

Interface haptique intelligente pour l'interaction agent –humain en environnement virtuel

Résumé du sujet de thèse

Le réconfort de personnes seules, isolées ou en situation de stress doit parfois se faire à distance. Pour cela les agents conversationnels animés ou ACA dotés de modèles intelligents permettant de communiquer et de prendre en compte l'état de l'humain en intégrant ses aspects émotionnels. Dans le cadre de nos travaux sur le toucher social, nous avons déjà réalisé une avancée sur l'incarnation d'un ACA dans une salle immersive (CAVE Translife). L'objectif de la thèse est de proposer **une interface tactile intelligente adaptative** dans le cadre de l'interaction agent humain en environnement virtuel. D'une part le toucher de l'agent vers l'humain est une simulation du toucher, en quelque sorte une synthèse de toucher artificiel. D'autre part la perception du toucher par l'agent est une perception artificielle, calculée en fonction de paramètres et d'un module de perception évolutive dont on dote l'agent. La thèse portera sur le premier point évoqué, le second étant déjà traité au travers du projet ANR Sociatouch. Le co encadrement Heudiasyc –Costech permettra de prendre en compte les aspects cognitifs dans la conception, la réalisation et l'évaluation de l'interface.

Nom et prénom du directeur de thèse : THOUVENIN Indira et LENAY Charles

DESCRIPTIF DU SUJET

1) Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique et économique

Nous travaillons depuis de nombreuses années sur le concept de « feedback adaptatif » [1][2] au travers d'interactions informées en environnement virtuel. Le monde réel nous renvoie des retours ou feedback dits intrinsèques c'est-à-dire provenant de l'environnement de façon « naturelle ». Mais l'environnement virtuel appauvri ces retours sensoriels, il est donc nécessaire de suppléer à ces manques par des **retours sensoriels artificiels**. Ces retours sont des feedback **extrinsèques** et peuvent être constitués d'augmentations, de retours sensoriels visuels, sonores, ou tactiles mais **doivent sans cesse être adaptés** de façon à être crédibles et pertinents.

Dans ce projet, notre contexte scientifique à long terme est de **comprendre qu'est-ce qu'un agent virtuel ou humain virtuel « touchant »** [3][5], aux deux sens du terme, c'est-à-dire capable de toucher à la fois physiquement, avec sa main, et émotionnellement, de nous émouvoir. Sur le plan émotionnel, cela passera par le toucher physique en lui-même mais la difficulté est que l'avatar est un être sans matière ce qui impose à l'humain d'être équipé d'une interface lui permettant de ressentir le toucher de cet humain virtuel. Ce toucher seul ne suffit pas car les expressions faciales, le regard, la position dans l'espace ou les gestes de l'agent sont autant d'éléments pour créer un sentiment de présence dans l'environnement virtuel.

L'objectif de la recherche proposée ici est à la fois fondamental et pratique. Il s'agira d'intégrer les connaissances en cognition sociale à partir de situations d'interactions tactiles distales, et de concevoir et évaluer des dispositifs en réalité virtuelle et dans les interactions interindividuelles à distance.

Le contexte économique du projet est celui du design d'interaction et d'interfaces pour le réconfort de la personne en situation de fort isolement, de tristesse, de panique, de stress ou post stress. Les personnes âgées, les malades, les soldats en situation d'isolement dans des zones dangereuses sont en effet souvent privées de contacts sociaux chaleureux ou empathiques leur permettant de garder leur équilibre psychologique.

1.1 Généralités et problématique générale

Les études sont nombreuses, dans le champ de l'informatique affective, quant à la façon dont des manifestations émotionnelles chez un agent artificiel peuvent induire une création de *rapport* (en son sens anglais) [9][10]), d'entente et de rapprochement, de l'humain vis-à-vis de l'agent. De même, il a été montré que dans certaines situations qui impliqueraient des peurs liées à la stigmatisation ou un jugement personnel, les humains peuvent préférer se dévoiler auprès d'un agent virtuel plutôt qu'un autre humain (PTSD, entretiens psychologiques...). Ces études montrent à quel point l'idée d'un agent virtuel agissant comme un compagnon, voire un confident, auprès d'un humain, est valable et intéressante.

