

Quantifier la demande cognitive induite par l'activité physique pour promouvoir la santé : de la modélisation computationnelle à la mesure multimodale (CogPhy)



Université d'accueil : Université Bretagne Sud (Lorient, France)

Laboratoire : Laboratoire Lab-STICC, UMR 6285

Encadrants :

- Philippe Rauffet (PU – LabSTICC)
- Silvio Maltagliati (MCF – LP3C)
- Laetitia Fradet (PU – LabSTICC)

Résumé :

La démence touche environ 50 millions de personnes dans le monde et, dans le contexte du vieillissement actuel de la population, sa prévalence devrait atteindre 152 millions d'ici 2050 (Livingston et al., 2024). Or, 40% des cas de démence pourraient être évités grâce à l'adoption de facteurs de prévention modifiables (Livingston et al., 2024). Parmi ces facteurs, l'adoption d'une activité physique (AP) régulière peut protéger contre le déclin cognitif chez les personnes âgées. L'AP est non seulement associée à une réduction du risque de démence (Iso-Markku et al., 2022), mais elle favorise également le maintien des fonctions cognitives au cours du vieillissement (Cheval et al., 2021).

Bien que les recherches antérieures soulignent l'importance de l'AP dans la santé cognitive, force est de constater que l'ampleur de cette association varie considérablement d'une étude à l'autre (Singh et al., 2025). Ces résultats hétérogènes invitent à mieux identifier les mécanismes sous-jacents aux effets de l'AP sur la santé cognitive, afin d'identifier les modalités d'exercice les plus bénéfiques. En plus de facteurs liés à l'intensité ou à la répartition de l'exercice, l'hétérogénéité des effets de l'AP sur la santé cognitive provient pour partie du fait que toutes les activités physiques ne sont pas équivalentes en termes de **demande cognitive** (Diamond et al., 2016). En effet, les effets cognitifs de l'activité physique pourraient être proportionnels aux demandes cognitives que l'AP pratiquée implique. Or jusqu'ici, les travaux antérieurs ont cherché à comparer différents types d'activité physique – présumant de leurs différences en termes de charge cognitive (ex : pratiquer des activités d'endurance avec une faible charge cognitive versus pratiquer des activités collectives induisant une forte charge cognitive). En restant aussi globale, cette approche ne permet pas alors d'identifier avec précision les demandes cognitives associées à certaines activités, ni d'examiner les mécanismes sous-jacents aux relations entre les demandes induites et les bénéfices cognitifs procurés. Pour une même AP, comme faire du vélo, de multiples paramètres sont à considérer lorsqu'il s'agit d'en identifier les demandes cognitives et d'en comprendre les bénéfices cognitifs : difficulté liée à la navigation, complexité de l'environnement...

Ce projet vise alors à caractériser les demandes cognitives induites par l'AP pour mieux saisir les modalités d'exercice de nature à maximiser les bénéfices cognitifs. À la croisée entre les sciences du sport et de l'ingénierie, ce projet propose de combiner la modélisation computationnelle avec des mesures expérimentales multimodales pour accroître nos connaissances liées aux effets de l'AP sur la santé cognitive et ouvre à des perspectives appliquées (ex : interventions dans le domaine de l'activité physique adaptée).

Un premier axe du projet vise à proposer une taxonomie des différentes AP et d'en identifier la spécificité en termes de demandes cognitives. On pourra pour cela s'appuyer sur différents cadres de la littérature étudiant des activités par nature multitâches (Epling et al., 2018), par exemple la Théorie des Ressources Multiples de Wickens (Wickens, 2002) qui

commence à être appliquée à certaines activités physiques (Cenar et al., 2022 ; Epling, 2017), ou encore la Typologie des dimensions cognitives des activités de contrôle de Hoc (Hoc, 1993). Ce travail théorique sera ensuite complété par une approche computationnelle, dans la lignée de travaux émergents (Verguts et al., 2015 ; Chong et al., 2018) visant à modéliser les effets de différents paramètres (ex : nombre de co-actants, caractéristiques de l'environnement) sur les demandes cognitives induites, ainsi que sur les bénéfices cognitifs attendus (ex : fonctions exécutives vs mémoire).

