

Titre de la Thèse (trois ans) : Stimulation Haptique de la Main Entière

Encadrant : Vincent Hayward

Contact Information : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique
Université Pierre et Marie Curie (Paris-6)
vincent.hayward@isir.upmc.fr

Ecole Doctorale

Thèmes pertinents SMART

- « La compréhension de l'humain dans ses dimensions cognitives neurophysiologiques et biomécaniques »
- « Les interfaces et l'interaction de l'humain avec des environnements numériques et des mondes physiques distants »
- « Le développement des services numériques pour l'accès à la connaissance et à l'information, le traitement des données numériques »
- « La mobilité dans les réseaux et l'interopérabilité »
- « La création de services et de technologies associées aux besoins de l'e-santé »

Domaine

Les communications entre personnes, que ce soit par le biais de la physique ambiante ou par celui des moyens de médiation technologiques, dépendent crucialement du bon fonctionnement de la vision et de l'audition. Le domaine très riche dit des 'technologies adaptatives' (aussi appelé celui de l'accessibilité) est là où l'on prend en compte le fait que certaines populations souffrent de déficits sensoriels, moteurs ou cognitif. Pour les déficits sensoriels, il s'agit le plus souvent de l'audition ou de la vision. De grandes conférences nationales (telles que *Handicap* parmi d'autres) ou internationales (telles que *International ACM Conference on Computers and Accessibility* parmi de nombreuses autres) attirent régulièrement des milliers de participants intéressés par le sujet.

Or, il se trouve qu'il y a une population de taille significative qui souffre d'un double handicap sensoriel : celui d'un déficit visuel combiné à un déficit auditif. Dans un pays comme la France, cette population est estimée à plusieurs centaines de milliers de personnes, bien que les statistiques varient beaucoup d'une source à l'autre en fonction des critères utilisés. Ces critères sont eux-mêmes fonction d'une étiologie variée. En tout état de cause, on distingue les causes liées aux infections d'origine virales ou bactériennes, conduisant à une méningite qui peut affecter les régions sensorielles du cerveau, des causes génétiques dont la plus connue est le syndrome d'Usher congénital dont les effets peuvent se manifester dès la naissance ou s'amplifier chroniquement au cours du développement.

Vivre sans vision et sans audition rend la vie quotidienne des personnes atteintes de cécisurdité extrêmement difficile. Ces personnes nécessitent des prises en charges très lourdes. Il est évident que la communication sociale s'effectue surtout grâce à la vision et à l'audition. En conséquence, l'un des problèmes les plus critiques pour les sourd-aveugles est la situation d'isolement dans laquelle ils se trouvent, puisqu'une vie sociale est essentielle à l'épanouissement de tout un chacun. Les personnes sourdes-aveugles font donc face à la nécessité de compenser leur déficit par des efforts éprouvants pour eux, pour leur entourage et pour la société.

Objectif

L'objectif de cette thèse est de développer une technologie de communication adaptative et accessible aux sourd-aveugles. Cette technologie conduira à un moyen de traduction des médias communément utilisés, dont en premier lieu la langue écrite, en second lieu la langue parlée, et bien évidemment les médias électroniques dont en particulier la navigation sur la toile et ceci sans aucun moyen visuel ou auditif. Par accessibilité nous entendons que cette technologie doit être utilisable par une fraction significative de la population visée. Ceci veut dire que la courbe d'apprentissage doit être très rapide et que la technologie doit être utilisable avec peu d'apprentissage, et non après des années de pratique. Par accessibilité, on entend aussi qu'elle doit être accessible économiquement. Pour fixer les idées, le coût total des matériaux et des composants ne devrait pas dépasser quelques centaines d'euros. Pour encourager la reproductibilité, nous nous imposons la contrainte que cette technologie ne fasse appel à aucune technique, matériaux ou composants exotiques, et qu'elle soit libre de droits.

