

Avis de Soutenance

Monsieur Salvatore GIANCANI

SCIENCES DU VIVANT Neurosciences

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Interactions intra-corticales pour le traitement du mouvement visuel

Travaux dirigés par Monsieur Frédéric CHAVANE

Soutenance prévue le **mercredi 25 mars 2026** à 14h00

Lieu : Institut de Neurosciences de la Timone UMR7289 CNRS & Aix-Marseille Université Faculté de
Médecine de la Timone 25 Bd Jean Moulin 13285 Marseille Cedex 05
Salle : Henri Gastaut

Composition du jury proposé

M. Frédéric CHAVANE	Directeur de recherche	Institut de Neurosciences de la Timone, CNRS - Aix-Marseille Université	Directeur de thèse
M. Pascal MAMASSIAN	Directeur de recherche	Laboratoire des Systèmes Perceptifs, ENS - Université Paris Sciences et Lettres	Rapporteur
Mme Isabelle FEREZOU	Directrice de recherche	NeuroPSI - Institut des Neurosciences Paris-Saclay, Université Paris-Saclay	Rapporteuse
M. Alexander THIELE	Professeur	Institut de BioSciences, Université de Newcastle	Examineur
M. David PASCUCCI	Professeur adjoint	Psychophysics and Neural Dynamics Lab, EPFL - Université de Lausanne	Examineur
Mme Anne KAVOUNOUDIAS	Professeure	CRPN - Centre de Recherche en Psychologie et Neurosciences, Aix-Marseille Université	Président

Mots-clés : Neurosciences, Interactions corticales, Mouvement Visuel

Résumé :


Cette thèse examine comment le cortex visuel encode les stimuli en mouvement et comment ces représentations neuronales sont liées au comportement perceptif et vi-suomoteur. À l'aide d'une approche multi-échelle combinant l'imagerie par colorant sensible au potentiel à l'échelle mésoscopique chez des macaques éveillés et la psycho-physique chez l'humain, j'étudie comment la dynamique des populations corticales fa-çonne l'estimation de la position d'un objet en mouvement.

Ce travail fait le lien entre trois niveaux d'analyse : les défis computationnels de la perception du mouvement, les solutions algorithmiques sous-tendues par les circuits neuronaux et la mise en œuvre biologique dans les cartes corticales rétinotopiques. Deux études complémentaires constituent le fondement de cette thèse. Tout d'abord, je démontre que l'effet flash-lag, une erreur de localisation systématique où les objets en mouvement apparaissent devant des stimuli flashés brièvement, est fortement modulé par l'architecture rétinotopique des cortex visuels primaires. Grâce à des mesures psychophysiques systématiques dans différentes sous-régions de la vision centrale, je montre que l'ampleur de l'illusion dépend de l'excentricité et est considérablement réduite lorsque la trajectoire du mouvement traverse le méridien vertical, où les connexions interhémisphériques du corps calleux remplacent les voies horizontales intra-corticales. Ces résultats soutiennent l'hypothèse de la propagation dans la carte rétinotopique, qui postule que l'activité anticipatrice se propageant à travers la connectivité horizontale de V1 sous-tend l'anticipation du mouvement visuel et en particulier les illusions d'estimation de position pour des objets en mouvement. Deuxièmement, en combinant des enregistrements corticaux à l'échelle mésoscopique chez des macaques avec des mesures comportementales chez l'homme, je révèle que les séquences de mouvement apparent à longue distance génèrent des réponses asymétriques de la population dans V1, caractérisées à la fois par un pic d'activité en retard par rapport à la position du stimulus et par un front d'onde se propageant vers l'avant de cette position. Ces deux signatures spatiales sont proportionnelles à la longueur de la trajectoire et au nombre de points, et résultent d'interactions non linéaires de suppression et de facilitation au sein des circuits intracorticaux. Nos données montrent que les observateurs humains présentent une asymétrie similaire : les mouvements oculaires saccadiques sont dirigés vers des positions qui sont en retard par rapport au point final du mouvement, reflétant le pic d'activité corticale, tandis que les jugements perceptifs montrent des biais vers l'avant, cohérents avec le front d'onde cortical. Nous proposons que la perception et l'action reposent sur des lectures distinctes du même code de population V1 distribué. Ensemble, ces résultats établissent que le V1 ne code pas une seule représentation « véridique » de la position pendant le mouvement, mais génère plutôt un profil spatial étendu, dépendant du contexte, façonné par la connectivité horizontale, la magnification rétino-corticale et les discontinuités de la carte. L'architecture fonctionnelle du cortex visuel précoce, son organisation rétinotopique, ses gradients de magnification et ses limites anatomiques, contraignent la manière dont les signaux de mouvement sont intégrés et finalement lus par les systèmes en aval. Ce travail fournit une explication mécanistique reliant la dynamique corticale à l'échelle mésoscopique à la fois à la géométrie de la perception visuelle et à la précision de l'action guidée visuellement, démontrant que la compréhension du mouvement visuel nécessite l'intégration de l'implémentation neuronale, du calcul de population et du résultat comportemental dans un cadre unifié.

Summary:

This thesis investigates how the visual cortex encodes moving stimuli and how these neural representations relate to perceptual and visuomotor behavior. Using a multi-scale approach combining mesoscale voltage-sensitive dye imaging in awake macaques and psychophysics in humans I address how cortical population dynamics shape position estimation during visual motion. The work bridges three levels of analysis: the computational challenges of motion perception, the algorithmic solutions subtended by neural circuits, and the biological implementation in retinotopic cortical maps. Two complementary studies anchor this study. First, I demonstrate that the flash-lag effect, a systematic mislocalization where moving objects appear ahead of briefly flashed stimuli, is strongly modulated by the retinotopic architecture of early visual cortices. Through systematic psychophysical measurements across different subregions of central vision, I show that the illusion magnitude depends on eccentricity and is dramatically reduced when motion crosses the vertical meridian, where interhemispheric callosal connections replace intracortical horizontal pathways. These findings support the Propagation within Retinotopic Map hypothesis, which posits that

anticipatory activity propagating through V1's horizontal connectivity underlies visual motion anticipation and particularly motion-position illusions. Second, combining mesoscale cortical recordings in macaques with behavioral measurements in humans, I reveal that long-range apparent motion sequences generate asymmetric population responses in V1, characterised by both a peak of activity lagging behind the stimulus position and a leading wavefront propagating ahead. These dual spatial signatures scale with trajectory length and amount of dots, and arise from nonlinear suppressive and facilitatory interactions within intra-cortical circuits. Critically, human observers exhibit a similar asymmetry: saccadic eye movements target positions that lag behind the motion endpoint, mirroring the cortical activity peak, while perceptual judgments show forward biases consistent with the leading cortical wavefront. We propose that perception and action rely on distinct readouts of the same distributed V1 population code. Together, these results establish that V1 does not encode a single "veridical" position representation during motion, but instead generates an extended, context-dependent spatial profile shaped by horizontal connectivity, cortical magnification, and map discontinuities. The functional architecture of early visual cortex, its retinotopic organization, magnification gradients, and anatomical boundaries, constrains how motion signals are integrated and ultimately read out by downstream systems. This work provides a mechanistic account linking mesoscale cortical dynamics to both the geometry of visual perception and the precision of visually guided action, demonstrating that understanding visual motion requires integrating neural implementation, population computation, and behavioral outcome within a unified framework.

LE DOYEN

Georges LEONETTI