplines scientifiques, et en mettant l'accent sur la personnalisation et l'adaptabilité, il est envisageable de maximiser les effets bénéfiques de la technologie haptique sur la santé et le bien-être. Ces avancées représentent une étape importante vers l'exploitation du plein potentiel de cette technologie afin d'améliorer la qualité de vie. Cependant, en dépit de ses promesses, la technologie haptique demeure onéreuse et complexe, exigeant des recherches approfondies pour un déploiement optimal. En outre, bien que des avancées aient été faites dans des domaines comme la rééducation, les applications de la technologie haptique en

télémédecine restent peu explorées, et ses effets potentiels sur la santé et le bien-être à long terme sont insuffisamment étudiés (Shazhaev, et al., 2023).

2.3 Le concept de flow

2.3.1 Introduction au concept de flow

Introduit par Csikszentmihalyi, le « flow » caractérise un état psychologique particulier où l'individu se trouve totalement immergé dans une activité ou une tâche, au point d'en perdre la perception du temps, de l'épuisement et même de soi (Nakamura et Csikszentmihalyi, 2002). C'est une expérience où l'engagement est si profond que chaque actions ou pensées se succèdent les unes aux autres, dans un courant continu d'absorption (Csikszentmihalyi, et al., 2014). Cette expérience de « flow » souvent décrite comme optimale est une notion qui s'inscrit dans le cadre de la psychologie positive. Cette branche de la psychologie étudie l'impact des expériences positives, telles que le flow, sur le bien-être et l'épanouissement. De ce fait, la relation entre le flow et la santé suscite un intérêt croissant dans le milieu académique (Ottiger, et al., 2021).

2.3.2 Conditions et impacts de l'état de flow

L'atteinte de l'état de flow nécessite un équilibre délicat : la tâche accomplie doit offrir un degré de complexité approprié. Si elle ne sollicite pas suffisamment les compétences, elle peut mener à l'ennui. À l'inverse, si elle dépasse les compétences, elle risque d'engendrer de l'anxiété (Csikszentmihalyi, 2000). Cependant, le flow est généralement expérimenté dans des contextes où le stress est pertinent, et cet état s'accompagne d'une hausse modérée de l'activité physiologique (Peifer, et al., 2014). Bien que l'état de « flow » ne survienne généralement pas durant les moments de détente (Csikszentmihalyi, 1995), il peut être associé à une amélioration de la santé physique. Les individus qui s'engagent dans des activités quotidiennes tout en expérimentant cet état rapportent une meilleure condition physique (Hirao, et al., 2012). En outre, cet état présente également des effets bénéfiques

sur la santé mentale, y compris l'amélioration du bien-être, la stimulation d'affects positifs et la capacité d'atténuer les symptômes de maladies mentales (Aust, et al., 2022).

2.3.3 Applications et perspectives du flow par la technologie haptique

L'état de flow est bien documenté dans la littérature scientifique (Palomäki, et al., 2021). En effet, le flow est associé à des performances optimales et améliorées (Csikszentmihalyi, et al., 2005) contribuant à atteindre des résultats élevés, ce qui est essentiel dans certains domaines compétitifs. L'utilisation de la technologie haptique et sa relation avec l'état de flow demeure encore peu étudié. Cependant, des études récentes ont commencé à explorer cette relation, notamment dans le contexte du sport et de l'apprentissage, et montrent des résultats prometteurs quant à l'influence positive de la technologie haptique sur l'état de flow. Ces recherches suggèrent que l'intégration de la technologie haptique peut aider les athlètes à atteindre et à maintenir l'état de flow en réduisant la charge mentale grâce à un feedback immédiat, continu et non ambigu, améliorant ainsi leur performance et leur concentration (Havlucu, et al., 2018).

De la même manière, la technologie haptique joue un rôle essentiel dans l'expérience de l'état de flow dans le domaine de l'apprentissage. En effet, l'utilisation de cette technologie peut augmenter l'état de flow en contexte éducatif. Les apprenants sont plus susceptibles d'atteindre un état de flow lorsqu'ils bénéficient d'un retour haptique, ce qui améliore leurs performances futures. L'ajout de cette dimension sensorielle rend l'activité d'apprentissage plus réaliste et engageante, créant ainsi des conditions optimales pour l'expérience de flow et perfectionnant les compétences pratiques des étudiants. L'intégration de la dimension sensorielle rend l'activité d'apprentissage plus immersive et engageante, créant ainsi des conditions idéales pour l'état de flow et améliorant les compétences pratiques des étudiants (Shen, et al., 2021).

2.4 L'absorption cognitive

2.4.1 Bases théoriques et dimensions de l'absorption cognitive

L'absorption cognitive (AC) renvoie à l'expérience holistique d'une personne lors de son interaction avec une technologie (Agarwal et Karahanna, 2000). Ce concept repose sur trois fondements théoriques. Le premier, déjà examiné dans cette revue de la littérature est l'état de « flow », défini par une immersion complète dans une activité, où l'individu éprouve un sentiment de contrôle et une perte de conscience du monde extérieur (Csikszentmihalyi, 2008). Le deuxième fondement théorique conçoit l'absorption comme un trait de personnalité ou une disposition, suggérant que certains individus sont naturellement plus enclins à être absorbés par une expérience. Lors de tels états, l'ensemble des ressources attentionnelles de l'individu est entièrement dirigé vers l'objet de l'attention (Tellegen et Atkinson, 1974). Le troisième fondement concerne l'engagement cognitif, un concept multidimensionnel intégrant la curiosité, l'attention et l'intérêt intrinsèque, et qui se focalise davantage sur la relation entre l'utilisateur et la machine (Webster et Ho, 1997).

À la lumière de ce cadre théorique, l'absorption cognitive se centre sur l'idée que les individus peuvent atteindre un état de profond engagement et d'implication mentale lors de l'utilisation d'une technologie, au point de perdre la notion du temps et de l'espace. Cette immersion, souvent accompagnée de sensations positives, peut être si profonde que les individus en viennent à ne plus percevoir les stimuli externes ni à être distraits par d'autres éléments (Agarwal et Karahanna, 2000). L'interconnexion entre ces fondements théoriques de l'absorption cognitive met en évidence les processus psychologiques qui favorisent un engagement total dans une activité, soulignant ainsi l'importance de ces états mentaux dans l'expérience humaine à travers divers contextes.

L'absorption cognitive ne se limite pas à un simple état d'immersion; elle est multidimensionnelle, se déclinant en cinq dimensions distinctes :

1. *L'immersion focalisée* caractérise un état où les individus s'engagent entièrement dans une tâche ou une interaction technologique, ignorant ainsi largement d'autres demandes attentionnelles.

2. *La dissociation temporelle* désigne un état qui survient lorsque les individus ne perçoivent pas avec précision le passage du temps lors de leur interaction avec la technologie, créant une impression de temporalité altérée.
3. *Le plaisir accru* englobe les aspects hédoniques liés à l'utilisation de la technologie, faisant référence à l'appréciation d'une expérience agréable.
4. *Le contrôle* se rapporte à la perception qu'a l'utilisateur de sa capacité à maîtriser ou influencer l'interaction avec la technologie.
5. *La curiosité* se réfère à la mesure de laquelle une expérience stimule l'intérêt de l'utilisateur face à la possibilité d'explorer davantage lors de l'interaction avec ladite technologie.

L'étude de ces différentes dimensions de l'absorption cognitive permet de mieux appréhender la complexité de l'engagement des individus lors de leur interaction avec la technologie. Ces dimensions interagissent de sorte à déterminer le degré d'absorption cognitive d'une personne lorsqu'elle interagit avec une technologie ou un environnement spécifique.

2.4.2 Absorption cognitive et satisfaction

Des recherches antérieures soulignent que l'absorption cognitive constitue un facteur déterminant de la satisfaction des utilisateurs. Les études ont non seulement suggéré l'impact significatif de l'absorption cognitive sur la satisfaction des utilisateurs, mais ont également établi une association positive entre ces deux notions (Butt, et al., 2022). Dans ce contexte, la satisfaction des utilisateurs est définie comme l'attitude que l'utilisateur développe envers un système d'information, représentant une attitude fondée sur un objet précis (Wixom et Todd, 2005). Il a également été suggéré que l'absorption cognitive a une

influence plus importante sur la satisfaction et l'intention d'utiliser de nouveau une technologie que sur l'utilité perçue (Jumaan, et al., 2020). Renforcer l'absorption cognitive par le design de systèmes et interfaces peut s'avérer être une stratégie efficace pour renforcer la satisfaction des utilisateurs et encourager une utilisation continue de la technologie.

Le lien entre l'absorption cognitive (AC) et les sièges à stimulation haptique, bien que peu exploré, offre une perspective intéressante sur l'influence de cette technologie sur l'AC. En considérant les fondements théoriques de l'AC, il est plausible que la technologie haptique influence positivement les différentes dimensions qui la composent. Ainsi, si les sièges à stimulation haptique sont susceptibles d'éveiller la curiosité, de conférer un sentiment de contrôle lors de l'interaction avec la technologie, ou encore de susciter un haut degré d'immersion, il est envisageable que cela soit concomitant à une hausse globale du niveau d'AC des utilisateurs.

L'absorption cognitive, indicateur de la motivation intrinsèque, pourrait également inciter les utilisateurs à utiliser ces dispositifs de manière plus régulière (Lin, 2009). Les résultats suggèrent que l'intention de continuer à utiliser une technologie est déterminée par la satisfaction des utilisateurs, laquelle est, entre autres, influencée par l'absorption cognitive (Roca, et al., 2006). Cette perspective éclaire la compréhension plus large de l'impact de la technologie haptique sur l'expérience humaine, en soulignant le rôle crucial de l'AC et de la satisfaction des utilisateurs.

2.5 Le rôle du contrôle dans l'expérience utilisateur

2.5.1 Définition et introduction au sentiment de contrôle

La question du degré de contrôle a souvent été soulevée dans le domaine de l'interaction homme-machine, et pour cause. La capacité à influencer et à gérer les interactions avec une technologie joue un rôle déterminant dans la manière dont les utilisateurs la perçoivent. Le sentiment de contrôle est un facteur reconnu pour son influence sur l'engagement des utilisateurs à adopter de nouveaux systèmes techniques (Kaasinen et al., 2012). Ce

sentiment de contrôle se définit comme la capacité des utilisateurs à manipuler fonctionnalités, outils et ressources d'un système interactif afin d'atteindre des objectifs spécifiques en ce qui a trait à la performance, l'efficacité et la satisfaction (Oliveira et al., 2018). Le sentiment de contrôle dans les interactions avec les technologies est un élément clé qui a fait l'objet de nombreuses recherches et qui joue un rôle déterminant dans l'expérience utilisateur. Il est étroitement associé à la perception de l'efficacité personnelle, ainsi qu'aux sensations de satisfaction et de plaisir éprouvées (Bandura, 1997). Par conséquent, il joue un rôle crucial dans l'expérience émotionnelle vécue par les utilisateurs.

2.5.2 Effet du degré de contrôle sur l'immersion et les émotions

Lorsque les utilisateurs perçoivent un haut degré de contrôle sur une interface ou un système, ils éprouvent souvent des émotions positives, ce qui renforce leur engagement et leur plaisir dans l'utilisation de la technologie. À l'inverse, un manque de contrôle peut engendrer des émotions négatives, telles que de la frustration nuisant à l'expérience globale (Saariluoma et Jokinen, 2014).

Immersion

Le degré d'immersion constitue une autre dimension influencée par le sentiment de contrôle (Mendonça, et al., 2012). Dans certains contextes, tels que les jeux vidéo ou les expériences multimédias, un niveau de contrôle adapté peut accroître l'immersion, permettant aux utilisateurs de se sentir pleinement engagés et absorbés par l'activité. Toutefois, il demeure essentiel de parvenir à un équilibre approprié en ce qui concerne le degré de contrôle offert aux utilisateurs, car un niveau excessif de contrôle dans certaines situations peut dévier l'attention des utilisateurs. Il est ainsi légitime de s'interroger sur le niveau optimal de contrôle et sur les contextes qui en sont influencés. Des recherches approfondies ont été menées afin de répondre à ces interrogations.

Émotions

L'étude « The More Control, the Better? » menée en 2014 a examiné les effets du contrôle sur l'immersion et le plaisir des utilisateurs lors de la visualisation de bandes-annonces interactives de films. Les résultats ont indiqué que, dans des contextes narratifs structurés, tels que les bandes-annonces de films dramatiques, les participants ayant un degré élevé de contrôle ont signalé ressentir moins de fascination, d'absorption et d'impact émotionnel par rapport à ceux ayant un degré de contrôle moindre (Oh, et al., 2014).

Sur cette même lancée, l'étude intitulée « How Much Control Is Enough? » se penche sur des problématiques similaires en examinant le degré de contrôle, mais cette fois-ci, dans le cadre des jeux vidéo, portant sur la manière dont il est perçu par l'utilisateur et son influence sur le plaisir ressenti (van de Laar, et al., 2013). Les résultats révèlent un lien important entre le niveau de plaisir et le degré de contrôle que les utilisateurs estiment avoir. Il est observé qu'un seuil optimal existe : au-delà d'un certain degré de précision dans le contrôle, le plaisir commence à décroître. Lorsque les défis dépassent les compétences, les utilisateurs ressentent de la frustration, tandis que, si les compétences surpassent les défis l'ennui s'installe. Cette dynamique fait écho au principe de « flow » évoqué précédemment, où un équilibre entre les compétences de l'utilisateur et les défis proposés favorise une expérience optimale.

Ces observations suggèrent l'existence d'un compromis entre le niveau de contrôle accordé et les résultats en termes de plaisir, d'engagement et d'immersion, soulignant ainsi l'importance de régler le degré de contrôle en fonction du contexte d'utilisation et du type de contenu.

2.6 Conclusion

Cette revue de la littérature avait pour objectif de fournir une compréhension approfondie des notions liées à la technologie haptique et à son impact sur l'expérience utilisateur, notamment dans le contexte de la santé. La revue a également intégré des concepts théoriques, tels que le flow et l'absorption cognitive, montrant comment ces éléments

peuvent interagir avec la technologie haptique pour influencer la satisfaction et l'engagement des utilisateurs.

Sur la base des études antérieures, il a été établi qu'il existe une relation positive entre l'absorption cognitive, la satisfaction des utilisateurs, et leur intention de continuer à utiliser une technologie (Jumaan, et al., 2020). Les recherches montrent qu'un niveau élevé d'absorption cognitive améliore la satisfaction des utilisateurs, ce qui renforce à son tour leur intention de réutiliser la technologie (Roca, et al., 2006).