Un second axe du projet envisage d'investiguer, en situation expérimentale, les effets de différentes modalités d'exercice physique sur les demandes cognitives induites par différentes AP, ainsi que sur les bénéfices cognitifs générés. En se centrant différents comportements d'AP du quotidien – ex : faire du vélo, marcher, pratiquer un sport collectif ou individuel –, nous envisageons, d'abord dans des environnements standardisés en réalité virtuelle, de faire varier la demande cognitive par la manipulation de différents paramètres : ex : choix en termes de navigation ; présence/absence d'éléments à éviter ; présence/absence de partenaires/adversaires ; présence d'éléments distracteurs (ex : sons ; lumières). Au cours de ces différentes modalités, des mesures multimodales seront réalisées : au niveau autodéclaré (ex : perception de la difficulté de la tâche), comportemental (ex : fixation visuelle par des mesures *eye-tracking*) et au niveau neurophysiologique (ex : oxygénation au niveau de la zone préfrontale du cerveau par des mesures *fNIRS*). Dans un second temps, en contexte de vie réelle, nous proposons de quantifier les demandes cognitives induites lors de différents trajets (ex : à vélo ou en marchant) ou situations sportives (ex : match de tennis de table) en croisant des mesures autodéclarées, actimétriques (ex : fréquence de pédalage ou de marche) et comportementales (fixations visuelles par des mesures embarquées *eye-tracking*). Dans ces deux séries d'études, les bénéfices cognitifs immédiats des différentes modalités d'AP seraient mesurés par des tests standardisés (ex : tâche d'inhibition) et par des questionnaires autodéclarés. Dans l'ensemble, ces mesures multimodales pourraient permettre de mieux identifier les demandes cognitives induites par différentes modalités d'exercice et, *in fine*, de renforcer notre compréhension des bénéfices cognitifs induits.

En résumé, ce projet permet d'examiner, de manière rigoureuse, si, à quantité égale, une AP cognitivement stimulante génère de meilleurs bénéfices cognitifs. Au-delà des avancées technologiques qu'il offre, ce projet permettrait d'affiner la compréhension des liens entre mouvement et cognition et ouvre des perspectives interventionnelles en prévention.

Pluridisciplinarité de l'approche et expertises des laboratoires et partenaires associés

Ce sujet est interdisciplinaire, à la croisée entre la psychologie cognitive et sociale (Silvio Maltagliati, laboratoire LP3C), et le traitement de signaux neurophysiologiques et comportementaux associés aux états cognitives et aux activités physiques des opérateurs (Philippe Rauffet et Laetitia Fradet, équipe FHOOX du laboratoire Lab-STICC, UMR 6285). Le candidat recruté sera rattaché à l'équipe FHOOX du laboratoire Lab-STICC, UMR 6285.

De plus, l'accès à la population ciblée dans le travail de thèse est assuré grâce aux liens avec le centre de Kerpape et du groupe Vyv – impliqués dans le développement et le financement du projet de recherche.

Potentiel de rayonnement international sur la thématique

En termes de positionnement et de rayonnement international, il pourra par ailleurs s'appuyer sur les collaborations existantes entre les chercheurs encadrants et d'autres laboratoires à l'étranger (côté Lab-STICC : Encadrement en cours de doctorants avec des partenaires internationaux (Suède, Australie, Ethiopie), collaboration et mobilité à venir avec

la Inland University en Norvège / côté LP3C : Collaboration avec le Pr. D. Raichlen (Université de Californie du Sud – États-Unis d'Amérique) – spécialiste des relations entre comportements d'activité physique et cognition). La thématique de la thèse pourra également s'inscrire dans de nouvelles collaborations, notamment soutenu par l'alliance d'universités Européennes EMERGE dont fait partie l'UBS).

Plan de financement et caractère structurant du projet

En termes de financement, un financement à hauteur de 50% CDE est déjà assuré par la Chaire « Transitions pour une société inclusive » de l'UBS – co-portée avec le centre de réhabilitation de Kerpape. Un financement complémentaire à hauteur de 50% est sollicité au niveau de l'ARED.