De plus, les études du toucher social ont montré la façon dont le toucher seul pouvait être utilisé pour communiquer des émotions distinctes [6][8], ou au moins créer un environnement, un lien, qui facilite et favorise la communication émotionnelle et le rapprochement. Dans la vie de tous les jours, il a été observé une forte corrélation entre la façon et la régularité avec laquelle deux personnes se touchent l'une l'autre, et le niveau de leur relation [8]. Ceci est bien sûr à relativiser en fonction de la culture, du genre, et de la multitude des autres facteurs qui entrent directement en ligne de compte dans l'interprétation du toucher. Par ailleurs, le toucher social a été montré comme essentiel au développement social de l'enfant, en particulier lorsqu'il est nourrisson, et cela reste vrai à l'âge adulte où le toucher social est souvent lié au bien-être de la personne. De même, les travaux avec les personnes âgées isolées socialement ont montré les bienfaits de petits compagnons tactiles comme les peluches robotiques PARO d'où le besoin d'une interface haptique adaptative, évolutive capable de transmettre des émotions.

1.2 Agent autonome et interaction avec l'humain

Les trois propriétés essentielles définissant un agent autonome [4] sont les suivantes: il possède un moyen de percevoir son environnement, ou au minimum les événements de l'interaction ; il possède un modèle de décision qui lui permet d'interpréter les éléments perçus et de prendre une décision d'action adaptée ; il possède enfin le moyen de réaliser cette action choisie, que ce soit visuellement ou avec n'importe quelle autre modalité. Dans notre cas, cela signifie que notre agent doit au minimum pouvoir percevoir le toucher qu'un humain réaliserait sur lui (un sens du toucher artificiel), pouvoir interpréter les propriétés de ce toucher et choisir une réponse tactile appropriée en conséquence, et pouvoir réaliser ce comportement tactile à l'aide d'une ou plusieurs interfaces haptiques/visuelles/sonores. Très bien détaillé en sciences cognitives ce concept d'agent « touchant » est bien plus complexe qu'une simple interface haptique.

1.3 Les propriétés physiques du toucher

Hertenstein et al. ont proposé des travaux qui laissent à penser que le toucher est interprétable émotionnellement par lui-même, au moins dans une certaine mesure. Ces travaux mettent aussi en évidence que certains types de touchers sont plus susceptibles d'être utilisés pour exprimer certaines émotions spécifiques que d'autres, mais qu'il existe à la fois une équipotentialité et une équifinalité de ces types de touchers : un même type de toucher peut être utilisé pour exprimer des émotions différentes (caresser pour exprimer la joie et la tristesse), et plusieurs types de toucher différents peuvent être utilisés pour exprimer la même émotion (donner un coup ou pousser pour exprimer de la colère). Ces travaux ont également montré que l'endroit du corps touché peut être corrélé à l'émotion exprimée. Enfin, des mesures de vitesse, valence et intensité ont été observées pour caractériser les types de toucher.

Etant donné le contexte de la réalité virtuelle, et en particulier d'une salle immersive et de nos dispositifs vibratoires, tous les types de toucher naturels qui existent ne peuvent pas forcément être différenciés (en particulier ceux qui se basent sur la pression) dans notre milieu virtuel. Nous nous concentrons donc sur certaines propriétés physiques du toucher que nous pouvons reconnaître : l'endroit du corps où le toucher a lieu, la vitesse, l'intensité initiale, la durée, le déplacement. Avec ces informations, nous devons pouvoir proposer une première interprétation en termes de valence estimée, éventuellement type de toucher réalisé, qui sera ensuite transmise à un modèle de décision où nous aurons défini des règles d'appraisal pour évaluer ces touchers d'un point de vue émotionnel.

2) L'état du sujet dans le laboratoire d'accueil

La difficulté principale dans la conception de retours sensoriels pour l'interaction agent humain en environnement virtuel est de donner à l'agent une perception artificielle et de le doter de comportements (expressions faciales, gestes, expression tactile par interface haptique). Par ailleurs, de façon synchrone, la perception de l'humain et l'expression de ses émotions doit être la plus aisée possible.