De plus, des recherches ont montré que le sentiment de contrôle, qui constitue une dimension de l'absorption cognitive, joue un rôle dans l'engagement et le plaisir des utilisateurs. Un niveau élevé de contrôle est généralement associé à une satisfaction accrue et à une immersion plus profonde, bien que certains résultats suggèrent qu'un contrôle excessif puisse réduire l'intérêt et l'absorption (Oh et al., 2014; van de Laar et al., 2013). Ce sentiment de contrôle joue également un rôle dans l'adoption de nouveaux systèmes technologiques, influençant l'intention d'utilisation à long terme (Kaasinen et al., 2012).

Bien que des résultats prometteurs aient été obtenus dans des contextes médicaux, les recherches spécifiques sur l'application de la technologie haptique à la relaxation restent limitées. Par conséquent, des lacunes subsistent, notamment en ce qui concerne la compréhension des interactions entre la technologie haptique, l'absorption cognitive, et le contrôle dans des contextes de relaxation. Ces limitations soulignent la nécessité de poursuivre les recherches.

Le prochain chapitre s'appuiera sur les concepts et théories abordés dans cette revue de la littérature afin de formuler les hypothèses de recherche, en mettant un accent particulier sur l'impact de la stimulation haptique sur la relaxation, l'absorption cognitive, le sentiment de contrôle, la satisfaction et l'intention d'utilisation.

CHAPITRE 3 : Modèle et hypothèses de recherche

3.1 Élaboration des hypothèses

Ce chapitre se consacre à l'élaboration du cadre conceptuel qui structure ce mémoire, ainsi qu'au développement des hypothèses de recherche. Ce cadre conceptuel a été construit à partir de l'analyse de la littérature, permettant d'identifier les concepts et théories ainsi que leurs interrelations. Les hypothèses formulées découlent de ces fondements théoriques et cherchent à explorer les relations entre les variables identifiées. Le but de ce mémoire est d'explorer les effets de la technologie haptique sur la relaxation des utilisateurs, en se basant sur les bases théoriques et les lacunes identifiées dans la littérature existante.

Élaboration de l'hypothèse H1a

Le domaine de la science a pris conscience de l'importance du toucher en matière de santé, ce qui a conduit au développement de thérapies basées sur ce sens (Vaucelle, et al., 2009). En effet, les interventions basées sur le toucher se sont révélées bénéfiques tant pour la santé physique que mentale. Plusieurs études ont documenté des effets physiologiques positifs du toucher, tels que la diminution de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque, ainsi que des niveaux de cortisol (Packheiser, et al., 2024). Le sens du toucher affecte également les émotions et états psychologiques (Kelling, et al., 2016).

Au cours des dernières décennies, les dispositifs haptiques ont connu une croissance exponentielle, principalement grâce aux avancées rapides de la technologie (Giri, et al., 2021). Il est désormais reconnu que la technologie haptique exerce des effets apaisants, contribuant au bien-être général des utilisateurs. Ces effets se manifestent par une meilleure régulation émotionnelle, en procurant des sensations de confort et de sécurité. La

stimulation haptique joue également un rôle dans le renforcement des interactions sociales, favorisant les sentiments de connexion entre les individus (Salminen, et al., 2008).

Cependant, la majorité des études sur la technologie haptique ont été réalisées en utilisant des « wearables », c'est-à-dire des dispositifs portables qui se portent directement sur soi ou qui sont fixés de manière détachée sur une personne. Les dispositifs portables utilisent des capteurs intégrés afin de détecter des signaux corporels, incluant des fonctions de biofeedback ou d'autres mesures physiologiques sensorielles (Ometov, et al., 2021). Lorsque combinés à la technologie haptique, ces dispositifs traduisent les données recueillies en retours tactiles, comme des vibrations ou des pressions. Ces retours agissent comme des rétroactions sensorielles qui permettent aux utilisateurs d'ajuster leur comportement en réponse aux stimuli ressentis. Toutefois, bien que le toucher issu d'une technologie offre des bénéfices comparables au toucher humain pour la santé physique, il ne parvient pas à le surpasser en termes d'effets positifs sur la santé mentale (Packheiser, et al., 2024). Face à ce constat, et malgré l'efficacité prouvée des dispositifs portables, il est essentiel d'explorer l'utilisation de la stimulation haptique dans des contextes autres que ceux liés à l'utilisation de dispositifs portables.

L'élargissement des contextes d'utilisation permettrait de mieux comprendre les applications de la technologie haptique dans l'amélioration du bien-être et de la relaxation. Cette approche pourrait non seulement accroître l'accessibilité des interventions haptiques, mais également favoriser leur intégration dans divers environnements, tels que les soins de santé, les espaces de travail, ou les domiciles. S'appuyant sur les récentes avancées scientifiques démontrant l'importance du toucher pour la santé physique et mentale, ainsi que sur l'efficacité croissante des dispositifs haptiques, cette recherche se propose de tester l'hypothèse selon laquelle la stimulation haptique augmente significativement l'état de relaxation. Ainsi, l'hypothèse H1 a été formulée pour explorer cette relation et combler le manque de recherches sur l'utilisation de la technologie haptique dans le but de favoriser la relaxation :

H1a : La stimulation haptique augmente significativement l'état de relaxation des utilisateurs.

Élaboration de l'hypothèse H1b

La technologie haptique, telle que définie dans la littérature, se concentre sur l'application de sensations tactiles et du contrôle du toucher pour interagir avec des systèmes informatiques (Sreelakshmi et Subash, 2017). Elle suscite un intérêt croissant grâce à sa capacité à enrichir les interactions numériques en offrant des expériences sensorielles qui dépassent les limitations des interactions traditionnelles avec les interfaces numériques actuelles.

L'absorption cognitive (AC) renvoie à l'expérience holistique d'un individu lors de son interaction avec une technologie. Il s'agit d'un état de forte implication avec un logiciel, où l'utilisateur est tellement absorbé par l'expérience qu'il en perd la notion du temps et de l'espace. Cet état d'immersion est souvent associé à des sensations positives. Ce concept comprend cinq dimensions : la dissociation temporelle, désigne le phénomène où les utilisateurs ne perçoivent pas précisément le passage du temps lors de leur interaction ; l'immersion focalisée, qui fait que l'utilisateur ignore les distractions environnantes ; le plaisir accru, renvoie aux aspects hédoniques liés à l'utilisation de la technologie ; le contrôle, où l'utilisateur a le sentiment de maîtriser pleinement l'interaction ; la curiosité, définie par l'envie d'explorer et de découvrir davantage au cours de cette interaction (Agarwal et Karahanna, 2000).

Quelques études se sont intéressées aux effets de la technologie haptique sur les différentes dimensions de l'absorption cognitive (Palombo, et al., 2024). Il est désormais bien établi dans la littérature que les retours haptiques peuvent augmenter l'immersion dans les environnements virtuels (Ramsamy, et al., 2006, Rose, et al., 2018). Ils jouent un rôle clé dans le renforcement de l'immersion en facilitant l'interaction avec les objets virtuels, permettant ainsi aux utilisateurs de manipuler ces objets tout en recevant un retour sensoriel immédiat (Dangxiao, et al., 2019).

Des recherches suggèrent également que les dispositifs haptiques peuvent accroître le plaisir des utilisateurs dans divers contextes interactifs. Ainsi, dans le cadre de l'expérience musicale, il a été avancé que l'intégration de retours vibrotactiles synchronisés avec la

musique améliore non seulement l'excitation psychologique des utilisateurs, mais accroît également leur appréciation subjective de l'écoute (Giroux, et al., 2019). Dans le contexte des exergames, des jeux vidéo de type sportif, les résultats suggèrent que l'intégration de retours haptiques synchronisés avec les actions à l'écran peut renforcer l'immersion des utilisateurs et augmenter leur niveau de plaisir pendant l'exercice (Stach et Graham, 2011).

Enfin, la curiosité semble également influencée par les interactions haptiques. Dans des environnements d'apprentissage virtuels, l'ajout de retours haptiques tend à favoriser une meilleure compréhension des concepts, en encourageant une exploration active. Les étudiants utilisant des retours haptiques rapportent une plus grande curiosité et un intérêt accru pour l'exploration des concepts (Minaker, et al., 2016).

Cependant, malgré ces avancées, les études existantes se concentrent principalement sur les effets de la technologie haptique dans des contextes spécifiques, en ne mesurant généralement qu'une dimension de l'absorption cognitive à la fois. Ainsi, il n'existe que peu de recherches qui explorent l'impact de la stimulation haptique sur toutes les dimensions de l'AC de manière simultanée. Cette absence de vue d'ensemble constitue une lacune importante dans la littérature actuelle. C'est pourquoi l'hypothèse suivante est proposée :

H1b : La stimulation haptique augmente significativement l'absorption cognitive des utilisateurs.

Cette hypothèse se distingue par son approche globale, visant à évaluer l'impact de la stimulation haptique sur toutes les dimensions de l'AC en dehors du contexte exclusif de la réalité virtuelle.

Élaboration de l'hypothèse H2

La question du degré de contrôle a souvent été soulevée dans le domaine de l'interaction homme-machine, et pour cause. La capacité à influencer et à gérer les interactions avec une technologie joue un rôle déterminant dans la manière dont les utilisateurs la perçoivent. Le

sentiment de contrôle est un facteur reconnu pour son influence sur l'engagement des utilisateurs à adopter de nouveaux systèmes techniques (Kaasinen et al., 2012). Ce sentiment de contrôle se définit comme la capacité des utilisateurs à manipuler fonctionnalités, outils et ressources d'un système interactif afin d'atteindre des objectifs spécifiques en ce qui a trait à la performance, l'efficacité et la satisfaction (Oliveira et al., 2018). Il est également étroitement associé à la perception de l'efficacité personnelle, ainsi qu'aux sensations de satisfaction et de plaisir éprouvées (Bandura, 1997).

En outre, la littérature scientifique suppose que le sentiment de contrôle joue un rôle clé dans l'expérience émotionnelle des utilisateurs, en agissant comme médiateur entre l'efficacité des tâches et les réponses émotionnelles, telles que la satisfaction et la frustration (Jokinen, 2015). Il a également été suggéré l'existence d'un compromis entre le niveau de contrôle accordé et les résultats en termes de plaisir, d'engagement et d'immersion, soulignant ainsi l'importance de régler le degré de contrôle en fonction du contexte d'utilisation (Oh et al., 2014; van de Laar et al., 2013).

Dans le cadre de cette étude, permettre aux utilisateurs de moduler l'intensité de la stimulation haptique est envisagé comme un levier essentiel, non seulement pour optimiser leur expérience, mais aussi pour mieux répondre à leurs besoins individuels en termes de relaxation et de bien-être. Bien que le contrôle soit déjà identifié comme une dimension de l'absorption cognitive, et qu'il soit intégré dans l'hypothèse précédente, il exerce une influence sur l'expérience qui mérite d'être examinée en profondeur. Par conséquent, une hypothèse dédiée au contrôle permet d'explorer de manière plus précise l'impact de cette modulation sur les résultats de la relaxation.

Afin de distinguer cette hypothèse de la précédente, une condition expérimentale spécifique (C3) a été introduite. Dans cette configuration, les utilisateurs disposaient d'un bouton permettant de moduler l'intensité des retours haptiques. Les participants avaient été informés en amont des fonctionnalités de ce bouton de contrôle, et pouvaient ajuster l'intensité de la stimulation à leur convenance, durant la séance de relaxation. Ainsi, l'hypothèse suivante est formulée :

H2 : La capacité de contrôler l'intensité des retours haptiques par l'utilisateur accentue l'effet relaxant de l'intervention.

Élaboration de l'hypothèse H3a

La relaxation, telle que définie dans la littérature, correspond à un état de libération physique et mentale des tensions ou du stress. Cet état est marqué par une réduction de l'anxiété et une diminution des symptômes liés à l'excitation physiologique (Smith, 2005, Titlebaum, 1988). La réponse de relaxation est associée à des changements physiologiques, tels qu'une baisse du rythme cardiaque, de la fréquence respiratoire, ainsi qu'à une diminution de la concentration de cortisol, indiquant une réduction des marqueurs biologiques de stress (Benson, 1975, Rogerson et al., 2023, Smith, 2005).

Les techniques de relaxation ont fait l'objet de nombreuses études visant à évaluer leur efficacité dans divers contextes, notamment en santé. Les résultats suggèrent que ces techniques peuvent jouer un rôle dans le traitement de multiples troubles, tels que l'anxiété, les douleurs chroniques, le stress ou encore la dépression (Fredrickson, 2000). Non seulement ces techniques sont associées à des changements physiologiques, mais elles ont également un effet sur les émotions en favorisant des états émotionnels plus positifs (Amutio, et al., 2015, Jain, et al., 2007). Cet impact émotionnel peut également se traduire par une amélioration de la satisfaction.

Les recherches suggèrent que la quête de relaxation influence positivement le degré global de satisfaction (Halkos, 2021). Dans un contexte professionnel, les interventions de relaxation pourraient contribuer à diminuer les taux d'épuisement professionnel, atténuer les perceptions de stress au travail, et augmenter la satisfaction générale dans le cadre professionnel (Opren, 1984, Smith, et al., 2005).

En outre, dans un contexte médical, des approches telles que la relaxation musculaire progressive (PMR) ou l'intervention de visualisation guidée semblent être associées à une amélioration de la qualité de vie et de la satisfaction qui en découle (Nalawade et Nikhade, 2016, Nooner, 2016).

La relaxation ne se limite pas uniquement à une réduction du stress, mais elle influence également les perceptions positives des individus. Dans ce contexte, il semble pertinent d'étudier la relation entre l'état de relaxation et la satisfaction des utilisateurs. Ainsi, l'hypothèse suivante est formulée :

H3a : L'état de relaxation augmente significativement le niveau de satisfaction des utilisateurs.

Élaboration de l'hypothèse H3b

Des recherches antérieures soulignent que l'absorption cognitive constitue un facteur déterminant de la satisfaction des utilisateurs (Deng, et al., 2010). Les études ont non seulement évoqué l'impact significatif de l'absorption cognitive sur la satisfaction des utilisateurs, mais ont également établi une association positive entre ces deux notions (Butt, et al., 2022). La dimension de plaisir accru de l'absorption cognitive suggère que l'utilisateur vit une expérience agréable lors de son interaction avec la technologie (Agarwal et Karahanna, 2000). Ce sentiment de plaisir contribue au renforcement de la satisfaction (Deng, et al., 2010).

Dans ce contexte, la satisfaction des utilisateurs est définie comme l'attitude que l'utilisateur développe envers un système d'information, représentant une attitude fondée sur un objet précis (Wixom et Todd, 2005). Plus précisément, elle désigne un sentiment de plaisir et d'épanouissement qui découle de l'évaluation de la mesure dans laquelle l'utilisation du produit ou service satisfait un besoin (Deng, et al., 2010). Il a également été suggéré que l'absorption cognitive a une influence plus importante sur la satisfaction et l'intention d'utiliser de nouveau une technologie que sur d'autres facteurs, tels que l'utilité perçue (Jumaan, et al., 2020).

