



Perception du mouvement par la modalité tactile

Soutenance de thèse – Pélegrin Nicolas

29 mars 2024 à 14h00

Salle Rolland Garros, École de l'air et de l'espace, BA 701, Salon-de-Provence

Devant le jury composé de :

Frédéric ALEXANDRE	DR INRIA Bordeaux	Rapporteur
Maud MARCHAL	PU Université de Rennes, INSA/IRISA	Rapporteuse
Jean BLOUIN	DR CNRS Aix-Marseille Université, LNC	Examinateur
David GUEORGUIEV	CR CNRS Sorbonne Université, ISIR	Examinateur
Christophe LOPEZ	DR CNRS Aix-Marseille Université, LNC	Examinateur
Jean-Christophe SARRAZIN	DR ONERA Salon-de-Provence	Directeur de thèse

Résumé

Dans l'industrie aéronautique, la sécurité des vols est primordiale, nécessitant une gestion rigoureuse des risques. Cela a mené à d'importantes innovations, en particulier dans la conception des cockpits. Ces derniers, dotés d'équipements de commande et d'affichage avancés, ont évolué depuis les débuts de l'aviation, passant d'une dépendance à la vision directe à des configurations plus complexes pour le vol de nuit ou par mauvais temps. Cependant, la perception par le pilote du mouvement de l'appareil dans le référentiel terrestre demeure un défi, les phénomènes de désorientation spatiale étant une cause majeure d'accidents. De nouvelles technologies vibro-tactiles visent à réduire ce risque en fournissant des informations cutanées spatio-temporelles. Néanmoins, aujourd'hui encore, l'interprétation correcte du mouvement par le biais de ces données tactiles reste insatisfaisante. Nous faisons l'hypothèse que ces difficultés sont dues à une compréhension insuffisante des mécanismes cognitifs de perception du mouvement.

L'objectif scientifique de ce travail de thèse visait à étudier le rôle de la motricité dans la perception tactile du mouvement et plus particulièrement (1) à identifier un mécanisme d'intégration du mouvement prédit (basé sur un principe mnésique d'attribution de mouvement) d'une part, à l'erreur de prédiction (basée sur le traitement des réafférences sensorielles courantes) d'autre part, (2) à mieux comprendre comment la temporalité de ce processus d'intégration participe à la définition du contenu de l'expérience perceptuelle tactile, et (3) à formaliser comment les mesures métacognitives de confiance révèlent le degré d'accessibilité des informations utilisées pour définir le percept.

Pour répondre à cet objectif, au cours d'une série de trois expériences, nous avons exploré les dépendances espace-temps et leur influence sur la perception tactile d'objets en mouvement. Notre investigation s'est focalisée sur la manière dont le niveau de cohérence biologique entre espace et temps, qui caractérise le mouvement humain, influence la perception tactile. Nous avons conçu une expérience où des participants ont été stimulés sur la paume de la main droite avec des motifs tactiles décrivant un mouvement ambigu (conditions incongruentes) ou non ambiguë (conditions congruentes) vis-à-vis d'une loi biologique du mouvement (Loi de puissance deux tiers), et ont été invités à reporter la forme perçue ainsi que leur niveau de confiance associé à cette perception. Nos résultats montrent (1) que l'introduction de motifs tactiles ambiguës réduit significativement la performance de discrimination tactile, suggérant que notre système perceptif implique un mécanisme d'attribution de mouvement de prédiction des conséquences sensorielles tactiles, (2) que l'impact de ce mécanisme d'attribution de mouvement sur la définition du percept fonctionne à court terme, de sorte qu'avec le temps le contenu de l'expérience tactile est d'avantage déterminé par l'intégration des réafférences

sensorielles que par une influence prédictive d'attribution de mouvement, (3) que l'ambiguïté informationnelle détériore la confiance des participants dans leurs réponses, révélant un degré d'accessibilité plus limité des réafférences sensorielles utilisées pour déterminer la représentation consciente du percept tactile. Bien que les expériences réalisées n'est pas été conçue pour cette formalisation, une analyse basée sur le modèle Hierarchical Drift Diffusion Model a révélé la sensibilité du processus d'accumulation d'évidences à l'ambiguïté informationnelle que véhicule le stimulus et permet d'appréhender la perception tactile selon une dynamique prédictive de réduction de l'incertitude. Ces découvertes enrichissent notre compréhension des mécanismes sous-jacents à la perception tactile, renforcent l'importance des prédictions dans le traitement des informations sensorielles, et mettent l'emphase sur le rôle du temps dans le processus de définition du percept. Sur le plan applicatif, cette recherche souligne l'importance de la compréhension des mécanismes cognitifs dans la perception tactile du mouvement pour améliorer la sécurité aéronautique. Les résultats indiquent la façon dont le système nerveux ajuste la perception tactile en fonction des connaissances motrices organisées en mémoire, influençant ainsi la manière dont les pilotes interagissent avec leur environnement. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour le développement de fonctions d'assistance tactile plus efficaces, contribuant à réduire les erreurs de perception et à renforcer la sécurité des vols.

Mots clés

neurosciences cognitives, perception tactile, schéma moteur, temporalité, prise de décision