Profil des candidats et compétences attendues

Les candidats recherchés devront être titulaires d'un Master 2 (ou diplôme d'ingénieur équivalent) dans un domaine pertinent tel que l'ergonomie cognitive, les sciences du sport, les neurosciences ou l'ingénierie biomédicale/facteurs humains. Des compétences solides en méthodologie expérimentale (conception de protocoles, analyses statistiques) sont indispensables, et des solides bases en programmation (Python/R), en réalité virtuelle ou en mesures physiologiques (fNIRS, eye-tracking), seront déterminantes pour ce projet pluridisciplinaire. Rigueur, autonomie et maîtrise de l'anglais scientifique sont également attendues.

Candidature et contacts

Merci d'adresser votre candidature en envoyant un courriel aux adresses mails suivantes :

- philippe.rauffet@univ-ubs.fr
- laetitia.fradet@univ-ubs.fr
- silvio.maltagliati@univ-ubs.fr

Bibliographie

Cheval, B., Csajbók, Z., Formánek, T., Sieber, S., Boisgontier, M. P., Cullati, S., & Cermakova, P. (2021). Association between physical-activity trajectories and cognitive decline in adults 50 years of age or older. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, 30, e79. <https://doi.org/10.1017/S2045796021000688>

Chong, T. T. J., Apps, M. A., Giehl, K., Hall, S., Clifton, C. H., & Husain, M. (2018). Computational modelling reveals distinct patterns of cognitive and physical motivation in elite athletes. *Scientific reports*, 8(1), 11888

Cinar, E., Saxena, S., McFadyen, B. J., Lamontagne, A., & Gagnon, I. (2022). A prediction model of multiple resource theory for dual task walking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 23(5), 531-561.

Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48.

Epling, S. L. (2017). Dual-tasking and multiple resources: the interference of cognitive and physical demands in real-world applications.

Epling, S. L., Edgar, G. K., Russell, P. N., & Helton, W. S. (2018, September). How does physical demand affect cognitive performance? Interference between outdoor running and narrative memory. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 62, No. 1, pp. 237-241). SAGE Publications.

Hoc, J. M. (1993). Some dimensions of a cognitive typology of process control situations. *Ergonomics*, 36(11), 1445-1455.

Iso-Markku, P., Kujala, U. M., Knittle, K., Polet, J., Vuoksimaa, E., & Waller, K. (2022). Physical activity as a protective factor for dementia and Alzheimer's disease: systematic review, meta-analysis and quality assessment of cohort and case-control studies. *British Journal of Sports Medicine*, 56(12), 701–709.

Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., Brayne, C., Burns, A., Cohen-Mansfield, J., Cooper, C., Costafreda, S. G., Dias, A., Fox, N., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Kivimäki, M., Larson, E. B., Ogunniyi, A., ... Mukadam, N. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413–446.

Singh, B., Bennett, H., Miatke, A., Dumuid, D., Curtis, R., Ferguson, T., ... & Maher, C. (2025). Effectiveness of exercise for improving cognition, memory and executive function: a systematic umbrella review and meta-meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 59(12), 866-876.

Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: A neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 57.

Wickens C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3, 159–177.

Quantifying the Cognitive Demand Induced by Physical Activity to Promote Health: From Computational Modeling to Multimodal Measurement (CogPhy)



Host University: Université Bretagne Sud (Lorient, France)

Laboratory: Lab-STICC Laboratory, UMR 6285

Supervisors:

- Philippe Rauffet (Full Professor– LabSTICC)
- Silvio Maltagliati (Associate Professor – LP3C)
- Laetitia Fradet (Full Professor – LabSTICC)
-

Abstract

Dementia affects approximately 50 million people worldwide and, in the context of the current aging population, its prevalence is expected to reach 152 million by 2050 (Livingston et al., 2024). However, about 40% of dementia cases could be prevented through the adoption of modifiable preventive factors (Livingston et al., 2024). Among these factors, engaging in regular physical activity (PA) may protect against cognitive decline in older adults. PA is not only associated with a reduced risk of dementia (Iso-Markku et al., 2022), but it also promotes the maintenance of cognitive functions throughout aging (Cheval et al., 2021).