Malgré des discussions persistantes sur la question de savoir si l'absorption cognitive précède ou découle de la satisfaction, celle-ci est souvent considérée comme une condition préalable, plutôt qu'une conséquence. Selon cette approche, la satisfaction est envisagée comme une réponse finale, issue d'un processus psychologique (Deng, et al., 2010). Cette

perspective éclaire la compréhension plus large de l'impact de l'AC sur la satisfaction des utilisateurs. Par conséquent, l'hypothèse suivante est formulée :

H3b : L'absorption cognitive augmente significativement le niveau de satisfaction des utilisateurs.

Élaboration de l'hypothèse H4

La satisfaction est fréquemment identifiée comme un déterminant central influençant le comportement des utilisateurs à l'égard d'une technologie, notamment son adoption, et, par extension, leur intention durable d'en faire usage. Dans ce cadre, cette intention d'utilisation désigne la propension des individus à utiliser ou à maintenir l'usage d'un produit ou d'un système technologique donné.

Les recherches empiriques corroborent l'idée selon laquelle la satisfaction exerce une influence positive sur l'intention des utilisateurs à poursuivre l'usage d'une technologie (Oliver, 1980, Roca, et al., 2006). Au-delà de cette relation positive, la satisfaction est également perçue comme un levier motivationnel incitant les utilisateurs à maintenir leur engagement avec un produit ou un service (Liao, et al., 2011).

Dans la littérature, la théorie de la disconfirmation des attentes (EDT) postule que la satisfaction des utilisateurs résulte d'un processus d'évaluation dans lequel les attentes initiales sont comparées à la performance perçue du produit ou du service (Oliver, 1980). Lorsque la performance perçue égale ou dépasse les attentes, une disconfirmation positive se produit, favorisant ainsi l'émergence de la satisfaction et l'intention de poursuivre l'utilisation ou l'engagement envers le produit ou service (Bhattacharjee et Premkumar, 2004, Elkhani et Bakri, 2012, Lankton, et al., 2014). Ainsi, l'hypothèse suivante est formulée :

H4 : La satisfaction est positivement associée à l'intention d'utilisation.

3.2 Cadre conceptuel

La synthèse des hypothèses de cette recherche se matérialise dans un cadre conceptuel visant à illustrer les relations entre les principaux construits étudiés. Ce modèle conceptuel, présenté ci-dessous, offre une vue d'ensemble des liens hypothétiques entre la stimulation haptique, la relaxation, l'absorption cognitive, la satisfaction et l'intention d'utilisation. Il sert de fondement pour guider les analyses et interprétations des résultats obtenus au cours de cette étude.

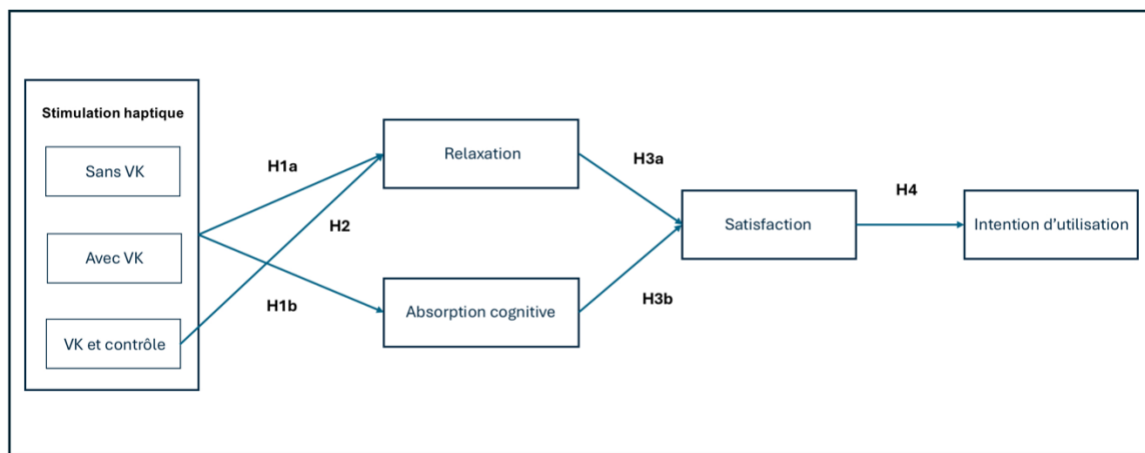


Figure 1. Modèle de recherche

CHAPITRE 4 : Méthode de recherche

4.1 Introduction

Cette section détaille la méthodologie adoptée pour évaluer les hypothèses de recherche. L'étude vise à examiner l'effet de la stimulation haptique et du contrôle de son intensité sur l'expérience de relaxation dans un environnement contrôlé. L'approche expérimentale repose sur un plan interparticipants avec trois conditions distinctes, et combine des mesures subjectives et objectives, recueillant à la fois des données auto-rapportées et des données physiologiques. Ce chapitre présente successivement le design expérimental, les mesures, la procédure, ainsi que les résultats de la collecte de données.

4.2.1 Design expérimental

Afin de mettre à l'épreuve les hypothèses de recherche, une expérience interparticipants a été élaborée, manipulant deux facteurs expérimentaux clés : la stimulation haptique et le contrôle. Cette expérience a engagé la participation des sujets dans une session de relaxation. Avant et après la séance, les participants ont été sollicités pour répondre à des questionnaires conçus dans le but de recueillir leurs impressions. Parallèlement, des mesures physiologiques ont été enregistrées de manière continue. Les participants ont effectué une unique tâche au cours de l'expérimentation. Ils ont été assignés de manière aléatoire à trois groupes distincts, chacun correspondant à une condition expérimentale spécifique. Cette démarche a été adoptée dans le but d'atténuer les éventuels impacts des caractéristiques individuelles, comme l'état général de santé. Les trois conditions étudiées étaient : l'absence de stimulation haptique, la stimulation haptique seule, et enfin, la stimulation haptique associée à la possibilité d'en contrôler l'intensité. Il est important de noter que la condition sans stimulation avec contrôle n'a pas été testée dans le cadre de cette étude.

4.2.2 Participants

L'étude a impliqué un total de 36 participants, âgés de 24 à 54 ans, répartis de manière équilibrée entre les sexes masculin et féminin. Afin d'être éligibles à l'étude, les participants devaient répondre à plusieurs critères : ne pas être sujet aux crises d'épilepsie, ne pas avoir d'allergies cutanées, ne pas avoir subi l'implant d'un simulateur cardiaque et comprendre le français à l'écrit ainsi qu'à l'oral à un niveau avancé. Les sujets d'étude étaient des adultes résidant au Québec et fréquentant régulièrement des centres de bien-être. Afin de garantir la cohérence des participants avec le critère de fréquentation de ces établissements, le recrutement a été réalisé à travers la lettre d'information du spa avec lequel une collaboration a été établie. De plus, d'autres critères d'inclusion liés à l'état de santé ont été pris en compte pour assurer la pertinence des résultats obtenus. L'intégralité des participants s'est vu attribuer une compensation sous la forme d'une entrée au centre de bien-être. Chacun d'entre eux bénéficiera ainsi d'un accès à une expérience thermique en guise de remerciement, laquelle pourra être utilisée lors d'une future visite dans la station thermique. Cette étude a obtenu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de HEC Montréal (Formulaire #2023-5387).

4.2.3 Stimuli expérimental

Pour la session de relaxation, une sélection de trois clips musicaux a été effectuée, totalisant ainsi une durée de 10 minutes et 57 secondes. Ce montage musical a été élaboré en collaboration avec le centre de bien-être dans le but de créer une expérience immersive et apaisante.

Le montage musical débute avec la signature audio distinctive de spa. Ce premier clip vise à immerger les participants dans une atmosphère propice à la détente, tout en créant une harmonie entre l'expérience sensorielle et l'identité sonore du lieu. Le deuxième clip évoque des sons de la nature, tel que des vagues. Enfin, le troisième clip musical a été sélectionné en raison de sa capacité à instaurer une ambiance sonore favorable à la relaxation. Tous les participants ont écouté la même signature audio, indépendamment de la condition expérimentale dans laquelle ils se trouvaient, avec un ordre de présentation des clips musicaux uniforme.

4.2.4 Apparatus

L'expérience s'est déroulée au sein d'une salle spécifiquement aménagée par le centre de bien-être. La configuration de la pièce a été soigneusement orchestrée pour maximiser la relaxation des participants. Dans cette optique, la salle a été maintenue dans un éclairage tamisé, créant ainsi une atmosphère propice à la détente. Deux sièges zéro gravité étaient disposés côte à côte, offrant un espace confortable pour les participants.

Chaque séquence audio présentée aux participants était associée à une trame haptique spécifique, intégrant des vibrations et des textures uniques correspondant au contenu auditif. Cette synchronisation sensorielle a été mise en place pour engager davantage les participants et enrichir leur expérience. Par ailleurs, un contrôleur était à disposition pour permettre aux participants de la troisième condition d'ajuster l'intensité de la stimulation haptique selon leurs préférences individuelles. Les sièges comprennent quatre actuateurs, les possibilités de mouvement sont roll, pitch et le heave. Les vibrations et textures sont dans la gamme dynamique entre 1 et 100 HZ (des fréquences non audibles). Les vibrations sont subtiles, rapides et continues.



Figure 2. Reproduction de la disposition de la salle d'étude

4.2.5 Instruments

Lors de l'expérience, les participants ont été sollicités à deux reprises pour remplir des questionnaires. Le premier, proposé avant l'entame de la tâche, se focalisait sur l'appréciation du niveau de relaxation. Le second questionnaire, soumis à l'issue de la tâche, invitait les sujets à porter une évaluation sur divers aspects perceptifs découlant de l'expérience. En complément de ces outils d'évaluation, la méthode expérimentale s'est enrichie de dispositifs destinés aux mesures physiologiques. À cet égard, l'utilisation de vestes Hexoskin (Carré Technologies Inc., Montréal, Canada) ainsi que la réalisation de prélèvements salivaires ont été intégrées au protocole.

Outils physiologiques

Hexoskin

Dans le cadre de cette étude, des vestes Hexoskin (Carré Technologies Inc., Montréal, Canada) ont été utilisées afin de recueillir des données physiologiques. Ces vêtements intelligents, conçus pour allier confort et intégrité corporelle, sont équipés de capteurs non invasifs. L'ensemble Hexoskin Smart Garment, conjointement avec le dispositif Hexoskin Smart Device, utilisé pour l'enregistrement des données, a été mis à contribution tout au long du protocole expérimental.

Le vêtement Hexoskin est équipé de capteurs de pléthysmographie à inductance respiratoire (RIP) intégrés, l'un placé au niveau du thorax et l'autre sur l'abdomen. Ces capteurs mesurent les mouvements de la poitrine en évaluant les variations de la zone de section à chaque emplacement sur le torse. Le Smart Device alimente ces capteurs et recueille les données qu'ils émettent à une fréquence fixe de 128 Hz, stockant les données en interne (Villar et al., 2015). L'enregistrement des données débute dès lors que l'enregistreur de données est fixé à la veste Hexoskin, et se poursuit jusqu'à ce qu'il soit détaché. À l'issue de la période d'observation, les données ont été extraites de l'enregistreur de données vers un ordinateur au moyen d'une connexion USB.

Prélèvements salivaires

La collecte des échantillons salivaires fut menée selon un protocole établi par le Centre d'Étude sur le Stress Humain (CESH). Des tubes en polyester dédiés à la salive, conçus à cet effet, ont été employés. Chaque tube, numéroté de manière rigoureuse, correspondait à un prélèvement salivaire spécifique à son participant attiré, assurant ainsi une identification précise des échantillons. Cette démarche procédurale avait pour but d'assurer une organisation systématique et la préservation de la fiabilité des données pour l'analyse ultérieure des réponses physiologiques. Aussitôt recueillis, les échantillons furent préservés dans un dispositif réfrigérant, jusqu'à leur transfert pour congélation à la température de -18 degrés Celsius, correspondant à la norme pour une conservation prolongée.

4.3 Mesures

Cette étude a incorporé quatre échelles de mesure : le Relaxation State Questionnaire (Steghaus et Poth, 2022), l'échelle d'absorption cognitive (Agarwal et Karahanna, 2000), l'intention d'utilisation (Zhang et al, 2006), et le Customer Satisfaction Score. Les réponses physiologiques ont été mesurées par les vestes Hexoskin (Carré Technologies Inc., Montréal, Canada) et le niveau de cortisol salivaire.

1. Relaxation

Les niveaux de relaxation ont été mesurés à deux reprises durant le déroulement de l'expérience : préalablement à la tâche, et à la suite de celle-ci. L'évaluation de la relaxation s'est appuyée sur une version traduite de l'anglais du Relaxation State Questionnaire (Steghaus et Poth, 2022). Conçu sous la forme d'un auto-questionnaire, le RSQ a pour vocation de mesurer les sensations ainsi que les états émotionnels des participants associés à la relaxation à un instant précis. Cette version du questionnaire se compose de 10 énoncés que les participants ont évalués au moyen d'une échelle de Lickert à 5 points, allant de

« pas du tout exact » à « tout à fait exact ». Les cinq premiers énoncés visent à couvrir la dimension physique de l'état de relaxation, avec trois d'entre eux se focalisant spécifiquement sur les sensations musculaires, tandis que les deux autres abordent la respiration et la fréquence cardiaque. Les énoncés 6 à 10 se consacrent à aux facettes de la relaxation mentale. Les participants ont été instruits de répondre à l'affirmation qui correspondait le mieux à leurs sentiments, et à leur état actuel au moment présent.

2. Absorption cognitive

Les items utilisés pour évaluer l'absorption cognitive proviennent de l'échelle de mesure élaborée par Agarwal et Karahanna (2000). Ces auteurs ont identifié les cinq dimensions distinctes inhérentes à l'absorption cognitive, à savoir la dissociation temporelle, l'immersion focalisée, le plaisir accru, le contrôle et la curiosité. Il en convient de noter que, bien que toutes les dimensions aient été incluses dans les questionnaires soumis aux participants, deux des items relatifs à la dissociation temporelle ont été écartés, jugé non pertinent dans le contexte de cette étude. Par conséquent, cette version de l'échelle de mesure dénombre désormais 18 items. Les trois items conservés de la dissociation temporelle évaluent l'engagement de l'utilisateur dans l'interaction, sans qu'il ne soit conscient de l'écoulement du temps lors de l'exécution de la tâche. L'immersion focalisée reflète le degré de concentration manifesté par l'utilisateur, caractérisé par l'ignorance d'autres préoccupations importantes. Le plaisir accru renvoie à l'appréciation d'une interaction agréable. En ce qui concerne le contrôle, il évalue la perception que l'utilisateur a de la maîtrise ou de l'influence qu'il exerce au cours de l'interaction avec le siège zéro gravité. Enfin, la curiosité désigne l'anticipation et la curiosité cognitive de l'utilisateur vis-à-vis de la possibilité d'explorer davantage lors de l'interaction avec la technologie en question (Balakrishnan, 2021). Afin de mesurer le degré d'absorption cognitive des participants, une instruction spécifique leur est communiquée, les invitant à évaluer leur niveau d'accord avec les énoncés relatifs aux sièges zéro gravité, en utilisant une échelle de type Lickert à cinq points, allant de « fortement en désaccord » à « fortement en accord ».

