

Avis de Soutenance

Monsieur Hamza OUELD KADDOUR EL HALLAOUI

SCIENCES DU VIVANT Neurosciences

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Attribution Contextuelle de Crédits dans l'Adaptation Visuo-Motrice

Travaux dirigés par Madame Anna MONTAGNINI et Monsieur Emmanuel DAUCE

Soutenance prévue le **jeudi 30 avril 2026** à 14h00

Lieu : 27 Boulevard Jean Moulin 13005 Marseille

Salle : Amphithéâtre

Composition du jury proposé

Mme Anna MONTAGNINI	Chargé de recherche	INT - Institut des Neurosciences de la Timone, Aix-Marseille Université	Directrice de thèse
M. Máté LENGYEL	Professor	Computational and Biological Learning, Cambridge University	Rapporteur
M. Philippe LEFÈVRE	Professeur	Institut de neurosciences, Université catholique de Louvain	Rapporteur
Mme Emma STEWART	Assistant professor	Queen Mary, University of London	Examinatrice
M. JOZEFOWIEZ JEREMIE	Professeur	SCALab - SCIENCES COGNITIVES & SCIENCES AFFECTIVES, Université de Lille	Président
M. Emmanuel DAUCE	Maître de conférences	INT - Institut des Neurosciences de la Timone, Aix-Marseille Université	Co-directeur de thèse

Mots-clés : Attribution de crédit, Adaptation motrice contextuelle, Modélisation Bayésienne, Mouvements Oculaires

Résumé :

Les modèles contemporains du contrôle sensorimoteur postulent que le cerveau ne se contente pas de réagir aux entrées sensorielles mais anticipe les événements en générant des prédictions internes. Ces signaux permettent de compenser les délais inhérents à la transmission et au traitement de l'information neuronale. Dans des environnements dynamiques, ces prédictions doivent être continuellement révisées à partir des erreurs de prédiction. Cette mise à jour suppose

d'identifier quels éléments du contexte sont responsables de ces erreurs. Ce problème, connu sous le nom d'attribution du crédit, constitue un enjeu central pour l'adaptation du comportement dans des environnements non stationnaires. Cette thèse examine comment le système oculomoteur résout ce problème et dans quelles conditions ce mécanisme peut échouer. Les travaux présentés combinent approche psychophysique, et modèles computationnels afin d'étudier comment l'attribution contextuelle du crédit dépend du mode d'engagement de l'observateur vis-à-vis des indices prédictifs. Les résultats mettent en évidence que l'engagement moteur constitue une condition déterminante pour l'apprentissage contextuel : lorsque les observateurs agissent sur un indice, ils acquièrent les contingences probabilistes associées ; en revanche, lorsqu'ils l'observent passivement, l'attribution du crédit repose principalement sur l'historique récent du mouvement de la cible. La première étude établit empiriquement cette dissociation à travers six tâches de poursuite oculaire lisse dans lesquelles un indice prédit implicitement la direction du mouvement futur de la cible. Lorsque les participants sélectionnent activement l'indice, la vitesse oculaire anticipatoire varie en fonction de la probabilité de direction associée à cet indice, et les effets liés à l'historique des essais deviennent dépendants de celui-ci, s'amplifiant lorsque l'identité de l'indice se répète d'un essai à l'autre. À l'inverse, lorsque les participants observent passivement ce même indice, avec des statistiques identiques, aucun apprentissage contextuel n'est observé. Les réponses anticipatoires reflètent uniquement une dépendance sérielle limitée à la direction récente de la cible. Cette dissociation est reproduite pour différents formats d'indices (direction de mouvement, couleur ou orientation d'une flèche), indiquant que la nature perceptive de l'indice n'en constitue pas le facteur déterminant. La seconde étude formalise les bases computationnelles de cette dissociation à l'aide de modèles implémentant différentes hypothèses de segmentation contextuelle. Un modèle de Bayesian Online Changepoint Detection à double indice sert d'observateur idéal et montre que l'information nécessaire à un apprentissage optimal est disponible en condition passive, excluant une limitation informationnelle. Deux architectures de type Mixture of Experts permettent ensuite de formaliser le mécanisme d'attribution du crédit à l'aide d'un paramètre de pondération γ contrôlant la précision avec laquelle les erreurs de prédiction sont assignées au modèle interne correspondant à l'indice pertinent. L'estimation de ce paramètre montre que l'engagement moteur oriente l'attribution du crédit vers l'expert approprié, tandis que l'observation passive entraîne une diffusion du crédit entre les modèles internes, réduisant l'apprentissage à une dépendance globale à l'historique récent des résultats. Dans leur ensemble, ces résultats indiquent que la structure contextuelle d'une tâche n'est pas extraite passivement à partir de la seule exposition statistique. L'engagement moteur apparaît nécessaire pour impliquer le système dans la structure causale de la tâche et permettre l'attribution appropriée des erreurs de prédiction aux modèles internes pertinents. Ces travaux soulignent ainsi le rôle structurant de la planification motrice dans les mécanismes computationnels qui sous-tendent le comportement prédictif adaptatif.

Summary:

Theories of sensorimotor control propose that the brain does not merely react to sensory events but anticipates them, generating predictive signals that compensate for the inherent delays of neural transmission and processing. These predictions must be continuously updated as the environment changes, requiring the brain to determine which contextual signals are causally responsible for prediction errors. This is the credit assignment problem, and it is central to adaptive behavior in non-stationary environments. This thesis investigates how the oculomotor system solves this problem, and under what conditions it fails to do so. The work presented here combines a psychophysical approach with hierarchical Bayesian analysis and computational modeling to examine how contextual credit assignment depends on the nature of the observer's engagement with predictive cues. The central finding is that motor engagement constitutes a necessary condition for contextual learning: when observers act on a cue, they learn cue-conditioned probabilistic contingencies; when they merely observe it, credit is assigned by default to recent target motion

history instead. The first study established the empirical dissociation across six smooth pursuit tasks in which a cue implicitly predicted the direction of upcoming target motion. When observers actively selected the cue, anticipatory eye velocity scaled with cue-conditioned target probability and trial-history effects became cue-dependent, amplified when cue identity repeated across trials. When observers passively viewed the same cue with identical statistics, learning failed: anticipatory responses reflected only a shallow serial dependency on recent target direction. This dissociation held across motion-direction, color, and arrow-orientation cues, demonstrating that cue format is not the determining factor. The second study formalized the computational basis of this dissociation through three models instantiating distinct hypotheses about how the brain segments experience into context-specific memories. A Dual-Cue Bayesian Online Change-point Detection model served as a normative ideal observer, demonstrating that the information required for optimal contextual learning was fully available to passive observers and ruling out capacity limitations as an explanation for their failure. Two Mixture of Experts architectures, a Switching Kalman Filter and a Beta-Bernoulli Mixture, then formalized the credit routing mechanism through a single gating parameter γ controlling the precision with which prediction errors are assigned to the cue-matched internal model. Fitting γ independently to each engagement condition revealed that active engagement drives credit toward the correct expert while passive observation causes it to diffuse across internal models, collapsing learning onto a global history of recent outcomes. Taken together, these findings demonstrate that the brain does not passively extract contextual structure from statistical exposure. Motor engagement is required to implicate the system in the causal structure of the task and to route prediction errors to the correct internal model. These results highlight the integral role of motor planning in shaping the computations that support adaptive predictive behavior.

LIEDOVIN
Georges LEONETTI