Although previous research highlights the importance of PA for cognitive health, the magnitude of this association varies considerably across studies (Singh et al., 2025). These heterogeneous findings call for a better understanding of the mechanisms underlying the effects of PA on cognitive health in order to identify the most beneficial exercise modalities. In addition to factors related to exercise intensity or distribution, the variability in PA effects on cognitive health may partly stem from the fact that not all physical activities are equivalent in terms of cognitive demand (Diamond et al., 2016). Indeed, the cognitive benefits of PA may be proportional to the cognitive demands involved in the practiced activity. However, previous work has mainly compared different types of physical activities—assuming differences in cognitive load (e.g., endurance activities with low cognitive demand versus team sports involving high cognitive demand). Because this approach remains relatively global, it does not allow precise identification of the cognitive demands associated with specific activities, nor does it allow examination of the mechanisms underlying the relationships between induced demands and cognitive benefits. Even within a single activity, such as cycling, multiple parameters must be considered when identifying cognitive demands and understanding cognitive benefits, including navigational difficulty and environmental complexity.

The aim of this project is therefore to characterize the cognitive demands induced by physical activity in order to better identify exercise modalities that maximize cognitive benefits. At the intersection of sport science and engineering, this project proposes to combine computational modeling with multimodal experimental measurements to advance knowledge regarding the effects of PA on cognitive health and to open applied perspectives (e.g., interventions in the field of adapted physical activity).

The first research axis aims to propose a taxonomy of different physical activities and to identify their specific characteristics in terms of cognitive demands. This work will rely on several theoretical frameworks from the literature examining inherently multitask activities (Epling et al., 2018), such as Wickens' Multiple Resource Theory (Wickens, 2002), which has begun to be applied to certain physical activities (Cinar et al., 2022; Epling, 2017), as well as Hoc's Typology of Cognitive Dimensions of Control Activities (Hoc, 1993). This theoretical work will then be complemented by a computational approach, following emerging studies (Verguts et al., 2015; Chong et al., 2018) aiming to model the effects of different parameters (e.g.,

number of co-actors, environmental characteristics) on the cognitive demands induced, as well as on the expected cognitive benefits (e.g., executive functions vs. memory).

The second research axis aims to investigate, in experimental settings, the effects of different exercise modalities on the cognitive demands induced by various physical activities, as well as on the cognitive benefits generated. Focusing on everyday PA behaviors—such as cycling, walking, or practicing team or individual sports—we first plan to use standardized virtual reality environments in which cognitive demand will be manipulated through various parameters (e.g., navigation choices, presence or absence of obstacles to avoid, presence or absence of partners or opponents, presence of distracting elements such as sounds or lights). During these different exercise modalities, multimodal measurements will be collected at the self-report level (e.g., perceived task difficulty), behavioral level (e.g., visual fixation measured via eye-tracking), and neurophysiological level (e.g., prefrontal brain oxygenation measured using functional near-infrared spectroscopy, fNIRS).

Second, under real-life conditions, we propose to quantify the cognitive demands induced during different routes (e.g., cycling or walking) or sporting situations (e.g., a table tennis match) by combining self-reported measures, actimetric measures (e.g., pedaling or walking cadence), and behavioral measures (visual fixations using mobile eye-tracking). In both sets of studies, the immediate cognitive benefits of the different PA modalities will be assessed using standardized tests (e.g., inhibition tasks) and self-report questionnaires. Overall, these multimodal measurements could help identify more precisely the cognitive demands induced by different exercise modalities and, ultimately, strengthen our understanding of the cognitive benefits they generate.

In summary, this project aims to rigorously examine whether, for an equivalent quantity of physical activity, cognitively stimulating PA generates greater cognitive benefits. Beyond the technological advances it offers, the project will refine our understanding of the relationships between movement and cognition and open new perspectives for preventive interventions.

Interdisciplinarity of the Approach and Expertise of the Laboratories and Associated Partners

This topic is interdisciplinary, at the intersection of cognitive and social psychology (Silvio Maltagliati, LP3C laboratory) and the processing of neurophysiological and behavioral signals associated with cognitive states and the physical activities of operators (Philippe Rauffet and Laetitia Fradet, FHOOX team, Lab-STICC laboratory, UMR 6285). The recruited candidate will be affiliated with the FHOOX team of the Lab-STICC laboratory (UMR 6285).