3. *Intention d'utilisation*

La mesure du « *behavioral intention to use* », conforme aux directives d'Agarwal et Karahanna, a pour but d'explorer la tendance des individus à utiliser ou à maintenir leur utilisation d'un produit ou d'un système technologique spécifique. Cette mesure sera désignée par « l'intention comportementale d'utilisation ». Dans le cadre de cette étude, l'échelle a pour objectif de saisir la propension des individus à utiliser ou à maintenir leur utilisation des sièges zéro gravité, en admettant qu'ils y aient accès à l'avenir. L'échelle d'intention comportementale d'utilisation comprenait 3 items : « j'ai l'intention d'utiliser les fauteuils à l'avenir », « je prévois de continuer à utiliser les fauteuils à l'avenir » et « je m'attends à ce que mon utilisation des fauteuils se poursuive à l'avenir ». Les participants ont été invités à indiquer leur degré d'accord avec ces affirmations en utilisant une échelle de type Lickert à 7 points, allant de « tout à fait en désaccord » à « tout à fait en accord ».

4. *Satisfaction*

L'échelle de mesure du Customer Satisfaction (CSAT) a été employée afin de procéder à l'évaluation de la satisfaction des participants à l'issue de l'expérience. Cette mesure, fréquemment utilisée dans le domaine des études de satisfaction de la clientèle, a pour finalité d'obtenir les avis des clients quant à leur niveau de satisfaction à l'égard d'un produit, un service ou une expérience dans sa globalité. L'énoncé suivant fut présenté aux participants : « comment évalueriez-vous votre niveau de satisfaction à l'égard de l'utilisation des fauteuils, sur une échelle de 1 à 5 ? ». L'échelle CSAT utilisée se limitait à un seul item, auquel les participants ont répondu en utilisant une échelle de Lickert à 5 points, allant de « très insatisfait » à « très satisfait ».

5. *Réponses physiologiques*

Les vestes Hexoskin (Carré Technologies Inc., Montréal, Canada) ont été sollicitées en vue de mesurer la fréquence cardiaque, soit le nombre de battements par unité de temps, ainsi que la fréquence respiratoire, soit le nombre de cycles respiratoires par unité de temps.

Les paramètres de fréquence cardiaque dénotent la quantité de pulsations cardiaques effectuées en une minute. L'outil Hexoskin permet une actualisation en continu de cette donnée chaque seconde écoulée. Un calcul de moyenne est effectué pour l'ensemble des données recueillies lors d'un enregistrement. La variabilité de la fréquence cardiaque quantifie les fluctuations des intervalles temporels séparant les pulsations cardiaques.

En ce qui a trait à la fréquence respiratoire, l'appareillage Hexoskin actualise la valeur chaque seconde et similairement à la fréquence cardiaque, une moyenne est déterminée pour chaque session d'enregistrement.

Ces fréquences sont des indicateurs physiologiques critiques dans l'évaluation de l'état de relaxation. Une fréquence cardiaque plus basse est souvent associée à un état de calme, tandis qu'une réduction de la fréquence respiratoire suggère une détente accrue.

6. Cortisol

Le cortisol, souvent désigné comme l'hormone du stress sécrétée par les glandes surrénales, est couramment utilisé comme biomarqueur pour évaluer l'état de relaxation, en raison de son rôle en tant qu'indicateur de l'activité du système nerveux sympathique. La concentration de cette hormone fluctue naturellement au cours de la journée, subissant une décroissance rapide post-éveil, suivie d'une réduction progressive tout au long de la journée, jusqu'à atteindre son point le plus bas aux alentours de minuit (Fries, et al., 2009). De surcroît, une élévation des taux de cortisol est souvent observée en réaction à des stress aigus ou chroniques. La sécrétion de cortisol s'effectue progressivement, culminant habituellement entre 20 à 30 minutes après le début d'une stimulation (Buckingham, 2006). Inversement, un état de relaxation est caractérisé par une diminution de l'activation du système nerveux sympathique et, par conséquent, une baisse des niveaux de cortisol. L'analyse de cortisol salivaire, par sa méthode non invasive, constitue un outil précieux pour quantifier la réactivité de l'axe hypothalamo-pituitaire-surrénalien, qui est activé en situation de stress.

Dans un contexte de la relaxation, une diminution des niveaux de cortisol peut être révélatrice d'une réduction du stress et d'une amélioration de la capacité de l'individu à se détendre (Rogerson et al., 2023). Par conséquent, le suivi des niveaux de cortisol à différents moments de l'expérience peut fournir des informations sur l'efficacité de la séance de relaxation et sur son impact temporel sur l'état de relaxation des participants.

Afin de contrôler les variations circadiennes du cortisol, l'ensemble des tests ont été réalisés entre midi et 17h00 (Lupien et al., 2007). Des prélèvements salivaires ont été réalisés à trois reprises au cours de l'expérimentation : une première fois (C_0) après la pose des outils de mesure physiologiques, une seconde fois (C_1) immédiatement après la fin de la tâche, puis une troisième fois (C_2) 20 minutes après la fin de la tâche. Chaque échantillon prélevé s'élevait à environ 2 ml. L'analyse de la salive a été réalisée en utilisant un kit d'essai immuno-enzymatique de haute précision fourni par Salimetrics®, PA (référence catalogue 1-3002). Les échantillons congelés ont été progressivement ramenés à température ambiante, puis soumis à une centrifugation à une force de 1500xg pendant 15 minutes. Cette procédure a été suivie par le placement des échantillons, comprenant des étalons, des témoins et des échantillons inconnus, dans une microplaque spécialement préparée avec des anticorps monoclonaux ciblant le cortisol. La méthode utilisée permet une détection du cortisol dans une plage de concentration allant de 0,012 à 3 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

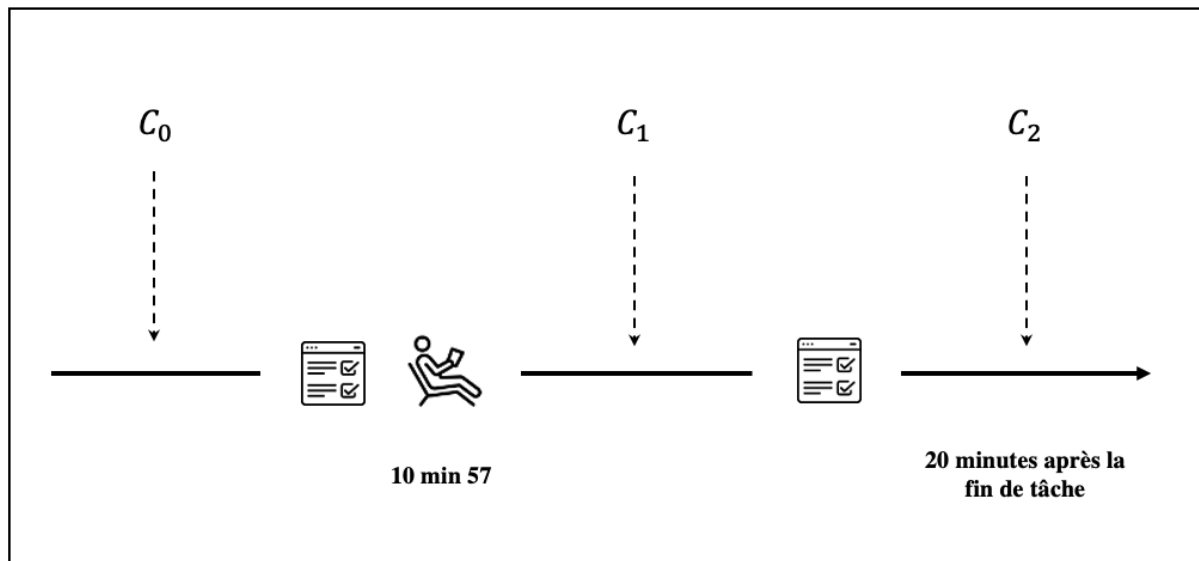


Figure 3. Schéma de la méthodologie

Construit	Échelle	Source
Relaxation	Échelle de type Lickert à 5 points, allant de 1 (pas du tout exact) à 5 (tout à fait exact).	Steghaus et Poth, 2022
Absorption cognitive	Échelle de type Lickert à 5 points, allant de 1 (fortement en désaccord) à 5 (fortement en accord)	Agarwal et al, 2000
Intention d'utilisation	Échelle de type Lickert à 7 points, allant de 1 (tout à fait en désaccord) à 7 (tout à fait en accord)	Zhang et al, 2006
Satisfaction	Échelle de Lickert à 5 points, allant de 1 (très insatisfait) à 5 (très satisfait)	N/a

Tableau 2. Construits de l'étude

4.4 Procédure

Une fois le processus de recrutement des participants achevé, ces derniers ont été aléatoirement assignés à l'une des trois conditions expérimentales. Au moment de leur arrivée, le chercheur a présenté la procédure à suivre. Les participants ont été priés de signer le formulaire de consentement éclairé avant le début de l'étude. La conduite générale de l'expérience a été uniforme pour tous les participants, indépendamment de la condition qui leur était attribuée. L'expérimentation a débuté dès que les instruments de mesure physiologiques ont été placés sur les participants aux emplacements appropriés, et ce, avec leur accord. Un premier échantillon de salive (C₀) a été prélevé, suivi de la complétion d'un questionnaire préexpérimental par les participants.

Par la suite, des instructions concernant la tâche ont été fournies aux participants. Pour la première condition (absence de stimulation haptique), aucune mention n'a été faite quant à la technologie haptique intégrée aux sièges. Les participants ont simplement été invités à se maintenir en position allongée et à conserver les yeux clos tout au long de la tâche. Dans la deuxième condition (stimulation haptique seule), les participants ont été informés que les sièges seraient en mouvement. Il leur a également été demandé de rester allongé lors de la séance de relaxation et d'avoir les yeux clos. Enfin, pour la troisième condition (stimulation haptique et contrôle de l'intensité), les consignes données aux participants étaient identiques à celles de la condition précédente. Cependant, il a été spécifié que les participants avaient la possibilité de régler l'intensité de la stimulation haptique selon leur préférence grâce à un bouton de contrôle fourni. Ils avaient la liberté de modifier cette intensité autant de fois qu'ils le souhaitaient pendant la tâche.

À la suite de la transmission des instructions, les participants ont commencé leur tâche. Celle-ci consistait à expérimenter les sièges zéro gravité au cours d'une séance de relaxation de 11 minutes, accompagnée d'une bande sonore identique pour toutes les conditions. Pendant la séance, les participants étaient allongés et invités à garder les yeux fermés afin de maximiser leur immersion dans l'expérience. Le chercheur attendait à l'extérieur pendant la tâche afin de ne pas perturber la séance de relaxation. La fin de la bande sonore marquait la conclusion de la tâche, signalant ainsi le moment où le chercheur était en mesure de regagner la salle. À l'issue de la condition, un second échantillon salivaire (C_1) a été prélevé. Les participants ont ensuite rempli un questionnaire post-expérimental, suivi d'une entrevue visant à recueillir leurs impressions sur l'utilisation des sièges zéro gravité. Enfin, un dernier prélèvement salivaire (C_2) a été effectué 20 minutes après la fin de la tâche.

CHAPITRE 5 : Résultats

5.1 Effet de la stimulation haptique sur la relaxation (H1a)

L'hypothèse H1 examine l'effet de la stimulation haptique sur l'état de relaxation des utilisateurs. Il est attendu que la stimulation haptique (CVK) entraîne une augmentation significative de l'état de relaxation, tant sur le plan subjectif que physiologique, par rapport à l'absence de stimulation (C1). Pour tester cette hypothèse, trois types de mesures ont été analysés : le score de relaxation perçu (RSQ), les indicateurs physiologiques recueillis par le dispositif Hexoskin, et les concentrations de cortisol.

Le score de relaxation perçu, noté RSQ_aug, représente la différence entre le score de relaxation mesuré avant la séance de relaxation (RSQ_pre) et celui mesuré après la séance de relaxation (RSQ_post). Afin de tester l'hypothèse H1a, un test de rangs de Wilcoxon a été effectué. Les résultats indiquent une différence entre la condition sans stimulation haptique (C1) et les conditions avec stimulation (CVK) ($Z = -1.4645, p = 0.0713$) avec un score de relaxation plus élevé pour CVK. Toutefois, cette différence n'est pas statistiquement significative.

Les mesures physiologiques recueillies par le dispositif Hexoskin ont permis d'observer l'évolution de l'état de relaxation des participants à travers deux indicateurs clés : la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) et le débit ventilatoire moyen. Un test de rangs de Wilcoxon a révélé que les participants des conditions avec stimulation haptique (CVK) présentent une HRV significativement plus basse que ceux de la condition sans haptique (C1) ($Z = 2,263, p = 0,0107$). De manière similaire, on observe une diminution significative du débit ventilatoire moyen chez les participants de la condition CVK par rapport à ceux de la condition C1 ($Z = 2,1449, p = 0,015$).

Afin de discerner la relation entre la concentration de cortisol salivaire et les modalités expérimentales, l'analyse statistique s'est appuyée sur le test de Kruskal-Wallis. Cette

méthode, destinée aux comparaisons multiples, n'a pas révélé de différence statistiquement significative entre les trois conditions expérimentales, selon les valeurs ajustées de p par la méthode de Holm. Les valeurs basales (BL) ont été standardisées à l'unité, facilitant ainsi une comparaison uniforme. Sur cette base standardisée, l'aire sous la courbe (AUC), qui synthétise la concentration totale de cortisol pendant la durée de l'expérience, a été calculée en considérant des intervalles de temps homogènes entre les moments de mesure initiaux (BL), intermédiaires et finaux.

Les niveaux de cortisol ont été mesurés à trois moments de l'expérience : lors de l'arrivée des participants (Baseline), immédiatement après la séance de relaxation (S1) et 20 minutes après la fin de la séance (S2). Ces trois temps de prélèvement correspondent respectivement à un état de référence (Baseline), un état post-séance immédiat (S1), et un état post-séance différé (S2). À partir de ces prélèvements, trois mesures ont été utilisées pour les analyses, à savoir S1_b ($S1 - B$), S2_b ($S2 - BL$) et d21 ($S2 - S1$). Des comparaisons par paires ont été réalisées en utilisant le test de somme des rangs de Wilcoxon. Les résultats ne révèlent aucune différence significative dans la concentration de cortisol entre les conditions C1 et CVK, et ce, pour les trois mesures analysées.

