

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON I

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT (Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : 6 décembre 2016

Nom de famille et prénom de l'auteur : **MARTEL Marie**

Titre de la thèse : « Représentations du corps dans l'action : développement et plasticité dans le guidage sensoriel de la préhension. »

### Résumé de la thèse :

Planifier, exécuter un mouvement fait appel à des représentations mentales de l'action. Un contrôle moteur optimal nécessite la coordination entre le corps et l'environnement, ainsi qu'une intégration fonctionnelle des informations visuelles et proprioceptives. Le maintien de l'efficacité, en cas de représentations incomplètes se fait grâce au contrôle en ligne, au cours du mouvement. Les modes de contrôle de l'action ont été formalisés par les sciences computationnelles sous le terme de modèles internes du contrôle moteur. Premièrement, le modèle *inverse* définit la meilleure commande motrice possible, adaptée au but de l'action, en réduisant les coûts au minimum. Il repose donc sur la fonction d'anticipation (antérocontrôle). Deuxièmement, le modèle prédictif, plus couramment appelé modèle *forward* prédit les conséquences du mouvement à partir d'une copie efférente de la commande motrice. Ces prédictions sont ensuite comparées aux réafférences sensorielles, en permanence, permettant de monitorer l'état du mouvement. Toute différence entraînera un signal d'erreur qui entraînera l'ajustement du mouvement en ligne (rétrocontrôle), et mettra à jour le modèle inverse. Le comparateur, également appelé *state estimation* puisqu'il permet de connaître l'état de l'effecteur, est donc à la base de l'apprentissage moteur. Outre l'environnement, les informations concernant la posture, les dimensions de l'effecteur sont également cruciales et doivent être mises à jour fréquemment. Étonnamment, les modèles actuels de l'action n'attribuent pas aux représentations du corps un rôle majeur. En effet, il est traditionnellement admis que la position du membre, sa trajectoire ou encore la posture sont considérées lors du monitoring, mais la taille-même de l'effecteur ne figure pas dans les modèles. Pourtant, un mouvement ne sera pas réalisé de la même façon avec un corps en développement ou de taille adulte. De même, contrôler de façon optimale un outil nécessitera son intégration dans les représentations du corps. Ce travail s'est donc attaché à deux aspects des mouvements de préhension pour un contrôle optimal : la maîtrise des représentations de l'action et l'influence du corps sur celle-ci.

Lors d'un premier volet expérimental, je me suis intéressée à la maturation des représentations de l'action pendant l'enfance (de 5 à 10 ans) et en cas de développement moteur atypique (Troubles des Acquisitions et de la Coordination et Troubles du Spectre Autistique). À travers l'étude de la cinématique, j'ai cherché à comprendre comment les enfants développent leur capacité à anticiper et adapter leurs mouvements. Notre tâche consistait à saisir et déplacer deux bouteilles visuellement identiques mais de poids différents. Lorsque les enfants connaissaient le poids de la bouteille avant d'aller la saisir, nous avons pu observer les stratégies mises en place pour anticiper au maximum le poids et réduire son coût une fois l'objet en main. Par opposition, l'étude de la phase de déplacement de la bouteille une fois en main, quand son poids était inconnu au préalable, nous a permis d'étudier les stratégies de contrôle en ligne pour pallier l'effet du poids. Nos résultats ont indiqué qu'à l'âge de cinq ans, les enfants mettaient en place un antérocontrôle, lequel décrivait une stratégie mature

uniquement à partir de sept ans. Les performances n'avaient toujours pas atteint leur niveau optimal à dix ans. A l'inverse, le rétrocontrôle était performant et fonctionnel dès l'âge de cinq ans, traversant une période de restructuration autour de sept-huit ans, menant à un affaiblissement transitoire. Concernant le développement atypique, nos résultats ont montré une préservation de l'antérocontrôle chez les enfants avec TAC, associée cependant à un trouble d'exécution et à une altération du contrôle en ligne. Les enfants atteints de TSA avaient le profil opposé à savoir un rétrocontrôle préservé et un antérocontrôle défaillant. Puisqu'il permet d'attester une atteinte différentielle du rétrocontrôle et antérocontrôle, notre paradigme nous a permis d'apporter de nouvelles données et un nouvel éclairage sur le développement des modèles internes, et d'en pointer les faiblesses ou points d'intérêt à développer davantage.

Le second axe s'est concentré sur la plasticité des représentations du corps induite par l'utilisation d'un outil chez les adultes et les enfants, afin de dévoiler la dynamique entre une croissance progressive des dimensions du corps et les changements rapides induits par l'utilisation d'outils. L'utilisation d'un outil qui allonge fonctionnellement le bras nous a permis d'examiner les inputs sensoriels (vision, proprioception) nécessaires à la plasticité des représentations du corps chez l'adulte. Nos résultats ont indiqué que l'imagerie motrice, à travers la simulation du mouvement sans commande motrice et sans réafférence sensorielle, conduisait à l'intégration de l'outil dans la représentation du corps dédiée à l'action. Lorsque l'on compare des mouvements de préhension à main nue avant et après l'utilisation d'un outil, l'intégration de ce dernier dans le schéma corporel se traduit par des mouvements qui présentent des paramètres cinématiques plus tardifs et de plus faibles amplitudes. Des résultats similaires ont été obtenus lorsque le paradigme d'utilisation de l'outil était effectué en l'absence de vision, renforçant le rôle principal de la proprioception dans la mise à jour des représentations du corps. Nous avons finalement interrogé les mécanismes de plasticité des représentations de l'effecteur au cours de la croissance de l'individu alors que les dimensions corporelles s'étoffent progressivement. Le paradigme d'utilisation d'outil a donc été proposé à des enfants et adolescents. Les résultats ont indiqué un effet opposé à celui observé habituellement chez les adultes : après utilisation de l'outil, les enfants les moins matures allaient plus vite pour aller saisir un objet. Néanmoins nous avons pu constater qu'après un certain seuil développemental dans leur puberté, les adolescents commençaient à exprimer un profil similaire à celui des adultes, renforçant l'influence d'un corps changeant sur le contrôle de la motricité. Enfin la place de cette plasticité du schéma corporel au sein des modèles existants du contrôle moteurs a été discutée.

Ainsi, ce travail doctoral s'est attelé à réconcilier les modèles computationnels du contrôle moteur avec le champ de la recherche sur les représentations du corps, dans un corps en construction, afin d'apporter un regard nouveau sur les modèles internes.