

Programme Doctoral : Etude de l'intelligibilité de la communication kinesthésique pour l'interaction physique Homme-Robot

Supervisors:

Directeur - Jérôme Szewczyk (sz@isir.upmc.fr)

Encadrant - Ludovic Saint-Bauzel (saintbauzel@isir.upmc.fr)

Pré-requis :

C++, Python, Machine Learning

Résumé

L'objectif de cette thèse est de rendre intelligible les machines à travers l'interaction kinesthésique, pour atteindre cet objectif, trois sous-objectifs ont été identifiés :

- Comprendre, modéliser les mécanismes en jeu dans une telle communication. Il s'agira de construire un lexique de l'interaction kinesthésique,
- Implémenter ce lexique pour que les robots dits collaboratifs deviennent des partenaires virtuels coopératifs.
- Combiner ces éléments du lexique d'interactions kinesthésiques.

L'objectif est d'identifier si il sera possible de transmettre des informations de direction, d'attention, de confiance à travers seulement le canal kinesthésique. Cette thèse se concentrera sur les possibilités dans 2 degrés de liberté d'accompagner, de faire comprendre réciproquement les intentions et les informations non-verbales comme la confiance ou l'incompréhension.

Le développement d'un système à 2 dimensions sera envisagé pour évaluer un scénario de navigation à 2 degrés de liberté comme la situation décrite de guide et guidé avec échange d'information, d'hésitation...

Description

Obtenir des systèmes plus robustes est crucial si on souhaite pouvoir les utiliser dans des situations critiques comme durant une opération chirurgicale. Les mutations technologiques à l'œuvre dans les systèmes ont profondément modifié l'interaction entre l'homme et la machine. Au fil de cette évolution, les opérateurs se sont retrouvés face à des systèmes de plus en plus complexes et de plus en plus automatisés. L'opacité des agents artificiels est considérée comme une cause majeure de ces difficultés (Christoffersen & Woods, 2000 ; Dekker & Woods, 2002 ; Klein, Woods, Bradshaw, Hoffman, & Feltovich, 2004). En effet, le manque d'informations renvoyées par le système sur son propre fonctionnement et, en amont, par le manque de dialogue possible portant sur le statut de l'information transmise, sont des éléments centraux dans les difficultés rencontrées par les opérateurs. Les systèmes complexes actuels ont tendance à développer des cascades de réactions automatiques qui diminuent, voire éliminent la capacité des opérateurs à prédire leur fonctionnement et provoquent des événements démesurés et imprévisibles (Taleb, 2012). Ce manque d'information renvoie à ce que l'on a classiquement appelé "l'opacité du système" : la difficulté pour un opérateur humain d'avoir une idée claire des intentions du système et de prédire la séquence des événements qui se produiront. En ce sens, l'intelligibilité des systèmes artificiels (i.e., le fait de produire un comportement clair et compréhensible) est souvent présentée comme un défi majeur par la communauté en ingénierie des systèmes.

Pour autant, la communication semble moins opaque et incompréhensible lorsqu'on envisage des situations entre humains même sans communication verbale. Imaginons une personne à qui on demande de fermer les yeux, à qui on prend la main et qu'on guide pour qu'elle se lève, afin qu'elle se déplace dans différentes directions, ou qu'elle utilise des escaliers, monte sur un trottoir, passe une porte... De cette expérience de pensée et à travers sa mise en pratique, nous comprenons qu'il existe une capacité à transmettre des

intentions (dans ce cas des directions) à travers l'interaction physique en particulier dans la prise de main. Du point de vue de chaque acteur, cela signifie que le guide est capable de faire comprendre ses intentions et que le guidé est capable d'interpréter et de comprendre les intentions du guide. En cas de doute sur l'intention perçue, le guidé est aussi capable de transmettre son hésitation au guide qui pourra clarifier son intention. Cette capacité de *coopération physique* est une forme de communication dynamique entre deux acteurs ayant un objectif commun.