L'interface haptique idéale pour cette interaction en environnement virtuel n'existant pas, nous avons déjà conçu et développé une première interface (figure 1) permettant de produire un retour haptique simple modulable simulant un toucher social. La modélisation du toucher social est étudiée dans le cadre du projet ANR Socialtouch, dans lequel un modèle de décision (la thèse de Fabien Boucaud) permet à un agent conversationnel animé (ACA) incarné en environnement virtuel (salle immersive TRANSLIFE) de toucher un humain et d'être touché.

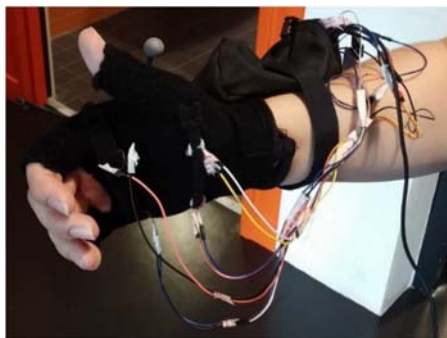


Figure 1: Interface tactile simple - ANR Socialtouch

Des vibreurs simples fonctionnant en tout ou rien (type de vibreurs utilisés pour des smartphones) ont été disposés sur un manchon relié à l'environnement virtuel. Les premiers travaux [5] étant encourageants, nous souhaitons **comprendre les limites et les paramètres nécessaires afin d'avoir la sensation et de percevoir l'intention du toucher en environnement virtuel** entre agent et humain. En effet notre interface actuelle ne permet aucune variabilité et nécessite des approfondissements à la fois du point de vue théorique et du point de vue expérimental.

Notre **hypothèse est que le toucher social entre agent et humain est fortement dépendant du contexte émotionnel** et donc de la situation vécue, de son évolution et de la perception de cette situation par l'agent et l'humain.

D'une part le toucher de l'agent vers l'humain est une simulation du toucher, en quelque sorte une **synthèse de toucher artificiel**. Cette simulation est actuellement réalisée de façon simplifiée, mais les travaux de Vincent Hayward [7] ouvrent une piste extrêmement intéressante pour synthétiser des retours haptiques au travers d'une nouvelle interface adaptative, modulable et intelligente. D'autre part la perception du toucher par l'agent est une **perception artificielle**, calculée en fonction de paramètres et d'un module de perception évolutive dont on dote l'agent. Cette perception artificielle du toucher est actuellement explorée au travers des travaux de thèse de Fabien Boucaud (perception et décision).

Les questions fondamentales pour les sciences cognitives seront de mieux comprendre :

- La dynamique d'un rencontre interindividuelle modifiant réciproquement les possibilités d'agir des différents participants.
- Quelles structures de cette dynamique sont porteuses de valeurs émotionnelles à travers les contraintes ou soutiens qu'elle représente pour chacun.

Les questions fondamentales pour l'interaction en environnement virtuel seront de :

- Définir les principes directeurs pour le design d'interfaces et le design d'interaction susceptibles de porter des valeurs émotionnelles positives : soutien, soin (par exemple dans l'aide aux personnes souffrant de Troubles de Stress Post-Traumatique).
- Définir les modèles intelligents pour enrichir l'expérience du toucher dans les environnements de réalité virtuelle pour l'interaction agent –humain

3) Les objectifs visés, les résultats escomptés

L'objectif de la thèse est de proposer une **interface haptique intelligente adaptative** dans le cadre de l'interaction agent humain en environnement virtuel. Cette interface doit être modulable et évolutive dans le sens où la communication entre humain et agent se construit dans le temps. Le retour tactile sera calculé et affiché en fonction des critères liés à la notion de la réceptivité au toucher (ou Touch Avoidance), le contexte immédiat, la relation entre les deux personnes, la culture. Nous avons déjà réalisé un dispositif technique au travers du projet ANR Socialtouch, dans lequel l'humain virtuel interagit avec l'humain réel.

