

## **Titre de la proposition de doctorat : “Conception de retours haptiques persuasifs pour soutenir les interactions sociales en réalité mixte”**

### **Nom(s) du/des encadrant(s) :**

- Anatole Lécuyer (Inria)
- Claudio Pacchierotti (CNRS)

### **Laboratoire d'accueil :**

- Centre Inria de l'Université de Rennes

**Court résumé :** Ce projet de thèse explore un résultat pionnier et très original que nous avons obtenu dans le projet européen *GuestXR*, autour de la création d'espaces sociaux immersifs en réalité étendue. L'un des résultats majeurs de ce projet est la découverte des “vibrations persuasives”, un effet haptique inédit montrant que des vibrations synchronisées avec la parole peuvent influencer des dimensions clés des interactions sociales en réalité virtuelle, telles que la persuasion, la co-présence ou le leadership. Ces travaux récents ont ouvert une nouvelle voie de recherche sur l'usage de l'haptique pour soutenir et enrichir la communication verbale et les interactions sociales dans les environnements XR multi-utilisateurs. La thèse vise maintenant à approfondir les fondements perceptifs, technologiques et interactionnels de cette nouvelle forme d'haptique “persuasive”. Elle cherchera à déterminer quelles modalités haptiques (vibration, pression, étirement de peau, thermique, haptique en l'air, etc.), quelles zones du corps, et quels algorithmes de rendu sont les plus efficaces pour renforcer les interactions sociales. Le projet explorera également la transférabilité de ces effets à d'autres contextes, tels que la réalité mixte, les téléconférences ou les réunions virtuelles, ainsi que leur combinaison avec d'autres modalités sensorielles (audio/visuel) pour créer des expériences multisensorielles plus puissantes.

**Brève description du groupe de recherche / laboratoire d'accueil :** équipes SEAMLESS et RAINBOW du Centre Inria de l'Université de Rennes. Ces deux équipes offrent une expertise complémentaire : SEAMLESS dans le domaine de l'interaction 3D avec les environnements mixtes, et RAINBOW dans celui de la conception d'interfaces haptiques.

## Description de la proposition de doctorat

L'objectif de cette thèse proposée au PC1 du PEPR eNSEMBLE est de concevoir et d'évaluer de nouvelles techniques interactives basées sur le retour haptique pour promouvoir des interactions sociales positives dans des environnements mixtes collaboratifs.

Le point de départ est un résultat récent et majeur obtenu par notre groupe dans le cadre du projet Européen Horizon2020 "GuestXR" (<https://questxr.eu/>), appelé "*persuasive vibrations*" (Saint Aubert et al., 2023), correspondant à un effet haptique inédit que nous avons découvert lors d'interactions sociales en VR. En bref, un retour haptique constitué de vibrations synchronisées avec la parole peut fortement influencer des aspects liés aux interactions sociales en VR tels que la persuasion, la co-présence ou encore le leadership. Les travaux suivants sur cette notion très nouvelle de "*persuasive haptics*" (Hecquard et al., 2024 ; Toofany et al., 2025) ont commencé à tester d'autres types de retour haptique (retour thermique - en complément des vibrations) et testé les effets de différents paramètres des vibrations. A ce stade nous avons donc montré de manière pionnière qu'un retour haptique permet de soutenir efficacement des interactions sociales pendant une communication verbale, mais de nombreuses questions émergent aussi relatives à ce nouveau paradigme haptique, pour un large éventail d'applications collaboratives où les interactions sociales et la communication verbale jouent un rôle central.

*(Note : GuestXR réunissait cinq partenaires académiques et trois entreprises spécialisées dans les environnements virtuels et l'intelligence artificielle. GuestXR visait à créer un espace social immersif en ligne grâce à la réalité étendue, en se concentrant sur la conception et le développement de techniques facilitant les interactions entre participants afin de les aider à atteindre leurs objectifs, tout en favorisant ou en maintenant des interactions positives entre eux.)*

Considérons par exemple le scénario applicatif d'une revue de conception industrielle ou la gestion d'une cellule de crise en réalité mixte. Une équipe distribuée collabore simultanément : le premier utilisateur inspecte un jumeau numérique en immersion totale avec un casque de réalité virtuelle, le deuxième interagit via un écran d'ordinateur classique, et le troisième manipule des objets physiques avec des lunettes de réalité augmentée. Cette hétérogénéité matérielle génère des difficultés et asymétries de communication massives. Les signaux verbaux et non-verbaux, essentiels à la cohésion d'équipe, se perdent facilement ou sont mal interprétés. Le retour haptique, tel que proposé via les "vibrations persuasives", apparaît alors comme un canal de communication secondaire idéal pour restaurer cette présence sociale, car il opère de manière discrète sans surcharger les canaux visuels et auditifs déjà saturés.