La kinesthésie permet de transmettre des informations à différents niveaux de complexité. Nous considérons nécessaire afin d'étudier l'ensemble des possibilités que le canal de communication kinesthésique permet. En particulier, une meilleure caractérisation et analyse de ces différentes dimensions semble nécessaire à une compréhension théorique et pratique de ce canal comme un moyen de communication. Il s'agira dans cette thèse de caractériser et comprendre comment se construisent ces communications pour en identifier les clefs nécessaires à la réduction de l'opacité.

L'enjeu majeur de ce projet consiste à utiliser les informations kinesthésiques comme vecteur de coopération entre l'homme et la machine. En particulier, nous pensons qu'il est possible d'utiliser ce sens haptique afin de rendre les systèmes artificiels plus intelligibles, plus prédictibles. Cependant, si nous considérons l'existence d'une communication, alors nous devons pouvoir envoyer et recevoir des messages clairs sans perturber la tâche, ou en tout cas pas plus qu'un partenaire humain. Pour cela, nous souhaitons tout d'abord identifier les informations nécessaires à la coopération. Ensuite, nous souhaitons faire évoluer nos modèles pour obtenir un comportement dont le message est le plus clair possible pour l'utilisateur. Le taux de compréhension de ce message chez les personnes testées sera notre mesure principale. Nous espérons ainsi construire un lexique, une base de messages, dont l'utilisation effective autant que la validité sera mesurée statistiquement. Le projet est à terme de combiner ces messages pour construire une communication complexe et augmenter ainsi les capacités de communication des machines en interaction homme-robot. Nous appellerons ces messages des *unités de sens kinesthésiques* pouvant s'agencer en messages complexes appelés discours kinesthésiques, autrement dit des *enchaînements d'unités de sens kinesthésiques* qui mettent au clair l'intention, le statut de l'information.

À l'heure actuelle, nous envisageons un certain nombre d'actions qui seraient à combiner. Parmi ces unités de sens kinesthésique nous avons identifié des unités de sens réactives qui regroupent les mouvements liés à l'action à réaliser. On retrouve le mouvement entre les partenaires avec une relation simulant une certaine physique "naturelle" entre les partenaires (masse-ressort-amortisseur). Ces unités de sens simulant du naturel devraient avoir une compréhensibilité grande. Par exemple, un déplacement de l'interface dans la direction du déplacement souhaité comme un volant à retour d'effort des jeux vidéos. Une sensation en résistance est intégrée au mouvement de pilotage gauche-droite du véhicule.

Une approche plus séquentielle est envisageable dans ces relations réactives, en faisant varier les paramètres de la physique simulée, on considère pouvoir moduler le message et donc enrichir l'interaction par l'intermédiaire d'un retour kinesthésique évoluant en fonction du contexte. Les conséquences de tels variations ne sont pas connues, il est envisageable d'étudier les effets sur l'interprétation qui en est faite. Il est aussi utile d'étudier l'effet sur la performance de la tâche.

Un troisième type d'unités de sens kinesthésique est envisagée qui consisterait à réaliser des unités de sens actives. On entend par là des mouvements et/ou des efforts qui ne sont pas liés directement à l'action et son contexte mais peuvent venir enrichir l'expérience de manipulation. On peut par exemple programmer une force pulsatile à fréquence variable (comme le bip de recul d'une voiture) pour informer de la proximité d'un obstacle. On peut aussi envisager des mouvements perspirants à fréquence variable pour informer du degré d'attention à avoir sur le système.

L'étude de ces différents types d'unités de sens et de leurs combinaisons seront au cœur de l'étude proposée. Nous espérons grâce à cette étude pouvoir proposer un lexique utilisable dans des environnements critiques comme les opérations chirurgicales en manipulation.

Programme doctoral

L'objectif de cette thèse est de développer le concept d'unité de sens kinesthésique afin de rendre intelligible les machines à travers l'interaction kinesthésique, pour atteindre cet objectif, trois sous-objectifs ont été identifiés :

- Comprendre, modéliser les mécanismes en jeu dans une telle communication. Il s'agira de construire un lexique d'unités de sens kinesthésiques,
- Implémenter ce lexique pour que les robots dits collaboratifs deviennent des partenaires virtuels coopératifs.
- Etudier les capacités à se combiner des éléments d'unités de sens kinesthésiques.

