

AAPG2021	EEGET	JCJC
Coordonné par :	Damien VITIELLO	36 mois
Domaines transversaux – technologie pour la santé		

- *Description des objectifs et des hypothèses de recherche :*

Objectif Principal du projet EEG Effort Training (EEGET) :

Analyser l'électroencéphalogramme (EEG) couplé à une spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS) cérébrale auprès d'athlètes adultes diabétiques de type I (DT1) lors des entraînements et en situation de match pour avoir une mesure plus précise de la charge interne d'entraînement en lien avec la perception de l'effort : **vers une meilleure gestion de la planification de l'entraînement et de la fatigue.**

Hypothèses de recherche :

Hypothèse 1 : La mesure de la perception de l'effort associant l'échelle 6-20 RPE de Borg et un EEG + NIRS cérébrale permet une quantification plus précise et personnalisée de la charge interne d'entraînement des spécialistes de ½ fond DT1.

Hypothèse 2 : Le test RABIT® est validé auprès des athlètes de ½ fond DT1.

Hypothèse 3 : Les données EEG + NIRS cérébrale associées à celles de l'échelle 6-20 RPE de Borg et du test RABIT® permettent de définir des plans d'entraînement précis et personnalisés permettant un contrôle glycémique optimal chez des sujets DT1 physiquement actifs.

- *Positionnement du projet par rapport à l'état de l'art :*

La gestion optimale des variations glycémiques reste un défi majeur dans la vie quotidienne des sujets diabétiques de type 1 (DT1). L'entraînement induit des bénéfices physiologiques globaux, diminue le taux sanguin d'hémoglobine glyquée et la mortalité chez les adultes DT1. Cependant, il n'existe pas des plans d'entraînement précis permettant un contrôle glycémique optimal chez des sujets DT1 physiquement actifs. A ce jour, des algorithmes tentent d'aider les athlètes DT1 au quotidien mais de nombreux développements sont encore nécessaires (1,2,3,4) pour améliorer durablement la qualité de vie de ces sportifs particuliers.

De nouvelles avancées dans la quantification de la charge d'entraînement en fonction de l'effort perçu (RPE), ont été validées par notre équipe chez des sujets non diabétiques afin de suivre l'état de l'entraînement et en définir les intensités optimales. Ce test appelé RABIT® (5) permet de déterminer les seuils aérobie et anaérobie et les réponses physiologiques maximales afin de proposer un moyen simple de quantifier la charge d'entraînement. La validation de ce test pour des sujets DT1 offrirait une nouvelle façon de gérer la glycémie et la possibilité de concevoir des programmes d'entraînement individualisés basés sur RPE afin d'améliorer la performance et/ou la santé.

La réalité virtuelle représente une technologie clé du XXI^e siècle qui est de plus en plus utilisée en neuropsychologie et neurosciences pour mesurer le comportement dans des contextes écologiques (6,7,8) et apprécier l'impact de programmes d'entraînement dans la vie quotidienne (9). Plus l'environnement virtuel est immersif et écologique, plus le comportement du sujet en réalité virtuelle est semblable à celui existant dans le monde réel (10). Afin de tester l'impact potentiel des programmes d'entraînement individualisés auprès de sujets DT1 demandeurs pour améliorer leurs performances au marathon et améliorer la qualité de vie au quotidien, il sera élaboré un programme en réalité virtuelle simulant des activités écologiques pour les sujets permettant de mesurer après des programmes d'entraînement individualisés l'amélioration sur le plan psychologique et le traitement cognitif à savoir l'attention, l'encodage mnésique, les fonctions exécutives telles que la planification et l'anticipation.

AAPG2021	EEGET	JCJC
Coordonné par :	Damien VITIELLO	36 mois
Domaines transversaux – technologie pour la santé		

- *Présentation de la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs du projet :*

Des coureurs adultes spécialistes de ½ fond et DT1 (n = 40) familiarisés avec les tests de consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_{2max}$) seront recrutés. Ils réaliseront 2 tests $\dot{V}O_{2max}$ à un rythme libre (RABIT®1 et RABIT®2) dans un ordre aléatoire au sein de l'UFR STAPS (Université de Paris). Les gaz respiratoires et la ventilation seront mesurés en continu à l'aide d'un système d'échantillonnage respiratoire portable lors des tests. Une montre GPS mesurera la fréquence cardiaque et la réponse sympathique. La mesure de la perception de l'effort sera faite par l'échelle 6-20 RPE de Borg en association avec un EEG + NIRS cérébrale.