Dans ce projet de thèse, notre intention est donc d'examiner plus en profondeur les fondements perceptifs et technologiques de cette nouvelle perspective de recherche et de cet usage radicalement nouveau du retour haptique. Plusieurs questions se posent concernant l'"haptique persuasive", telles que : quelles modalités haptiques et quels algorithmes de rendu haptique sont les plus efficaces pour soutenir ces effets persuasifs ? En d'autres termes, quelles technologies haptiques peuvent être utilisées en complément ou en remplacement des vibrations pour renforcer la communication verbale et les interactions interpersonnelles ? Quelles parties du corps sont les plus adaptées à la réception d'effets haptiques persuasifs (mains, torse, tête, etc.) ? Les résultats sont-ils transposables à d'autres médias, en réalité mixte (téléconférence, réunions virtuelles et/ou physiques) ? Comment ces retours peuvent-ils ensuite se combiner efficacement avec d'autres modalités sensorielles pour aboutir à des expériences

multisensorielles encore plus puissantes ? Comment exploiter ces principes dans des contextes applicatifs variés (téléconférence, réunion virtuelle, revue de projet, etc) ? Comment garantir une communication sociale équitable lorsque les utilisateurs collaborent via des dispositifs asymétriques (par exemple, un utilisateur en réalité virtuelle face à un utilisateur sur ordinateur de bureau) ?

La thèse explorera l'espace de conception (*design space*) offert par l'haptique persuasive et déterminera progressivement quelles modalités et quelles techniques d'interaction sont les plus adaptées. Les principales tâches du doctorant consisteront donc principalement à : 1) mener une analyse de la littérature existante sur les aspects technologiques et psychologiques liés à l'haptique persuasive ; 2) identifier les nouvelles hypothèses scientifiques principales à tester ; 3) concevoir un ensemble de nouvelles techniques haptiques interactives dans des environnements collaboratifs de réalité mixte ; 4) conduire des études utilisateurs pour tester les différentes hypothèses ; 5) analyser les données expérimentales recueillies ; 6) rédiger les articles scientifiques ; 7) présenter les résultats obtenus lors de divers événements scientifiques et grand public.

Divers types de technologies haptiques seront mis à disposition du doctorant dans notre laboratoire (UMR IRISA/Inria) à Rennes, notamment : actionneurs vibrotactiles, dispositifs haptiques portables (étirement de peau, pression), interfaces thermiques, *mid-air haptics*, interfaces kinesthésiques, etc.

Conformément à la politique de science ouverte du programme eNSEMBLE, les protocoles expérimentaux et les jeux de données collectées seront diffusés autant que possible en accès libre. Les résultats feront l'objet de soumissions ciblées aux conférences internationales de référence de la réalité virtuelle/augmentée, des interfaces haptiques, et de l'interaction homme-machine (IEEE VR, IEEE ISMAR, ACM CHI, IEEE World Haptics, etc) et aux journaux affiliés (IEEE TVCG, IEEE TOH, IJHCS, etc).

#### **Références-clés:**

- Saint-Aubert, Justine, et al. "Persuasive vibrations: Effects of speech-based vibrations on persuasion, leadership, and co-presence during verbal communication in vr." *IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces* (2023).
- Hecquard, Jeanne, et al. "Warm regards: Influence of thermal haptic feedback during social interactions in VR." *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2024).
- Toofany, Sabrina, et al. "'Persuasive Vibrations': Studying the influence of vibration parameters on speech persuasion." *IEEE Transactions on Haptics* (2025).

## Nature de la collaboration numérique

Le contexte “collaboratif” de la thèse est celui du “toucher social” (en anglais “social touch”), c’est-à-dire des interactions sociales entre plusieurs personnes (minimum deux) médiatisées via un ou plusieurs retours haptiques (retour tactile ou retour d’effort). Le projet vise une collaboration numérique centrée sur la restauration et l’enrichissement des signaux sociaux verbaux et non-verbaux dans des environnements mixtes:

**Fonction** : La fonction principale est donc le support à la communication interpersonnelle et à la coordination sociale. Le projet s’intéresse spécifiquement à la prise de décision collective, à la résolution de conflits et/ou à la régulation émotionnelle du groupe. L’haptique intervient comme un canal secondaire pour transmettre des intentions, moduler la persuasion et/ou faciliter l’établissement d’un consensus de manière discrète. En stimulant physiquement les participants de manière coordonnée, la technologie doit permettre une meilleure dynamique d’équipe. Cette fonction inclut la modification volontaire des états affectifs pour apaiser ou dynamiser les échanges.