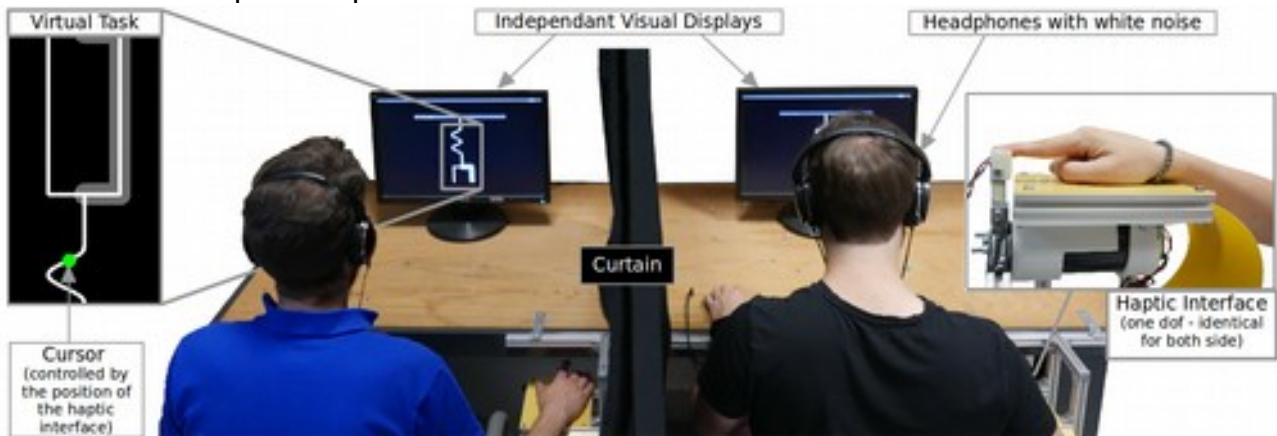
L'objectif est d'identifier s'il sera possible de transmettre des informations de direction, d'attention, de confiance... à travers seulement le canal kinesthésique. Cette thèse se concentrera sur les possibilités, dans 2 degrés de liberté, d'accompagner, de faire comprendre réciproquement les intentions et les informations non-verbales comme la confiance ou l'incompréhension.

Le développement d'un système à 2 dimensions sera envisagé pour évaluer un scénario de navigation à 2 degrés de liberté comme la situation décrite de guide et guidé avec échange d'information, d'hésitation...

Enfin la méthode de construction de ces unités de sens kinesthésique est un des sujets de ce projet de recherche. Nous envisageons bien sûr de recourir aux machines à états statistiques appliquées actuellement. Toutefois, cette approche risque d'atteindre ses limites ; aussi l'utilisation de méthodes par apprentissage est-elle envisagée pour généraliser et automatiser cette approche. Ainsi, une étude comparée de la pertinence des méthodes basées sur les arbres de décision sera faite. Elle inclura l'évaluation des méthodes ERF (Extremely Random Forest) (Geurts, Ernst & Wehenkel 2006) en comparaison avec des approches markoviennes (HMM) (Figueroa-Angulo, Savage, Bribiesca, Escalante & Sucar 2015) et enfin de la programmation génétique de réseaux (Mabu, Hirasawa, Obayashi & Kuremoto 2013). Elle donnera une analyse de la performance de ces méthodes ainsi que de leurs limites pour ce contexte kinesthésique.

Resources additionnels:

SEMAPHORO : Dispositif expérimental à 1 DDL



- Vidéo d'expériences d'interaction humain-humain: <https://youtu.be/uOC3QhdrINY>
- Article sur l'unité de sens kinesthésique déjà développé <http://ieeexplore.ieee.org/document/7759415/>
- Code du robot: <https://github.com/LudovicSaintBauzel/teleop-controller-bbb-xeno>