Pour les études empiriques on mobilisera d'une part, une méthode expérimentale minimaliste (utilisant la plate-forme Tactos et le serveur Intertact développés dans le cadre de la Plate-Forme Technologique de Suppléance Perceptive du laboratoire COSTECH-UTC) et d'autre part l'environnement de réalité virtuelle développé dans le cadre du programme « Social Touch » (HEUDIASYC). Les expériences sur des interactions en mode minimaliste (espace d'action simple, retour sensoriel minimal) permettront d'étudier comment deux sujets humains organisent et comprennent leurs interactions. On pourra alors en tirer les algorithmes pertinents pour programmer des agents (ACA) donnant un même sentiment de présence et de sens en environnement de réalité virtuelle. En retour, les observations systématiques des usages dans l'environnement riche de la réalité virtuelle, donneront lieu à de nouvelles questions pour la construction d'expériences fondamentales.

L'une des utilités les plus évidentes qu'on peut envisager pour un agent « touchant », c'est sa capacité potentielle à gagner la confiance d'un utilisateur humain, à le reconforter et prendre en compte ses sentiments, tout en garantissant l'absence de

jugement, la « neutralité » qu'on accorde souvent à la machine. Dans le monde médical, où l'on sait par ailleurs l'intérêt du toucher [1] [46], ce sont là des choses qui pourraient s'avérer précieuses, pour un agent (et ici il pourrait s'agir aussi d'un robot) conseiller, capable de recueillir des informations sensibles auprès d'un patient, de l'aiguiller en faisant preuve de compassion et de compréhension, et/ou de faire de l'accompagnement de traitement tout en répondant aux craintes du patient [25] [41]. Même en dehors du monde médical, il est imaginable qu'incorporer la dimension « touchante » aux interfaces de certaines machines (véhicules autonomes) ou agents personnels comme les assistants des grandes entreprises comme Apple, Google,... qu'on connaît aujourd'hui apportent de réelles améliorations dans l'expérience utilisateur et l'intérêt général de ces systèmes

4) Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel

Méthodologie et échéancier prévisionnel

- Le travail de thèse consistera donc à identifier deux scénarios types, en lien avec le laboratoire COSTECH, dans lesquelles l'agent et l'humain ont des raisons de se toucher (entraide, confiance, soutien ...). Le scénario sera validé par un comité d'éthique.
- Un état de l'art sur les interfaces haptiques intelligentes sera réalisé afin de proposer un modèle et des affichages haptiques pertinents.
- Une première série de tests sur les affichages haptiques sera réalisée pour valider les hypothèses sur le ressenti émotionnel, en intégrant les derniers résultats des recherches dans le domaine des sciences cognitives sur la plateforme TACTOS
- La réalisation de plusieurs prototypes successifs de l'interface haptique intelligente et leurs évaluations dans le CAVE TRANSLIFE pourront permettre de mesurer et de comprendre à la fois les schémas nécessaires à la synthèse du toucher social, et l'impact de ce toucher social sur l'interaction agent humain en environnement virtuel.
- La thèse sera menée en co encadrement entre le laboratoire Heudiasyc spécialisé en réalité virtuelle et le laboratoire COSTECH spécialisé en sciences cognitives et philosophie. La collaboration avec l'université de Greenwich permettra de valider notre approche au meilleur niveau dans le domaine des ACA.
- Les environnements matériels et logiciels seront ceux du laboratoire COSTECH (plateforme TACTOS) et celui de la salle immersive du CAVETM – TRANSFILE, développé au laboratoire Heudiasyc et associé avec le logiciel TRANSONE. L'interface haptique sera développée en concertation entre les deux laboratoires.
- Des publications dans les conférences ACM UIST, IEEE VR, ACM VRST, ACM CHI et dans les revues PRESENCE, International Journal of Human Computer Interaction seront réalisées.

5) Les collaborations prévues (préciser le cadre, la nature des collaborations, l'ancrage national, international, la transdisciplinarité éventuellement)

Ancrage national : consortium du projet **ANR Sociatouch** (<https://socialtouch.hds.utc.fr/>) avec **LTCl** (Laboratoire de Traitement et Communication de l'Information de Télécom ParisTec,, DIVA group, **I3-CNRS** (UMR 9217), l'équipe **INTERACTION** de l'**ISIR** (Institute for Intelligent Systems and Robotics) (UMR7222) et Heudiasyc UMR 7253.