Condition	Variable	Statistique	Z	p-value
C1 vs CVK	S1_b	199.5	-0.7384	0.2304
C1 vs CVK	S2_b	197	-0.8222	0.2082
C1 vs CVK	d21	229	0.2181	0.4118

Tableau 3. Cconcentration de cortisol entre les conditions C1 et CVK

Les rapports C_1 / BL et C_2 / BL de même que la différence entre ces rapports, ont été déterminés pour quantifier les variations relatives de la concentration de cortisol durant les

différentes phases de l'étude. Les prélèvements C_1 et finaux C_2 ont été effectués consécutivement à la réalisation de la tâche assignée. Cependant, le prélèvement C_1 , qui précède la tâche, correspond aux indicateurs physiologiques préalables à celle-ci, et C_2 bien que recueilli vingt minutes après la tâche, est interprété comme représentatif des réactions physiologiques immédiatement consécutives à la tâche en raison du décalage temporel caractéristique de la sécrétion de cortisol.

Dans le cadre de l'analyse des variations du taux de cortisol salivaire, les ratios des concentrations post-tâche par rapport à la mesure de base (BL) ont été examinés pour chaque condition. Au sein de la première condition expérimentale, la concentration de cortisol mesurée immédiatement après la tâche (C_1) se chiffrait à $0,87 \mu g/dL$ et de $0,70 \mu g/dL$ pour l'échantillon subséquent (C_2), signalant une décroissance de la concentration de cortisol à la suite de la tâche. La seconde condition expérimentale révèle une baisse de la concentration de cortisol à $0,98 \mu g/dL$ pour C_1 , située légèrement en dessous de la valeur de référence normalisée à $1 \mu g/dL$. Cette diminution se prolonge jusqu'à C_2 , où la concentration de cortisol enregistrée est de $0,80 \mu g/dL$. La troisième condition affiche des concentrations de $0,88$ pour le prélèvement intermédiaire, et de $0,66$ pour le dernier prélèvement, évoquant une réduction plus accentuée de cortisol post-tâche.

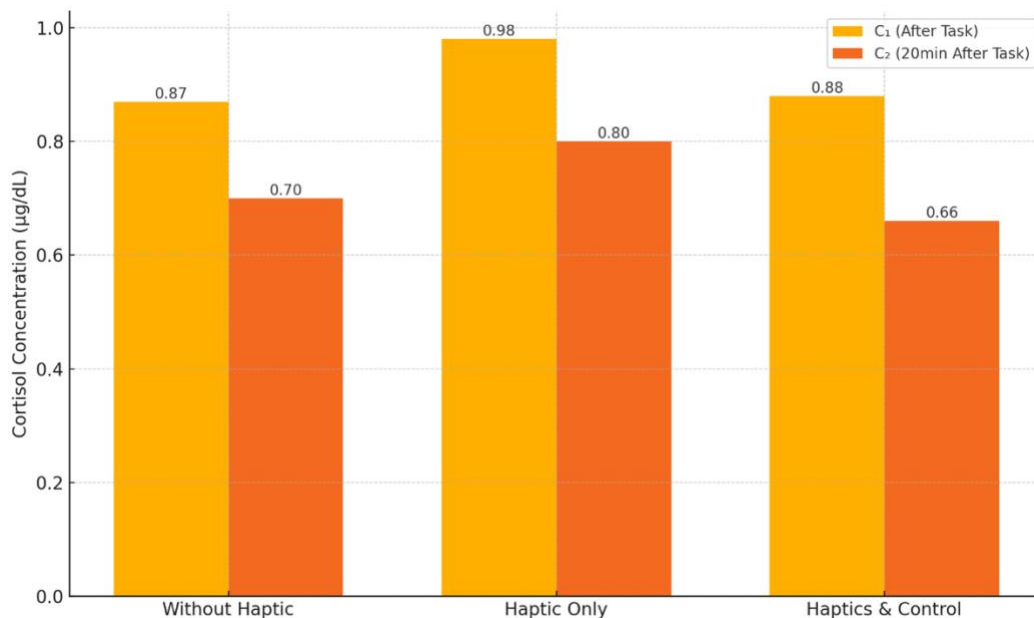


Figure 4. Graphique sur la concentration de cortisol par condition et par prélèvement

En procédant à une analyse comparative des conditions, on remarque que la condition 2 affiche le taux initial et final le plus conséquent. Inversement, bien que la condition 3 enregistre un taux C_1 relativement similaire à la condition 1, le taux pour C_2 s'avère être le plus faible. Ces rapports indiquent une tendance à la baisse de la concentration de cortisol depuis l'état initial (BL) jusqu'aux phases C_1 et C_2 . Néanmoins, bien que ces variations soient observables, elles ne constituent pas des différences statistiquement significatives, comme le révèle l'ajustement des valeurs p . Cela suggère que, malgré les tendances perceptibles dans la modulation du taux de cortisol, les conditions expérimentales n'ont pas eu d'impact différencié substantiel sur les niveaux de cortisol mesurés.

En conclusion, les données obtenues soutiennent partiellement l'hypothèse H1. Bien que les résultats montrent une augmentation plus importante du score RSQ pour CVK et une diminution des concentrations de cortisol chez les participants, il n'y a pas de différences significatives entre la condition sans haptique ($C1$) et les conditions avec haptique (CVK) pour ces mesures. Toutefois, les mesures physiologiques recueillies par le dispositif Hexoskin révèlent des variations significatives du HRV et du débit ventilatoire moyen, suggérant que la stimulation haptique pourrait potentiellement influencer certaines réponses physiologiques liées à la relaxation.

5.2 Effet de la stimulation haptique sur l'absorption cognitive (H1b)

Dimension	Chi Square	DF	Prob
AC	0.0420	2	0.9792
DT	0.3168	2	0.8535
IM	4.1314	2	0.1267
PA	0.8336	2	0.6591
CO	9.9453	2	0.6591
CU	4.1972	2	0.1226

Tableau 4. Résultats des dimensions de l'absorption cognitive selon les conditions

Dimension	Statistic	Z	tProb2	Adjusted p-value	Pair of conditions compared
CO	98.5000	-2.9698	0.0069	0.0207	C1 vs C2
CO	108.0000	-2.4070	0.0245	0.049	C1 vs C3
CO	151.0000	0.0290	0.9771	0.9771	C2 vs C3

Tableau 5. Comparaison des scores de contrôle entre les conditions expérimentales

L'hypothèse H1b portait sur l'effet de l'absorption cognitive des utilisateurs. Il était attendu que la stimulation haptique augmente significativement l'état d'absorption cognitive. Afin de tester l'hypothèse, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer les effets des trois conditions expérimentales sur les cinq dimensions qui composent l'absorption cognitive : dissociation temporelle, immersion focalisée, le plaisir accru, le contrôle et la curiosité. Les résultats de l'étude révèlent une distinction significative se rapportant exclusivement à la dimension de contrôle ($\chi^2 = 9.9453, df = 2, p = 0.0069$).

Dans le cadre de cette différence des comparaisons par paires ont ensuite été effectuées à l'aide du test de Wilcoxon avec ajustement des *p-value* selon la méthode de Holm. Les résultats montrent une différence statistiquement significative entre les conditions C1 (sans haptique) et C2 (avec haptique) ($Z = -2.9698, p = 0.0069, p_{\text{adjust}} = 0.0207$), ainsi qu'entre C1 (sans haptique) et C3 (haptique et contrôle) ($Z = -2.4070, p = 0.0245, p_{\text{adjust}} = 0.049$). Aucune différence significative n'a été observée entre C2 et C3.

Il s'est avéré que le score de contrôle était plus élevé lorsque la stimulation haptique était absente, c'est-à-dire dans la condition 1. De manière plus précise, le score de contrôle s'est révélé significativement supérieur dans la condition sans stimulation haptique par rapport aux conditions avec stimulation haptique que celle-ci soit appliquée seule ou conjointement avec la possibilité de réguler l'intensité. Cette observation suggère que la présence de stimulation haptique, qu'elle soit assortie ou non de la possibilité de moduler son intensité, a eu un impact sur la perception qu'ont eu les participants de leur capacité à maîtriser ou à influencer leur interaction avec la technologie.

Aucune différence significative n'a été relevée pour les autres dimensions de l'absorption cognitive. En somme, les résultats n'ont pas permis de confirmer l'hypothèse H1b. Non seulement la stimulation haptique n'a pas eu l'effet attendu sur l'absorption cognitive, mais les résultats suggèrent une tendance inverse, avec un score de contrôle plus élevé dans la condition sans haptique.

5.3 Effet de la capacité de contrôler la stimulation haptique sur la relaxation (H2)

L'hypothèse H2 examine l'effet de la capacité à contrôler l'intensité de la stimulation haptique sur l'état de relaxation des utilisateurs. Il est attendu que la condition permettant aux utilisateurs de régler eux-mêmes l'intensité de la stimulation (C3) entraîne une augmentation significative de l'état de relaxation, tant sur le plan subjectif que physiologique. Afin de tester cette hypothèse, seules les conditions C2 et C3 ont été comparées. La condition C2 incluant uniquement la stimulation haptique, et la condition C3, intégrant le contrôle en complément de la stimulation, ont été comparées afin d'isoler l'effet spécifique du contrôle. Trois types de mesures ont été analysés : le score de relaxation perçu (RSQ), les indicateurs physiologiques recueillis par le dispositif Hexoskin, et les concentrations de cortisol.

Le score de relaxation perçu, noté RSQ_{aug} , représente la différence entre le score de relaxation mesuré avant la séance de relaxation (RSQ_{pre}) et celui mesuré après la séance de relaxation (RSQ_{post}). Afin de tester l'hypothèse H2, un test de rangs de Wilcoxon a été effectué. Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre les conditions entre les conditions C2 et C3 ($Z = 0,03472, p = 0,3614$). Ces résultats suggèrent que la capacité à contrôler l'intensité de la stimulation haptique n'a pas eu d'effet significatif sur le score de relaxation perçu.

Les mesures physiologiques recueillies par le dispositif Hexoskin ont permis d'observer l'évolution de l'état de relaxation des participants à travers deux indicateurs clés : la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) et le débit ventilatoire moyen. Un test de rangs de Wilcoxon a révélé qu'aucune différence significative n'a été observée entre les conditions C2 et C3, que ça soit pour la HRV ($Z = -0,6425, p = 0,2644$) ou pour le débit ventilatoire moyen ($Z = -0,3402, p = 0,3697$).

Les niveaux de cortisol ont été mesurés à trois moments de l'expérience : lors de l'arrivée des participants (Baseline), immédiatement après la séance de relaxation (S1) et 20 minutes après la fin de la séance (S2). Ces trois temps de prélèvement correspondent respectivement

à un état de référence (Baseline), un état post-séance immédiat (S1), et un état post-séance différé (S2). À partir de ces prélèvements, trois mesures ont été utilisées pour les analyses, à savoir S1_b ($S1 - B$), S2_b ($S2 - BL$) et d21 ($S2 - S1$). Des comparaisons par paires ont été réalisées en utilisant le test de Wilcoxon. Les résultats révèlent une concentration de cortisol significativement plus élevée dans la condition C2 par rapport à la condition C3, et ce, pour les trois mesures analysées.

Condition	Variable	Statistique	Z	p-value
C2 vs C3	S1_b	197,5	2,7141	0,0024
C2 vs C3	S2_b	190	2,2805	0,0102
C2 vs C3	d21	185,5	2,0212	0,02

Tableau 6. Concentration de cortisol entre les conditions C2 et C3

En conclusion, les résultats soutiennent partiellement l'hypothèse H2. Si le contrôle de la stimulation haptique n'a pas influencé la perception subjective de la relaxation, mesurée par le RSQ, ni les indicateurs physiologiques enregistrés par le dispositif Hexoskin (HRV et débit ventilatoire moyen), une différence notable a été observée dans la concentration de cortisol. Les analyses ont révélé que les taux de cortisol étaient significativement plus élevés dans la condition C2 (haptique seul) par rapport à C3 (haptique avec contrôle) pour les trois mesures considérées. Ces résultats suggèrent que la possibilité de contrôler la stimulation haptique pourrait en partie atténuer la réponse physiologique au stress, bien que cette modulation ne se reflète pas dans les perceptions subjectives de la relaxation ni dans les autres paramètres physiologiques mesurés.

5.4 Effet de la relaxation sur la satisfaction (H3a)

L'hypothèse H3a examine l'effet de la relaxation sur la satisfaction des utilisateurs. Il est attendu que l'état de relaxation entraîne une augmentation significative de la satisfaction. Afin de tester cette hypothèse, une analyse par régression logistique cumulative a été réalisée pour chaque mesure, en tenant compte du score de relaxation perçu (RSQ), des indicateurs physiologiques recueillis par les dispositifs Hexoskin, et des niveaux de cortisol. Les résultats des analyses résumés dans le tableau ci-dessous, n'indiquent qu'aucune des mesures évaluées ne présente de différence statistiquement significative ($p > 0.05$). Toutefois, une tendance a été observée pour la mesure du débit ventilatoire moyen ($p = 0.0957$). Bien que non significative, cette tendance suggère qu'un débit ventilatoire plus élevé pourrait être associé à une satisfaction plus importante. En somme, les résultats n'ont pas permis de confirmer l'hypothèse H3a. Non seulement l'état de relaxation n'a pas eu l'effet attendu sur la satisfaction, mais les résultats suggèrent une tendance inverse, avec un débit ventilatoire moyen plus élevé qui entraînerait une hausse de la satisfaction.

5.5 Effet de l'absorption cognitive sur la satisfaction (H3b)

L'hypothèse H3b examine l'effet de l'absorption cognitive sur la satisfaction des utilisateurs. Il est attendu que l'absorption cognitive entraîne une augmentation significative de la satisfaction. Afin de tester cette hypothèse, une analyse par régression logistique cumulative a été réalisée. Les résultats des analyses indiquent qu'un état d'absorption cognitive plus élevé est associé à un plus haut niveau de satisfaction ($t = -2.66, p = 0,0118$). Les résultats soutiennent l'hypothèse H3b, suggérant qu'un état plus élevé d'absorption cognitive est associé à une satisfaction plus accrue chez les participants.

5.6 Effet de la satisfaction sur l'intention d'utilisation (H4)

L'hypothèse H4 examine l'effet de la satisfaction sur l'intention d'utilisation des utilisateurs. Il est attendu que la satisfaction entraîne une hausse significative de l'intention d'utilisation. Afin de tester cette hypothèse, une analyse par régression logistique a été réalisée.

