



Université Claude Bernard



# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **02 décembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame FABIO Cécile**

Titre de la thèse : « *Les bases neurales de la perception tactile à travers l'outil* »

## Résumé



Notre sens du toucher est primordial pour interagir avec notre environnement. Lorsqu'un élément extérieur nous touche, notre cerveau reçoit une multitude d'informations tactiles (ex : texture, forme, ...) qu'il combine afin de créer une image cohérente de cet élément. Pour interagir avec lui, notre cerveau doit également localiser la position exacte de cet élément afin d'exécuter un mouvement. D'un point de vue cérébrale, la localisation d'un contact sur le corps implique l'utilisation de systèmes de référence qui sont reflétés dans l'activité oscillatoire des rythmes alpha et bêta : le rythme alpha reflète l'encodage du toucher dans un système de référence externe, tandis que le rythme bêta reflète l'encodage du toucher dans un système de référence anatomique. Toutefois, le toucher ne se limite pas au corps, mais peut également s'étendre aux objets extérieurs. Lorsque nous utilisons un outil pour toucher un objet, le contact est ressenti sur l'outil et non dans la main qui le tient. Nous pouvons en fait percevoir un contact sur toute la surface d'un outil, et ainsi localiser précisément où il a été touché, comme cela est possible sur la peau. Alors que les mécanismes neuronaux sous-tendant la capacité de localiser le toucher sur le corps ont été largement étudiés, ceux à la base de la localisation tactile sur un outil ont pour l'instant été sous-explorés. L'objectif de cette thèse est donc d'étudier les corrélats neuronaux de la localisation tactile sur un outil.

Dans une première étude, nous avons combiné étude comportementale, électrophysiologie et modélisation neuronale afin de caractériser comment le cerveau humain localise le toucher sur un outil tenu à la main. Les participants ont effectué une tâche tactile de type " match-to-sample " avec

des stimuli appliqués sur l'outil, et dans une seconde session sur leur bras. Les résultats comportementaux ont révélé que les participants ont localisé les contacts sur le corps et sur un outil manuel avec une précision quasi parfaite. L'électroencéphalographie (EEG) nous a permis d'observer que la position d'un contact sur l'outil était immédiatement codée par la dynamique neuronale des cortex somatosensoriel primaire et pariétal postérieur. De plus, les contacts reçus sur l'outil et sur le bras étaient localisés par des étapes similaires de traitement cortical. Les algorithmes de décodage multivariés et la reconstruction de source ont également indiqué que les processus dédiés aux membres du corps sont réutilisés afin de localiser un toucher sur un outil. Nous avons effectivement trouvé des régions cérébrales impliquées dans la localisation du toucher en commun entre l'outil et le corps.

Dans une deuxième étude, nous avons examiné les corrélats oscillatoires de la localisation tactile sur un outil. Nous avons effectué une décomposition temps-fréquence des données EEG de la première étude et avons observé que seul le rythme alpha était modulé par l'emplacement des stimuli tactiles appliqués sur l'outil, tandis que le rythme bêta étant quant à lui non affecté. La reconstruction de source a montré que cette modulation du rythme alpha était localisée dans un réseau de régions fronto-pariétales qui ont déjà été impliquées dans le traitement de haut niveau des informations tactiles et spatiales.

Dans une troisième étude, nous avons comparé l'encodage du toucher dans les systèmes de référence - tels que reflété dans l'activité oscillatoire des rythmes alpha et bêta - lors de la localisation du toucher sur le corps et sur l'outil. Grâce à l'EEG, nous avons enregistré l'activité oscillatoire de participants effectuant une tâche de localisation tactile guidée où les stimuli étaient appliqués soit sur les mains, soit sur les extrémités de bâtons tenu en main. Les mains ainsi que les bâtons étaient alternativement en position décroisée ou croisée par rapport à la ligne médiane du corps. Cela nous a permis de distinguer les réponses cérébrales liées aux différents systèmes de coordonnées. Nous avons constaté que les topographies de scalp des rythmes alpha et bêta suivant le stimulus tactile étaient presque identiques entre la main et l'outil. Seul le rythme alpha était affecté par le changement de posture, ce qui suggère son implication dans l'encodage du toucher avec un système de référence externe. On peut également noter que la modulation d'alpha était identique lors de la localisation du toucher sur la main ou sur l'outil. De plus, la reconstruction de la source de cette modulation a révélé un réseau bilatéral similaire de régions pariéto-occipitales impliquées dans la localisation du toucher sur l'outil et sur la main.

Les résultats de nos études démontrent la similarité des mécanismes neuronaux pour localiser le toucher sur un outil tenu en main et sur le corps. Cela soutient l'idée que les processus neuronaux qui traitent les informations liées au corps sont réutilisés lors de l'utilisation d'un outil. En outre, le rythme alpha a été modulé en fonction de la position du toucher dans l'espace externe. Il s'agit ainsi de la première preuve, au niveau neuronal, que la localisation tactile sur un outil tenu en main implique l'utilisation de coordonnées spatiales externes. Nos travaux ouvrent des perspectives pour le développement et l'amélioration d'outils utilisés pour obtenir des informations sensorielles, comme les prothèses ou la canne blanche.