Ancrage international: une collaboration avec le professeur Mac Cavazza (<https://scholar.google.co.uk/citations?user=KIY51TwAAAAJ>), **University of Greenwich, London, UK** permettra d'intégrer les concepts de storytelling interactif et renforcera les liens entre Heudiasyc et l'université de Greenwich.

Transdisciplinarité: la thèse sera co encadrée par Indira Thouvenin (Heudiasyc) et Charles Lenay (Costech) de façon à modéliser le toucher social et son affichage tactile en environnement virtuel, tout en prenant en compte le concept d'« agent touchant » au sens émotionnel et cognitif. Les expérimentations menées parallèlement en sciences cognitives au laboratoire COSTECH (autre thèse sur les dynamiques d'interaction co encadrée aussi par les mêmes chercheurs) et dans le CAVE Translife se complèteront.

6) References

[1] Loïc Fricoteaux, Indira Thouvenin: **Adaptation de retours immersifs en environnement virtuel informé basée sur une observation incertaine de l'utilisateur. Application à la formation au transport fluvial. Revue d'Intelligence Artificielle 29(1): 113-141 (2015)**

[2] Rémy Frenoy, Yann Soullard, Indira Thouvenin, Olivier Gapenne. **Adaptive Training Environment without Prior Knowledge: Modeling Feedback Selection as a Multi-armed Bandit Problem. UMAP 2016: 131-139**

[3] Fabien Boucaud, Quentin Tafiani, Catherine Pelachaud, Indira Thouvenin. **Social Touch in Human-agent Interactions in an Immersive Virtual Environment. VISIGRAPP (2: HUCAPP) 2019: 129-136**

[4] Huisman G., Bruijnes M., Kolkmeier J., Jung M., Darriba Frederiks A., Rybarczyk Y. (2014) Touching Virtual Agents: Embodiment and Mind. In: Rybarczyk Y., Cardoso T., Rosas J., Camarinha-Matos L.M. (eds) Innovative and Creative Developments in Multimodal Interaction Systems. eNTERFACE 2013. IFIP Advances in Information and

Communication Technology, vol 425. Springer, Berlin, Heidelberg

[5] Boucaud, F.; Taffiani, Q.; Pelachaud, C. and Thouvenin, I. (2019). **Social Touch in Human-agent Interactions in an Immersive Virtual Environment. In Proceedings of the 14th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications - Volume 2: HUCAPP, ISBN 978-989-758-354-4, pages 129- 136. DOI: 10.5220/0007397001290136**

[7] Hayward, V. 2008a. A Brief Taxonomy of Tactile Illusions And Demonstrations That Can Be Done In a Hardware Store. *Brain Research Bulletin*, 75:742-752.

[8] J Hertenstein, Matthew & M Verkamp, Julie & M Kerestes, Alyssa & M Holmes, Rachel. (2006). The Communicative Functions of Touch in Humans, Nonhuman Primates, and Rats: A Review and Synthesis of the Empirical Research. *Genetic, social, and general psychology monographs*. 132. 5-94. 10.3200/MONO.132.1.5-94.

[12] Hertenstein, M.J., Holmes, R.M., McCullough, M., & Keltner, D. (2009). The communication of emotion via touch. *Emotion*, 9 4, 566-73 .

[9] Gratch J. et al. (2007) Can Virtual Humans Be More Engaging Than Real Ones?. In: Jacko J.A. (eds) Human-Computer Interaction. HCI Intelligent Multimodal Interaction Environments. HCI 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4552. Springer, Berlin, Heidelberg

[10] Gratch J., Wang N., Gerten J., Fast E., Duffy R. (2007) Creating Rapport with Virtual Agents. In: Pelachaud C., Martin JC., André E., Chollet G., Karpouzis K., Pelé D. (eds) Intelligent Virtual Agents. IVA 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4722. Springer, Berlin, Heidelberg