Des travaux préliminaires dans le cadre d'un stage de fin d'études, puis de M2 ont donné lieu à la réalisation de la partie matérielle d'un prototype montré en appendice (voir aussi le CV du candidat). Sa conception et son fonctionnement puisent profondément dans des découvertes récentes concernant le fonctionnement du système somatosensoriel qui mettent l'accent sur les aspects spatiotemporels du sens tactile plutôt que sur la juxtaposition des aspects spatiaux indépendamment des aspects temporels, comme l'enseigne la théorie classique [Hayward 2011, Jorntell et al. 2014, Shao et al. 2016]. Ces travaux préliminaires ont été rendus possibles grâce à la présence à l'ISIR pendant plusieurs périodes s'étalant sur deux ans de Sven Topp, président de l'association des sourdaveugles d'Australie grâce au soutien financier de l'entreprise Google. Pour plus de détails, le lecteur peut consulter la description du projet (financé pour 2016-2017) qui a été soumis à cette fin. Il est à noter que le projet a progressé considérablement depuis la soumission de ces documents.

Plan de thèse

Le système qui a été conçu et réalisé utilise un tableau d'actionneurs simples et efficaces inclus dans une architecture électro-mécanique et électronique composée d'éléments facilement assemblés et qui sont fonctionnels avec des tolérances lâches. Les effecteurs utilisent directement la force électromagnétique de Laplace agissant sur des aimants mobiles et permettent une stimulation de la main avec une grande précision temporelle ainsi qu'une force statique suffisante. De par leur nature, ils peuvent se placer selon trois états. Un état passif qui ne suscite pas de contact permanent avec la peau ; un état transitoire permettant de stimuler la peau très brièvement à des emplacements discrets et avec une intensité facilement modulable ; et un état soutenu ou l'on peut stimuler la peau par un signal ayant une forme d'onde arbitraire, sans limite en fréquence. Cette architecture comprend vingtquatre effecteurs contrôlables individuellement sur l'ensemble de la plage de sensation tactile (20 Hz–1 kHz). Cet appareil stimulateur tactile rend possible un contrôle temporel très fin des stimuli et possède une résolution spatiale suffisante pour la recreation des éléments d'un certain nombre de langages tactiles utilisés par les sourdaveugles dans le monde¹.

Année un. On optimisera d'abord les performances électromécaniques du communicateur tactile. Ces travaux constitueront une contribution significative à l'art de la conception des stimulateurs tactiles et pourront faire l'objet d'une publication dans un journal tel que l'IEEE Transactions on Haptics.

Année deux. On se focalisera sur les aspects scientifiques du projet se basant sur la disponibilité d'un appareil bien conçu, bien caractérisé et donc capable de générer des stimuli de grande qualité. L'objectif sera de générer les signaux spatiotemporels des interactions fondamentales du toucher qui correspondent aux sensations de glissement et de localisation des stimuli. Le résultat de ces travaux pourront être publiés dans des revues telles que Experimental Brain Research.

Année trois. Il s'agira d'encapsuler les connaissances acquises au cours des deux premières années dans une architecture logicielle permettant la diffusion maximale du système et son utilisation par le plus grand nombre pour développer les applications mentionnées auparavant. Un intérêt tout particulier pourrait être apporté à une application pilote permettant à un expert du langage des signes tactiles de stimuler une main artificielle permettant ainsi la transmission instantanée d'une conversation à distance ou l'enseignement du langage en question à des novices.

Les connaissances acquises par le candidat le rendra employable par un nombre considérable d'industries concernées par les médias, les jeux informatiques, la réalité virtuelle ou les interfaces personne-machine.

Références

- [Hayward 2011] Hayward, V. 2011. Is there a plenahaptic function? *Philosophical Transactions of the Royal Society, B*, 366 :3115–3122.
- [Jorntell et al. 2014] Jorntell, H., Bengtsson, F., Geborek, P., Spanne, A., Terekhov, A. V., Hayward, V. 2014. Segregation of Tactile Input Features in Neurons of the Cuneate Nucleus. *Neuron*. 83 :1444–1452.
- [Shao et al. 2016] Shao, Y., Hayward, Visell, Y. 2016. Spatial Patterns of Cutaneous Vibration During Whole-Hand Haptic Interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15) :4188-4193.
- [Propositions 2014 et 2015] Joins à ce document.

1. Nous avons déjà été approchés par plusieurs groupes intéressés par l'utilisation de ce système dans des applications médicales telles que la réhabilitation tactile suite à un AVC ou d'une stimulation amplifiée en réalité pour les personnes souffrant de pertes de conscience à la suite de trauma et autres.