**Type** : La collaboration étudiée est synchrone, car l’approche repose sur une interaction en temps-réel selon le principe du “*speech-to-touch*” (transformant un flux audio, et notamment la parole, en informations haptiques/tactiles). Cette méthode exige une synchronisation entre le flux audio de la parole et le rendu haptique généré sur le corps des auditeurs, assurant une perception unifiée des stimuli par l’ensemble des collaborateurs connectés.

**Échelle de temps** : L’interaction concerne potentiellement trois échelles de temps complémentaires. L’échelle de la milliseconde concerne la perception haptique fondamentale et l’intégration des signaux audio-tactiles par le système nerveux central. L’échelle de la seconde correspond aux réactions physiologiques directes et aux ajustements comportementaux rapides. L’échelle de la minute s’applique à l’évolution globale des tâches collaboratives, à l’élaboration des argumentations pendant les débats et à l’adaptation psychologique lors des changements éventuels d’environnement de travail.

**Taille du groupe** : Le projet cible des petits groupes de travail collaboratif, composés de deux, trois, voire quatre personnes, pour pouvoir potentiellement étudier des dynamiques de groupe.

**Espace** : La collaboration s’effectue potentiellement dans des espaces distants et hybrides. Le scénario nominal place les participants dans des environnements matériels hétérogènes. La collaboration mobilise le sens du toucher pour maintenir une cohérence collective forte et stable.

## Contribution à la collaboration numérique : Résultats attendus et impact

Nous attendons des résultats sur plusieurs plans et de différentes natures :

- des résultats théoriques : affinant nos connaissances sur le rôle de la modalité haptique dans les interactions sociales, et notamment comme soutien à la communication verbale ou non-verbale.
- des résultats techniques : des nouveaux dispositifs haptiques mais également des nouvelles techniques et algorithmes de rendus haptiques, notamment de type “*speech-to-touch*” pour l’augmentation des interactions sociales, notamment

- des résultats méthodologiques : de nouvelles recommandations pour l'exploitation des retours haptiques dans le contexte d'interactions sociales et d'espaces collaboratifs numériques.
- des résultats empiriques : issus des nombreuses expérimentations prévues dans la thèse, et fournissant des données multimodales (capture de mouvement, données physiologiques, appréciations subjectives, questionnaires de co-présence ou de qualité d'expérience haptique, etc) sur l'influence de l'haptique sur les interactions sociales en réalité mixte.

### **Positionnement dans le programme eSEMBLE**

Notre projet de thèse de doctorat s'inscrit dans le projet ciblé principal PC1 [CATS](#) du PEPR eSEMBLE. Notre sujet de thèse a déjà été sélectionné dans le passé, et a déjà été soutenu par le PC1 par une bourse d'accompagnement, de manière complémentaire à un financement de thèse Inria (thèse de Sabrina Toofany). Malheureusement, cette précédente thèse va être arrêtée au début de sa troisième année, sans avoir pu produire beaucoup de résultats. Nous souhaitons donc re-soumettre ce sujet au PC1 cette année, mais cette fois-ci pour une bourse de thèse complète - car nous avons perdu le financement Inria précédent - pour pouvoir continuer à creuser cette piste très originale.

Dans ces conditions, cette nouvelle demande de thèse répond aux priorités scientifiques du PC1 listées sur le site de l'appel à thèse 2026, en "*prolongeant un travail de doctorat existant*", et en visant à "*approfondir*" et "*consolider*" les bases scientifiques du "*persuasive haptics*" : à savoir comment un retour haptique peut soutenir les interactions sociales et la collaboration dans des environnements de réalité mixte, notamment via la modulation de la persuasion et de la confiance en soi et envers les autres collaborateurs.

Le sujet émerge ensuite préférentiellement sur les Axes prioritaires N° 1 (par exemple pour des télécommunications distantes hétérogènes) et 2 (par exemple relativement à la perception et l'impact des retours haptiques dans la représentation des autres utilisateurs et de soi-même).