Les résultats des analyses indiquent qu'un niveau plus élevé de satisfaction est associé à une intention d'utilisation plus élevée ($t = 2.7, p = 0,01108$). Les résultats soutiennent l'hypothèse H4, suggérant qu'un niveau de satisfaction plus élevé est associé à une intention d'utilisation plus accrue chez les participants.

CHAPITRE 6 : Discussion

La présente étude avait pour but d'explorer l'incidence de la stimulation haptique, générée par des sièges équipés de cette technologie, sur les réponses physiologiques et psychologiques des participants dans un cadre dédié à la relaxation.

Le premier objectif était d'explorer l'effet de la stimulation haptique sur l'expérience de relaxation ainsi que sur l'absorption cognitive. Les résultats ont révélé des variations significatives des indicateurs physiologiques recueillies par le dispositif Hexoskin, entre la condition sans stimulation haptique et les conditions incluant cette technologie (H1a). Les variations indiquent que les participants des conditions avec haptique (CVK) ont présenté une variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) plus faible ainsi qu'un débit ventilatoire moyen réduit par rapport à la condition sans stimulation haptique. Ces résultats suggèrent que les participants de CVK étaient physiologiquement plus détendus, en cohérence avec la littérature, qui associe la relaxation à des modifications physiologiques, telles qu'une diminution du rythme cardiaque, de la fréquence respiratoire et des niveaux de cortisol, témoignant ainsi d'une réduction des marqueurs biologiques du stress (Benson, 1975, Rogerson et al., 2023, Smith, 2005). Par ailleurs, conformément aux attentes, les niveaux de cortisol ont diminué après la séance de relaxation dans toutes les conditions, sans toutefois révéler de différence significative entre les groupes.

Des évolutions des états psychologiques ont été constatées, comme en témoignent l'augmentation des scores au Relaxation State Questionnaire (RSQ) dans toutes les conditions après l'expérience, par rapport à avant celle-ci. Bien que le score de RSQ de la condition CVK soit supérieur à celui de la condition sans stimulation haptique, cette différence n'a pas atteint un seuil de significativité statistique.

Concernant l'absorption cognitive (H1b), les attentes selon lesquelles la stimulation haptique influencerait positivement les différentes dimensions, notamment l'immersion (Ramsamy, et al., 2006, Rose, et al., 2018), le plaisir (Giroux, et al., 2019) et la curiosité (Minaker, et al., 2016), n'ont pas été confirmées. Aucune différence significative n'a été observée, à l'exception de la dimension du contrôle, dont le score s'est avéré plus élevé dans la condition sans stimulation. Ces résultats indiquent que la stimulation haptique n'a pas eu les effets escomptés sur l'absorption cognitive, en contraste avec les conclusions des études antérieures.

Le second objectif visait à évaluer l'influence du contrôle exercé par les utilisateurs sur leur expérience de relaxation (H2). Bien que le contrôle de l'intensité de la stimulation haptique n'ait pas eu d'effet significatif sur les mesures subjectives de relaxation (RSQ) ou les indicateurs physiologiques mesurés par le dispositif Hexoskin (HRV et débit ventilatoire moyen), une différence notable a été observée dans les niveaux de cortisol. Les concentrations de cortisol étaient significativement plus basses dans la condition où les participants pouvaient ajuster l'intensité de la stimulation haptique (C3) par rapport à la condition sans contrôle (C2). Ce résultat suggère que la possibilité de contrôler la stimulation pourrait atténuer certaines réponses physiologiques au stress, bien que cet effet ne se traduise pas nécessairement sur les perceptions subjectives des participants.

Un résultat additionnel, non intégré aux analyses en raison de son apparition tardive en fin d'expérience, met en lumière l'effet prolongé de la stimulation haptique, combinée à la possibilité d'en ajuster l'intensité. Cet effet s'est manifesté par une diminution du rythme cardiaque pendant la session, et qui s'est maintenue après l'expérience, suggérant la persistance un état de relaxation prolongé par rapport aux autres conditions. Tous les participants n'ayant pas utilisé la fonctionnalité de contrôle de l'intensité, ces observations s'alignent avec la littérature, qui souligne que le contrôle perçu peut contribuer à moduler certaines réponses biologiques au stress (Bollini, et al., 2004, Magin, et al., 2024).

Enfin, le dernier objectif visait à examiner les liens entre l'état de relaxation, l'absorption cognitive, la satisfaction et l'intention d'utilisation. Les résultats ont indiqué que l'état de relaxation mesuré par les indicateurs physiologiques et psychologiques n'avait pas l'effet attendu sur la satisfaction (H3a).

Les données obtenues ont révélé qu'un état élevé d'absorption cognitive est étroitement lié à un niveau accru de satisfaction (H3b). Cette observation s'inscrit dans la continuité des travaux précédents, qui identifient l'absorption cognitive comme déterminant majeur de la satisfaction des utilisateurs (Butt, et al., 2022, Deng, et al., 2010, Jumaan, et al., 2020).

De même, un niveau élevé de satisfaction est lié à une intention d'utilisation plus marquée (H4), en cohérence avec les travaux empiriques et cadres théoriques qui suggèrent que la satisfaction constitue un levier essentiel au renforcement de l'intention des utilisateurs à poursuivre l'usage d'une technologie (Oliver, 1980, Roca, et al., 2006).

Cette étude apporte des contributions significatives aux domaines des technologies haptiques et du bien-être, tout en proposant des pistes novatrices. Bien que les résultats rejoignent en partie la littérature existante sur le potentiel des technologies haptiques dans la gestion des symptômes de stress (McDaniel et Panchanathan, 2020), cette recherche se distingue par son objectif d'aller au-delà de la simple réduction de symptômes. L'ambition de cette étude réside dans la volonté d'induire un état de relaxation, en prenant le problème du stress dans le sens inverse : prévenir les effets négatifs avant même leur apparition. Sur le plan pratique, cette étude fournit des recommandations pour le développement de dispositifs haptiques dans des contextes variés. En proposant une technologie accessible, non invasive et adaptable, cette recherche ouvre la voie à des applications innovantes pour le bien-être. Enfin, cette étude s'inscrit dans une perspective sociétale et industrielle, en répondant aux enjeux croissants de santé mentale et de qualité de vie. En intégrant des technologies haptiques dans une optique de prévention et de promotion de la relaxation, cette recherche propose des solutions adaptées aux besoins contemporains.

Malgré ces contributions, l'interprétation des résultats doit tenir compte de certaines limites. D'emblée, la conception expérimentale présente des contraintes inhérentes au

contexte contrôlé de la salle d'expérimentation. Ce cadre, bien qu'idéal pour isoler les variables d'intérêts et minimiser les biais externes, ne reflète pas pleinement les conditions réelles d'utilisation des dispositifs haptiques. Dans des environnements naturels, tels que des espaces domestiques ou professionnels, les interactions avec cette technologie pourraient différer substantiellement, influençant à la fois la perception des utilisateurs et l'efficacité des dispositifs.

La taille réduite de l'échantillon, limitée à 36 participants, constitue une autre restriction, réduisant la portée des conclusions et leur généralisation. Des efforts ont été déployés pour équilibrer les paramètres sociodémographiques, notamment en assurant une répartition égale entre les sexes et en ciblant une tranche d'âge comprise entre 25 et 45 ans. Toutefois, le choix d'une population exclusivement québécoise, bien que pertinent dans le cadre de l'étude, réduit la représentativité des résultats à d'autres contextes culturels ou géographiques.

De surcroît, l'évaluation du stress initial des participants avant leur participation à l'étude constitue également une limite importante. Bien que des mesures physiologiques, notamment des prélèvements de cortisol, aient été réalisées dès leur arrivée, il n'a pas été possible de contrôler les événements ou facteurs potentiellement stressants auxquels ils auraient pu être exposés avant leur venue. Les premiers prélèvements de cortisol offrent une image de l'état physiologique des participants à leur arrivée, mais ne permettent pas d'appréhender pleinement les variations potentielles de stress pouvant survenir dans les heures précédentes.

Certaines influences, telles que l'effet de la nouveauté ou des inconforts liés à des sensibilités à la cinétose (*motion sickness*), ont également pu moduler l'expérience des participants. La nouveauté du dispositif haptique, particulièrement pour des utilisateurs peu familiers avec ce type de technologie, peut avoir temporairement amplifié les évaluations positives en raison de l'attrait associé à la technologie. À l'inverse, des malaises physiques chez les participants sensibles aux stimulations prolongées pourraient avoir perturbé l'expérience de relaxation et influencé négativement les résultats.

Enfin, l'étude s'est focalisée sur un unique type de siège haptique, limitant ainsi l'exploration à d'autres configurations technologiques. L'intégration de modalités complémentaires, telles que des retours thermiques ou olfactifs, aurait permis de concevoir des expériences multisensorielles plus immersives. Une comparaison avec d'autres technologies, comme de la réalité virtuelle ou les applications numériques de relaxation, aurait également permis de mieux situer l'efficacité des dispositifs haptiques dans un paysage technologique plus large. Ces limites appellent à des recherches futures pour approfondir et enrichir les connaissances dans ce domaine.

Conclusion

L'objectif de ce mémoire était d'examiner l'incidence de la stimulation haptique sur le processus de relaxation, en s'intéressant non seulement à son efficacité à induire un état de relaxation, mais également sur le rôle du contrôle utilisateur dans cette expérience, tout en accordant une attention particulière aux dimensions psychologiques et physiologiques qui la sous-tendent. Cette étude s'inscrit dans un contexte où les soins à distance connaissent une expansion rapide, en réponse aux défis liés à la disponibilité limitée des ressources humaines dans le secteur de la santé. Dans ce cadre, la technologie haptique, se positionne comme une modalité thérapeutique innovante, offrant des solutions complémentaires pour enrichir l'offre de soins. Elle favorise une exploration proactive des états de relaxation, visant à prévenir les effets du stress en adoptant une démarche préventive plutôt qu'une approche curative.

Questions de recherche

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude a intégré des mesures subjectives et objectives, intégrant des données auto-rapportées et des indicateurs physiologiques afin d'évaluer les changements liés à la relaxation et d'approfondir la compréhension des états psychologiques et émotionnels des participants. Cette démarche a permis de répondre aux questions de recherche suivantes :

- 1. Dans quelle mesure la stimulation haptique influence-t-elle l'expérience de relaxation et l'absorption cognitive ?*
- 2. Dans quelle mesure la capacité de contrôler l'intensité de la stimulation haptique influence-t-elle l'expérience de relaxation ?*

3. *Dans quelle mesure l'état de relaxation et l'absorption cognitive, influencés par la stimulation haptique, affectent-ils la satisfaction et l'intention d'utilisation ?*

Principaux résultats

Les résultats de cette étude apportent une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents à l'interaction entre la stimulation haptique et la relaxation. Ils suggèrent que la stimulation haptique présente un potentiel pour induire de la relaxation, comme en témoignent les variations physiologiques observées, notamment la diminution de la fréquence cardiaque (HRV) et du débit ventilatoire moyen. Par ailleurs, les concentrations de cortisol ont diminué chez tous les participants après la session, avec des réductions plus marquées dans les conditions impliquant des retours haptiques, particulièrement lorsque les participants pouvaient contrôler l'intensité de la stimulation. La possibilité de contrôler la stimulation haptique pourrait donc en partie atténuer la réponse physiologique au stress, bien que cette modulation ne se reflète pas dans les perceptions subjectives de la relaxation. En revanche, les résultats n'indiquent pas d'effets significatifs de la stimulation haptique sur la majorité des dimensions de l'absorption cognitive à l'exception de celle du contrôle qui s'est avérée plus élevée en l'absence de stimulation. Néanmoins, l'absorption cognitive a émergé comme un facteur déterminant de la satisfaction, laquelle est directement liée à l'intention d'utilisation. Enfin, la relaxation n'a pas eu d'effet significatif sur la satisfaction.

Contributions et implications théoriques

Ainsi, cette recherche contribue à élargir les connaissances sur le potentiel thérapeutique, de la technologie haptique, tout en soulignant son intérêt dans les approches préventives et curatives. En adoptant une perspective notatrice, centrée sur l'induction de la relaxation, elle ouvre de nouvelles perspectives pour le développement de l'intervention haptique, adaptée aux besoins croissants de la société contemporaine. Ce mémoire contribue à la littérature scientifique en proposant une approche différente, centrée, non seulement sur la

réduction des symptômes de stress, mais également sur l'induction proactive d'un état de relaxation. En adoptant cette perspective préventive, l'étude enrichit les connaissances sur le potentiel de la technologie haptique dans la gestion du stress et ouvre la voie à des applications centrées sur le bien-être et la santé. Cette recherche fournit également un cadre empirique pour guider de futures recherches.

Limites

Malgré ces contributions, l'interprétation des résultats doit toutefois tenir compte de certaines limites. La conception expérimentale, réalisée dans un environnement contrôlé, ne reflète pas pleinement les conditions réelles d'utilisation, ce qui peut influencer les perceptions des utilisateurs. La taille limitée de l'échantillon et son homogénéité réduisent la portée des résultats. De plus, les facteurs externes n'ont pas pu être entièrement contrôlés, tels que l'effet de nouveauté, l'inconfort physique et les facteurs de stress antérieurs à l'arrivée des participants. Enfin, l'utilisation d'un seul type de dispositif limite l'exploration de configurations technologiques et haptiques alternatives, appelant à des recherches futures pour approfondir ces aspects.

Conclusion

En somme, ce mémoire met en lumière le potentiel prometteur de la technologie haptique pour favoriser un état de relaxation, enrichir les pratiques de soins et améliorer l'expérience utilisateur. Bien que certaines limites méthodologiques subsistent, les résultats obtenus contribuent à enrichir le corpus de connaissances scientifiques tout en ouvrant des perspectives pour des applications novatrices dans les domaines de la santé et du bien-être. En alliant des contributions théoriques à des implications pratiques tangibles, cette recherche établit des bases solides pour de futures évolutions dans ce domaine.

En favorisant une exploration proactive des états de relaxation, la technologie haptique ouvre la voie à des stratégies axées sur la prévention et complémentaires aux approches traditionnelles principalement centrées sur la gestion de symptômes. Ce mémoire constitue une étape significative vers une intégration durable des dispositifs haptiques dans des solutions thérapeutiques centrées sur l'humain, répondant aux besoins contemporains en matière de santé et de bien-être.