In addition, access to the population targeted in the doctoral research is ensured through links with the Kerpape rehabilitation center and the Vyv group, which are involved in the development and funding of the research project.

Potential for International Visibility in the Research Area

In terms of positioning and international visibility, the project will benefit from existing collaborations between the supervisors and other laboratories abroad (Lab-STICC: current supervision of doctoral students with international partners in Sweden, Australia, and Ethiopia, as well as forthcoming collaboration and mobility with Inland University in Norway; LP3C: collaboration with Prof. David Raichlen (University of Southern California, USA), a specialist in the relationships between physical activity behaviors and cognition). The doctoral research topic may also be integrated into new collaborations, particularly supported by the European university alliance EMERGE, of which Université Bretagne Sud is a member.

Funding Plan and Structuring Nature of the Project

Regarding funding, 50% of the doctoral funding is already secured through the “Transitions for an Inclusive Society” Chair at Université Bretagne Sud, co-led with the Kerpape rehabilitation center. Additional funding covering the remaining 50% is requested through the ARED program.

Candidate Profile and Required Skills

Candidates must hold a Master's degree (or equivalent engineering degree) in a relevant field such as cognitive ergonomics, sport science, neuroscience, biomedical engineering, or human factors. Strong skills in experimental methodology (protocol design and statistical analysis) are essential. Competencies in programming (Python/R), virtual reality, or physiological measurements (fNIRS, eye-tracking) will be particularly valuable for this interdisciplinary project. Rigor, autonomy, and proficiency in scientific English are also expected.

Application and Contact

Please submit your application by email to the following addresses:

- philippe.rauffet@univ-ubs.fr
- laetitia.fradet@univ-ubs.fr
- silvio.maltagliati@univ-ubs.fr

References

- Cheval, B., Csajbók, Z., Formánek, T., Sieber, S., Boisgontier, M. P., Cullati, S., & Cermakova, P. (2021). Association between physical-activity trajectories and cognitive decline in adults 50 years of age or older. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, 30, e79. <https://doi.org/10.1017/S2045796021000688>
- Chong, T. T. J., Apps, M. A., Giehl, K., Hall, S., Clifton, C. H., & Husain, M. (2018). Computational modelling reveals distinct patterns of cognitive and physical motivation in elite athletes. *Scientific reports*, 8(1), 11888
- Cinar, E., Saxena, S., McFadyen, B. J., Lamontagne, A., & Gagnon, I. (2022). A prediction model of multiple resource theory for dual task walking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 23(5), 531-561.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48.
- Epling, S. L. (2017). Dual-tasking and multiple resources: the interference of cognitive and physical demands in real-world applications.
- Epling, S. L., Edgar, G. K., Russell, P. N., & Helton, W. S. (2018, September). How does physical demand affect cognitive performance? Interference between outdoor running and narrative memory. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 62, No. 1, pp. 237-241). SAGE Publications.
- Hoc, J. M. (1993). Some dimensions of a cognitive typology of process control situations. *Ergonomics*, 36(11), 1445-1455.
- Iso-Markku, P., Kujala, U. M., Knittle, K., Polet, J., Vuoksima, E., & Waller, K. (2022). Physical activity as a protective factor for dementia and Alzheimer's disease: systematic review, meta-analysis and quality assessment of cohort and case-control studies. *British Journal of Sports Medicine*, 56(12), 701–709.
- Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., Brayne, C., Burns, A., Cohen-Mansfield, J., Cooper, C., Costafreda, S. G., Dias, A., Fox, N., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Kivimäki, M., Larson, E. B., Ogunniyi, A., ... Mukadam, N. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413–446.
- Singh, B., Bennett, H., Miatke, A., Dumuid, D., Curtis, R., Ferguson, T., ... & Maher, C. (2025). Effectiveness of exercise for improving cognition, memory and executive function: a systematic umbrella review and meta-meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 59(12), 866-876.
- Verguts, T., Vassena, E., & Silvetti, M. (2015). Adaptive effort investment in cognitive and physical tasks: A neurocomputational model. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 57.
- Wickens C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3, 159–177.