Annexes

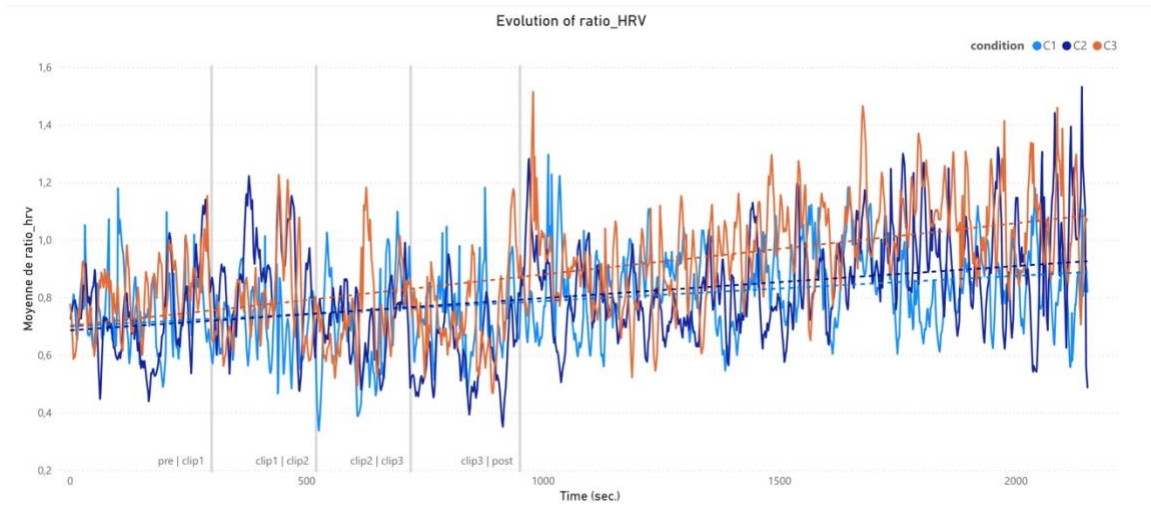


Figure 5. Évolution de la variabilité du rythme cardiaque des trois conditions expérimentales

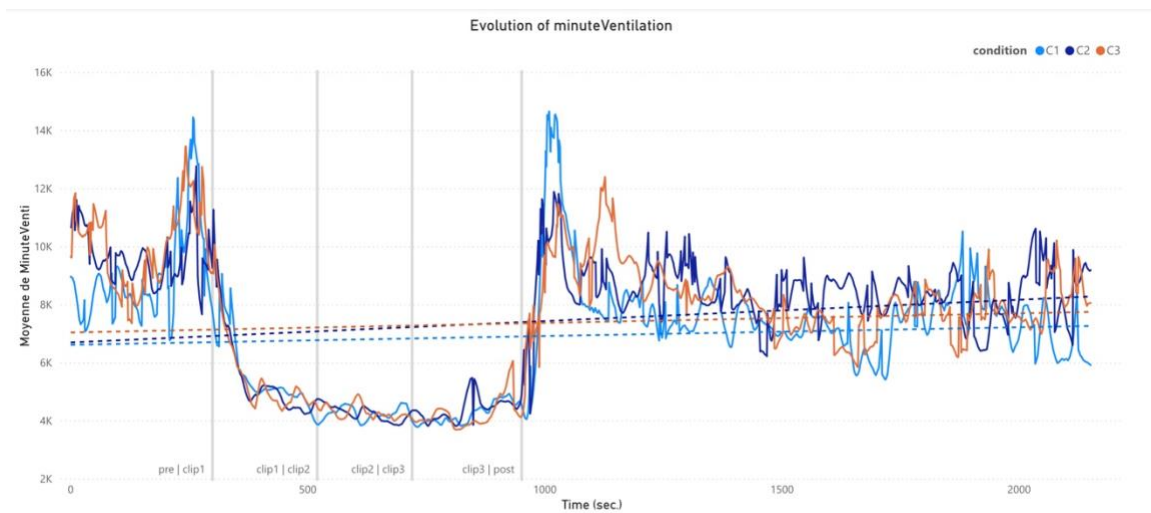


Figure 6. Évolution de débit ventilatoire moyen des trois conditions expérimentales

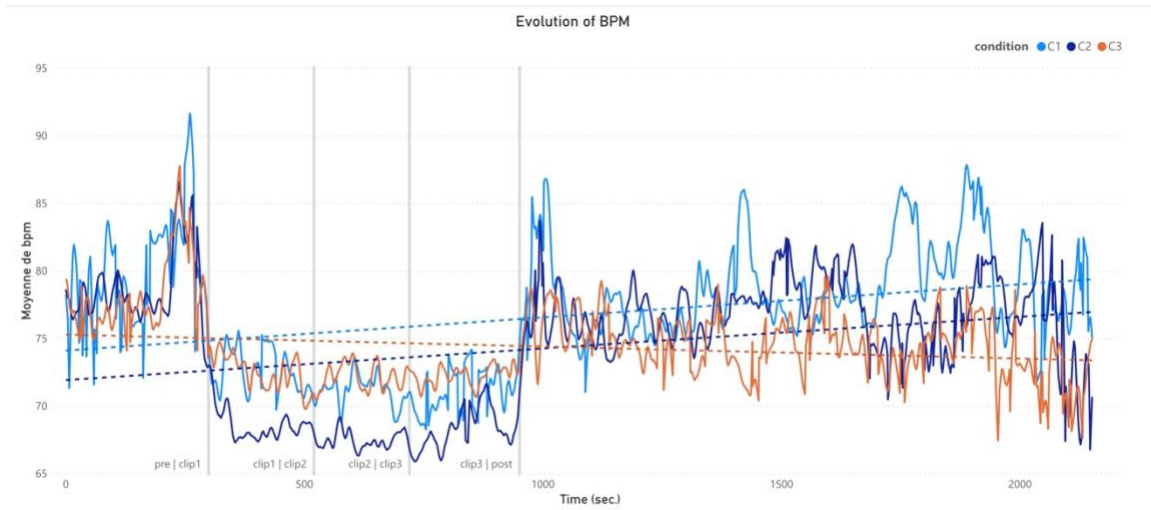


Figure 7. Évolution du rythme cardiaque des trois conditions expérimentales



Figure 8. Photographie des sièges zéro gravité

Tableau 7. Construits et questionnaires

Construit	Échelle	Items	Traduction	Source
Relaxation	Relaxation State Questionnaire	My muscles feel loose.	Mes muscles sont relâchés.	Steghaus et Poth, 2022
		My muscles feel relaxed.	Mes muscles sont détendus.	
		My muscles feel tense and cramped (clenched fist and/or jaw; furrowed brow).	Mes muscles sont tendus et contractés (poing et/ou mâchoire serrés ; sourcils froncés).	
		I'm feeling sleepy and tired.	Je me sens somnolent(e) et fatigué(e).	
		I'm feeling refreshed and awake.	Je me sens revigoré(e) et éveillé(e).	
		I'm about to doze off.	Je suis sur le point de m'endormir.	
		My breathing is faster than usual.	Ma respiration est plus rapide que d'habitude.	
		My heart is beating faster than usual.	Mon coeur bat plus rapidement que d'habitude.	
		I'm feeling very relaxed.	Je me sens très détendu(e).	
Absorption cognitive	Cognitive Absorption Scale	Time appears to go by very quickly when I am using the web.	Le temps semble passer très rapidement lorsque j'utilise le fauteuil.	Agarwal et al, 2000
		Sometimes I lose track of time when I am using the web.	Parfois, je perds la notion du temps lorsque j'utilise le fauteuil.	

Time flies when I am using the web.	Le temps file lorsque j'utilise le fauteuil.
When on the web, I get distracted by other attentions very easily.	Lorsque j'utilise le fauteuil, je parviens à bloquer la plupart des autres distractions.
While using the web, I am absorbed in what I am doing.	Lorsque j'utilise le fauteuil, je suis absorbé(e) par ce que je fais.
While on the web, I am immersed in the task I am performing.	Lorsque j'utilise le fauteuil, je suis immergé(e) dans la sensation que j'éprouve.
While on the web, my attention does not get diverted very easily.	Lorsque j'utilise le fauteuil, mon attention ne se détourne pas facilement.
I have fun interacting with the the web.	J'ai du plaisir à utiliser le fauteuil.
Using the web provides me with a lot of enjoyment.	L'utilisation du fauteuil me procure beaucoup de plaisir.
I enjoy using the web.	J'apprécie utiliser le fauteuil.
Using the web bores me.	Utiliser un fauteuil m'ennuie.
When using the web I feel in control.	Lorsque j'utilise le fauteuil, je me sens en contrôle.
I feel that I have no control over my interaction with the web.	J'ai l'impression de ne pas avoir de contrôle sur mon

			interaction avec le fauteuil.	
		The web allows me to control my computer interaction.	Le fauteuil me permet de contrôler mon expérience de relaxation.	
		Using the web excites my curiosity.	Utiliser les fauteuils éveille ma curiosité.	
		Interacting with the web makes me curious.	Interagir avec ce fauteuil me rend curieux(se).	
Intention d'utilisation		I plan to use the web in the future.	Je prévois de continuer à utiliser les fauteuils à l'avenir.	Zhang et al, 2006
		I intend to continue using the web in the future.	J'ai l'intention d'utiliser les fauteuils à l'avenir.	
		I expect my use of the web to continue in the future.	Je m'attends à ce que mon utilisation des fauteuils se poursuive à l'avenir.	

Bibliographie

Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS quarterly*, 665-694.

Ahmed, S., & Al Mahmud, A. (2023, December). Developing a Simulated Driving Environment using Assetto Corsa with Vibro-tactile Feedback on a Steering Wheel for aiding Research into Multi-Modal Human-Vehicle Interaction. In *2023 26th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)* (pp. 1-6). IEEE.

American Massage Therapy Association (AMTA) (2021). « Massage Industry Fact Sheet ». Consulté le 1 septembre 2023, à l'adresse <https://www.amtamassage.org/publications/massage-industry-fact-sheet/>

Amutio, A., Martínez-Taboada, C., Hermosilla, D., & Delgado, L. C. (2015). Enhancing relaxation states and positive emotions in physicians through a mindfulness training program: a one-year study. *Psychology, health & medicine*, 20(6), 720-731.

Arnold, M., & Kerridge, I. (2020). Accelerating the de-personalization of medicine: The ethical toxicities of COVID-19. *Journal of Bioethical Inquiry*, 17, 815-821.

Aust, F., Beneke, T., Peifer, C., & Wekenborg, M. (2022). The relationship between flow experience and burnout symptoms: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 19(7), 3865.

Balakrishnan, J., & Dwivedi, Y. K. (2021). Role of cognitive absorption in building user trust and experience. *Psychology & Marketing*, 38(4), 643-668.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy the exercise of control. New York: H. Freeman & Co. Student Success, 333, 48461

Benson, H., Greenwood, M. M., & Klemchuk, H. (1975). The relaxation response: psychophysiological aspects and clinical applications. *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, 6(1-2), 87-98.

Bhattacharjee, A., & Premkumar, G. (2004). Understanding changes in belief and attitude toward information technology usage: A theoretical model and longitudinal test. *MIS quarterly*, 229-254.

Bollini, A. M., Walker, E. F., Hamann, S., & Kestler, L. (2004). The influence of perceived control and locus of control on the cortisol and subjective responses to stress. *Biological psychology*, 67(3), 245-260.

Buckingham, J. C. (2006). Glucocorticoids: exemplars of multi-tasking. *British journal of pharmacology*, 147(S1), S258-S268.

Butt, S., Mahmood, A., & Saleem, S. (2022). The role of institutional factors and cognitive absorption on students' satisfaction and performance in online learning during COVID 19. *PLoS One*, 17(6), e0269609.

Canadian Institute of Health Information Podcast (CIHI) (2022). « Canada's Health Workforce Crisis ». Consulté le 3 septembre 2023, à l'adresse <https://www.cihi.ca/en/podcast/dr-judy-morris-canadas-health-workforce-crisis>

Charity. (2021). « Video Games' Sensory Revolution: How Haptics Reinvented the Controller». Consulté le 13 février 2024 à l'adresse <https://www.theringer.com/2021/9/15/22674685/video-games-controllers-haptic-feedback-ps5-returnal>

Crandall, R., & Karadoğan, E. (2021). Designing pedagogically effective haptic systems for learning: a review. *Applied Sciences*, 11(14), 6245.

Csikszentmihalyi, M. (2000). *Beyond boredom and anxiety*. Jossey-bass.

Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2005). Flow. *Handbook of competence and motivation*, 598-608.

Csikszentmihalyi, M., Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2014). Flow. *Flow and the foundations of positive psychology: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi*, 227-238.

Dangxiao, W., Yuan, G., Shiyi, L., Zhang, Y., Weiliang, X., & Jing, X. (2019). Haptic display for virtual reality: progress and challenges. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 1(2), 136-162.

Deng, L., Turner, D. E., Gehling, R., & Prince, B. (2010). User experience, satisfaction, and continual usage intention of IT. *European Journal of Information Systems*, 19(1), 60-75.

Elkhani, N., & Bakri, A. (2012). Review on “expectancy disconfirmation theory”(EDT) Model in B2C E-Commerce. *Journal of information systems research and innovation*, 2(12), 95-102.

El Saddik, A. (2007). The potential of haptics technologies. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 10(1), 10-17.

Fan, Y., Chong, D. K., & Li, Y. (2024, March). Beyond play: a comparative study of multi-sensory and traditional toys in child education. In *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1182660). Frontiers Media S

Fason, J., Gudin, J., & Hurwitz, P. (2024). Improvement of Mental Health and Anxiety with Haptic Technology Patch Utilization: Interim Results from an Exploratory Study. *Int J Psychiatr Res*, 7(3), 1-8.

Flatirons. (2024). « What is Haptic Feedback (iPhone) ? ». Consulté le 15 février 2024 à l'adresse <https://flatirons.com/blog/what-is-haptic-feedback-iphone>.

Fredrickson, B. L. (2000). Cultivating positive emotions to optimize health and well-being. *Prevention & treatment*, 3(1), 1a.

Fries, E., Dettenborn, L., & Kirschbaum, C. (2009). The cortisol awakening response (CAR): facts and future directions. *International journal of Psychophysiology*, 72(1), 67-73.

Gaffary, Y., & Lécuyer, A. (2018). The use of haptic and tactile information in the car to improve driving safety: A review of current technologies. *Frontiers in ICT*, 5, 5.

Gajrawala, S. N., & Pelkowski, J. N. (2021). Telehealth benefits and barriers. *The Journal for Nurse Practitioners*, 17(2), 218-221.

Giri, G. S., Maddahi, Y., & Zareinia, K. (2021). An application-based review of haptics technology. *Robotics*, 10(1), 29.

Giroux, F., Boasen, J., Sénécal, S., Fredette, M., Tchanou, A. Q., Menard, J. F., ... & Leger, P. M. (2019, July). Haptic stimulation with high fidelity vibro-kinetic technology psychophysically enhances seated active music listening experience. In 2019 IEEE World Haptics Conference (WHC) (pp. 151-156). IEEE.

Glazier, R. H. (2023). Notre contribution à l'évolution du système de santé canadien pour en faire l'un des meilleurs au monde: Comment la médecine de famille et les soins primaires peuvent-ils faire évoluer le système dans son ensemble?. *Canadian Family Physician*, 69(1), e1.

Halkos, G., Leonti, A., & Sardianou, E. (2021). Activities, motivations and satisfaction of urban parks visitors: A structural equation modeling analysis. *Economic analysis and policy*, 70, 502-513.

Harris, A., Garde, A. H., & Hansen, A. M. E. A. (2012). *The role of saliva cortisol measurement in health and disease*. M. Kristenson, P. Garvin, & U. Lundberg (Eds.). Sharjah, UAE: Bentham Science Publishers.

Havlucu, H., Eskenazi, T., Akgün, B., Onbaşı, M. C., Coşkun, A., & Özcan, O. (2018, June). Flow state feedback through sports wearables: A case study on tennis. In *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference* (pp. 1025-1039).

HeadMind Partners (2022). « La technologie technique ou l'expérience utilisateur par le toucher ». Consulté le 19 septembre 2023, à l'adresse <https://www.headmind.com/fr/la-technologie-haptique/>

Hirao, K., Kobayashi, R., Okishima, K., & Tomokuni, Y. (2012). Flow experience and health-related quality of life in community dwelling elderly Japanese. *Nursing & health sciences*, 14(1), 52-57.

Huang, Y., Yao, K., Li, J., Li, D., Jia, H., Liu, Y., ... & Yu, X. (2022). Recent advances in multi-mode haptic feedback technologies towards wearable interfaces. *Materials Today Physics*, 22, 100602.

Jain, S., Shapiro, S. L., Swanick, S., Roesch, S. C., Mills, P. J., Bell, I., & Schwartz, G. E. (2007). A randomized controlled trial of mindfulness meditation versus relaxation training: Effects on distress, positive states of mind, rumination, and distraction. *Annals of behavioral medicine*, 33, 11-21.

Jokinen, J. P. (2015, September). Emotional user experience and feeling of control. In *Proceedings of the 19th International Academic Mindtrek Conference* (pp. 163-166).

Jumaan, I. A., Hashim, N. H., & Al-Ghazali, B. M. (2020). The role of cognitive absorption in predicting mobile internet users' continuance intention: An extension of the expectation-confirmation model. *Technology in Society*, 63, 101355.

Jyothi, B. D., & Krishnaiah, R. V. (2013). Haptic technology-a sense of touch. *International Journal of Science and Research*, 2(9), 381-384.

Kaasinen, E., Kymäläinen, T., Niemelä, M., Olsson, T., Kanerva, M., & Ikonen, V. (2012). A User-Centric View of Intelligent Environments: User Expectations, User Experience and User Role in Building Intelligent Environments. *Computers*, 2(1), 1-33.

Kelling, C., Pitaro, D., & Rantala, J. (2016, October). Good vibes: the impact of haptic patterns on stress levels. In *Proceedings of the 20th International Academic Mindtrek Conference* (pp. 130-136).

Khan. (2020). « Haptics in Healthcare: An Opportunity for Designers to Help Revolutionize Telemedicine ». Consulté le 7 septembre 2023 à l'adresse <https://www.toptal.com/designers/ux/haptics-in-healthcare>

Lankton, N., McKnight, D. H., & Thatcher, J. B. (2014). Incorporating trust-in-technology into expectation disconfirmation theory. *The Journal of Strategic Information Systems*, 23(2), 128-145.

Leotti, L. A., Iyengar, S. S., & Ochsner, K. N. (2010). Born to choose: The origins and value of the need for control. *Trends in cognitive sciences*, 14(10), 457-463.

Liao, C., Liu, C. C., Liu, Y. P., To, P. L., & Lin, H. N. (2011). Applying the expectancy disconfirmation and regret theories to online consumer behavior. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(4), 241-246.

Lin, H. F. (2009). Examination of cognitive absorption influencing the intention to use a virtual community. *Behaviour & Information Technology*, 28(5), 421-431.

L'institut de recherche et d'informations socioéconomiques (IRIS) (2023). « L'industrie des soins virtuels au Québec ». Consulté le 7 septembre 2023, à l'adresse <https://iris-recherche.qc.ca/publications/soins-virtuels/>

Liu, G., Liao, H., Zhao, X., Liao, W. H., & Cao, J. (2024). Haptic device and interface to reproduce force and tactile feedback of biological tissues. *Sensors and Actuators A: Physical*, 366, 115022.

Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2007). The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. *Brain and cognition*, 65(3), 209-237.

MacLean, K. E. (2022). Designing affective haptic experience for wellness and social communication: where designers need affective neuroscience and psychology. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 45, 101113.

Madera, M., Brady, J., Deily, S., McGinty, T., Moroz, L., Singh, D., ... & Truumees, E. (2017). The role of physical therapy and rehabilitation after lumbar fusion surgery for degenerative disease: a systematic review. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 26(6), 694-704.

Magin, Z. E., Gnall, K. E., Emrich, M., & Park, C. L. (2024). Perceived control predicts lower end-of-day stress through engagement in moderate or vigorous physical activity: A daily diary study in a US adult sample. *Stress and Health*, e3487.

McDaniel, T., & Panchanathan, S. (2020). Therapeutic haptics for mental health and wellbeing. *Haptic Interfaces for Accessibility, Health, and Enhanced Quality of Life*, 149-181.

Mendonça, R. L., Mustaro, P. N., & Mackenzie, U. P. (2012, November). Immersion: immersion and emotion in digital games. In *Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, PPGEE, Brazil* (pp. 103-113).

Minaker, G., Schneider, O., Davis, R., & MacLean, K. E. (2016). HandsOn: Enabling embodied, creative STEM e-learning with programming-free force feedback. In *Haptics: Perception, Devices, Control, and Applications: 10th International Conference, EuroHaptics 2016, London, UK, July 4-7, 2016, Proceedings, Part II* 10 (pp. 427-437). Springer International Publishing.

Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The concept of flow. *Handbook of positive psychology*, 89, 105.

Nalawade, T. C., & Nikhade, N. S. (2016). Effectiveness of Jacobson progressive muscle relaxation technique on depressive symptoms and quality of life enjoyment and satisfaction in community dwelling older adults. *Indian J Basic Appl Med Res*, 5(1), 448-52.

Nooner, A. K. (2016). Using relaxation and guided imagery to address pain, fatigue, and sleep disturbances: a pilot study. *Number 5/October 2016*, 20(5), 547-552.

Oh, J., Chung, M. Y., & Han, S. (2014). The More Control, the Better?. *Journal of media psychology*.

Oliveira, M.F., Gonçalves, M., Paredes, H., & Branco, F. (2018). Understanding user experience control: a literature review. *Journal of Usability Studies*, 13(2), 78-98.

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of marketing research*, 17(4), 460-469.

Ometov, A., Shubina, V., Klus, L., Skibińska, J., Saafi, S., Pascacio, P., ... & Lohan, E. S. (2021). A survey on wearable technology: History, state-of-the-art and current challenges. *Computer Networks*, 193, 108074.

Orpen, C. (1984). Managerial stress, relaxation and performance. *Journal of Management Development*, 3(2), 34-47.

Ottiger, B., Van Wegen, E., Keller, K., Nef, T., Nyffeler, T., Kwakkel, G., & Vanbellinghen, T. (2021). Getting into a “Flow” state: a systematic review of flow experience in neurological diseases. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18, 1-21.

Packheiser, J., Hartmann, H., Fredriksen, K., Gazzola, V., Keyzers, C., & Michon, F. (2024). A systematic review and multivariate meta-analysis of the physical and mental health benefits of touch interventions. *Nature Human Behaviour*, 1-20.

Palomäki, J., Tammi, T., Lehtonen, N., Seittenranta, N., Laakasuo, M., Abuhamdeh, S., ... & Cowley, B. U. (2021). The link between flow and performance is moderated by task experience. *Computers in Human Behavior*, 124, 106891.

Palombo, R., Weber, S., Wyszynski, M., & Niehaves, B. (2024). Glove versus controller: the effect of VR gloves and controllers on presence, embodiment, and cognitive absorption. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, [1337959](#).

Peifer, C., Schulz, A., Schächinger, H., Baumann, N., & Antoni, C. H. (2014). The relation of flow-experience and physiological arousal under stress—can u shape it?. *Journal of Experimental Social Psychology*, 53, 62-69.

Petermeijer, S. M., Abbink, D. A., Mulder, M., & De Winter, J. C. (2015). The effect of haptic support systems on driver performance: A literature survey. *IEEE transactions on haptics*, 8(4), 467-479.

Rajanna, V., Vo, P., Barth, J., Mjelde, M., Grey, T., Oduola, C., & Hammond, T. (2016). KinoHaptics: An automated, wearable, Haptic assisted, physio-therapeutic system for post-surgery rehabilitation and self-care. *Journal of medical systems*, 40, 1-12.

Ramírez-Fernández, C., Meza-Kubo, V., García-Canseco, E., Morán, A. L., Pabloff, O., Bonilla, D., & Green, N. (2017). Massage Therapy of the Back Using a Real-Time Haptic-Enhanced Telerehabilitation System. *Mobile Information Systems*, 2017(1), 5253613.

Ramsamy, P., Haffeege, A., Jamieson, R., & Alexandrov, V. (2006). Using haptics to improve immersion in virtual environments. In *Computational Science–ICCS 2006: 6th International Conference, Reading, UK, May 28-31, 2006. Proceedings, Part II 6* (pp. 603-609). Springer Berlin Heidelberg.

Roca, J. C., Chiu, C. M., & Martínez, F. J. (2006). Understanding e-learning continuance intention: An extension of the Technology Acceptance Model. *International Journal of human-computer studies*, 64(8), 683-696.

Rogerson, O., Wilding, S., Prudenzi, A., & O'Connor, D. B. (2023). Effectiveness of stress management interventions to change cortisol levels: a systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 106415.

Romanowski, M. W., Špiritović, M., Romanowski, W., & Straburzyńska-Lupa, A. (2020). Manual therapy (postisometric relaxation and joint mobilization) in knee pain and function experienced by patients with rheumatoid arthritis: a randomized clinical pilot study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020.

Rose, T., Nam, C. S., & Chen, K. B. (2018). Immersion of virtual reality for rehabilitation-Review. *Applied ergonomics*, 69, 153-161.

Saariluoma, P., & Jokinen, J. P. (2014). Emotional dimensions of user experience: A user psychological analysis. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(4), 303-320.

Salminen, K., Surakka, V., Lylykangas, J., Raisamo, J., Saarinen, R., Raisamo, R., ... & Evreinov, G. (2008, April). Emotional and behavioral responses to haptic stimulation. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1555-1562).

See, A. R., Choco, J. A. G., & Chandramohan, K. (2022). Touch, texture and haptic feedback: a review on how we feel the world around us. *Applied Sciences*, 12(9), 4686

Shakra, I., Orozco, M., El Saddik, A., Shirmohammadi, S., & Lemaire, E. (2006, April). VR-based hand rehabilitation using a haptic-based framework. In *2006 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings* (pp. 1178-1181). IEEE.

Sharpe, P. A., Williams, H. G., Granner, M. L., & Hussey, J. R. (2007). A randomised study of the effects of massage therapy compared to guided relaxation on well-being and stress perception among older adults. *Complementary Therapies in Medicine*, 15(3), 157-163.

Shazhaev, I., Mihaylov, D., & Shafeeg, A. (2023). A Review of Haptic Technology Applications in Healthcare. *Open Journal of Applied Sciences*, 13(2), 163-174.

Shen, Y., Wang, Z., Hao, A., Yu, P., Zhai, X., & Wang, H. (2021). Investigating the effect of vr+ haptics approach on students' flow experience and outcomes: an empirical study on vr laparoscopy. *Complexity*, 2021(1), 9496152.

Shull, P. B., & Damian, D. D. (2015). Haptic wearables as sensory replacement, sensory augmentation and trainer—a review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12, 1-13.

Smith, J. C. (2005). Relaxation, meditation, & mindfulness: A mental health practitioner's guide to new and traditional approaches. Springer Publishing Company.

Sreelakshmi, M., & Subash, T. D. (2017). Haptic technology: A comprehensive review on its applications and future prospects. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 4182-4187.

Stach, T., & Graham, T. N. (2011). Exploring haptic feedback in exergames. In Human-Computer Interaction–INTERACT 2011: 13th IFIP TC 13 International Conference, Lisbon, Portugal, September 5-9, 2011, Proceedings, Part II 13 (pp. 18-35). Springer Berlin Heidelberg.

Statistiques Canada (2019). « Résultats du Recensement de 2016 : Les professions comptant les travailleurs âgés ». Consulté le 3 septembre 2023, à l'adresse <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/75-006-x/2019001/article/00011-fra.htm>

Steghaus, S., & Poth, C. H. (2022). Assessing momentary relaxation using the Relaxation State Questionnaire (RSQ). *Scientific Reports*, 12(1), 16341.

Ström, P., Hedman, L., Särnå, L., Kjellin, A., Wredmark, T., & Felländer-Tsai, L. (2006). Early exposure to haptic feedback enhances performance in surgical simulator training: a prospective randomized crossover study in surgical residents. *Surgical endoscopy and other interventional techniques*, 20, 1383-1388.

Subashi. (2023). « The Power of Haptic Feedback in Mobile Design ». Consulté le 15 février 2024 à l'adresse <https://anxhisubashi.medium.com/the-power-of-haptic-feedback-in-mobile-design-78ff8ad50b4e>

Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences ("absorption"), a trait related to hypnotic susceptibility. *Journal of abnormal psychology*, 83(3), 268.

Titlebaum, H. M. (1988). Relaxation. *Holistic nursing practice*, 2(3), 17-25.

Umair, M., Sas, C., Chalabianloo, N., & Ersoy, C. (2021, June). Exploring personalized vibrotactile and thermal patterns for affect regulation. In *Designing Interactive Systems Conference 2021* (pp. 891-906).

Van de Laar, B., Bos, D. P. O., Reuderink, B., Poel, M., & Nijholt, A. (2013). How much control is enough? Influence of unreliable input on user experience. *IEEE transactions on cybernetics*, 43(6), 1584-1592.

Vaucelle, C., Bonanni, L., & Ishii, H. (2009, April). Design of haptic interfaces for therapy. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 467-470).

Villar, R., Beltrame, T., & Hughson, R. L. (2015). Validation of the Hexoskin wearable vest during lying, sitting, standing, and walking activities. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(10), 1019-1024.

Webster, Jane, and Hayes Ho. "Audience engagement in multimedia presentations." ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems 28.2 (1997): 63-77.

Wixom, B. H., & Todd, P. A. (2005). A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Information systems research*, 16(1), 85-102.

Yadav, S., & Krishnaiah, R. V. (2013). Haptic science and technology. *arXiv preprint arXiv:1309.0185*

Zhang, X., Prybutok, V. R., & Koh, C. E. (2006). The role of impulsiveness in a TAM-based online purchasing behavior. *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, 19(2), 54-68.