En parallèle de ces expérimentations, les athlètes seront confrontés à des situations virtuelles grâce à des casques de réalité virtuelle afin de développer un nouvel outil de mesures neuropsychologiques adaptés aux sujets étudiés. L'idée est de comprendre finement le fonctionnement cérébral de ces athlètes DT1 lorsqu'ils réalisent des entraînements ou des courses et ainsi d'améliorer la quantification de leurs charges internes.

- **-Caractère novateur :**

La gestion des charges d'entraînement et de la fatigue des athlètes est au cœur des attentes dans le domaine de l'entraînement. En témoigne pour cela l'appel à projet sport de très haute performance lancé en 2019 (20 millions d'euros) par les ministères des sports et de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation dans lequel était présent le défi 6 « la quantification des charges d'entraînement ». Il y a effectivement un réel enjeu pour améliorer la planification de l'entraînement afin d'améliorer la performance sportive en lien avec une gestion fine de la récupération des athlètes. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet EEGET. Plus précisément, nous souhaitons pouvoir développer ce champ de recherche auprès de sportifs DT1. Autant d'un point de vue sanitaire que de la performance sportive, ce projet permettra à cette population de sportif.

Concernant la faisabilité, l'I3SP dispose déjà des matériels nécessaires pour réaliser les explorations fonctionnelles cardiorespiratoires sur le terrain lors du test de RABIT® et du ½ fond (cardiofréquencemètres, analyseur de gaz K5, GPS).

Nous avons également l'échelle de 6-20 RPE de Borg à disposition pour permettre d'obtenir les perceptions de l'effort au cours du test de RABIT® et du ½ fond. Nous avons aussi des microphones pour que les sujets puissent s'exprimer librement sur leurs sensations au cours de l'effort.

Enfin, nous souhaiterions disposer d'un électroencéphalographe + spectroscopie dans le proche infrarouge (EEG +NIRS) afin de renforcer l'analyse des perceptions de l'effort par des mesures objectives. Sur ce dernier point, la collaboration avec l'équipe du laboratoire MC²Lab du Pr Piolino nous permettra de traiter avec précisions ces données importantes.

Concernant l'impact potentiel, ce projet permettra 1) à court terme, d'élaborer des programmes d'entraînement individualisés à la sensation auprès de sujets diabétiques de type 1 demandeurs pour améliorer leurs performances au marathon et 2) à long terme, d'améliorer la qualité de vie de ces sujets au quotidien par une gestion plus fine de leur glycémie.

Ainsi, notre projet s'inscrit très clairement dans l'axe de recherche 8.7 « technologies pour la santé » et plus précisément dans le point « les technologies pour l'e-santé et en particulier pour la mesure de l'exposome ». L'exposome étant ici les conditions (e.g. volume, durée, intensité, fréquence des charges d'entraînement) dans lesquelles l'entraînement et la compétition sportive sont menées.

AAPG2021	EEGET	JCJC
Coordonné par :	Damien VITIELLO	36 mois
Domaines transversaux – technologie pour la santé		

I. Partenariat (consortium ou équipe)

Cette section est en lien avec le critère d'évaluation « Organisation et réalisation du projet » :

Coordinateur Scientifique

Damien VITIELLO, maître de conférences Habilité à Diriger les Recherches (HDR) en physiologie de l'exercice et cardiovasculaire.

Thèmes de recherche : physiologie cardiaque (Homme et animal), physiopathologie cardiaque, entraînement, exercice, santé, insuffisance cardiaque, ischémie cardiaque, hypoxie, immunologie.

Parcours :

Mai 2018 : habilitation à Diriger des Recherches (spécialité physiologie cardiovasculaire). UFR STAPS, Université Paris Descartes, Paris, France.

Septembre 2015 : maître de conférences. UFR STAPS, Université Paris Descartes, Institut des Sciences du Sport-Santé de Paris – I3SP, Paris, France.

Septembre 2014-Août 2015 : ATER 100%. Inserm U1055, UFR APS, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.

Janvier 2014-Août 2014 : assistant de recherche. Haute École de Santé Vaud et ISSUL, Lausanne, Suisse.

Janvier 2012-Janvier 2014 : stagiaire postdoctoral (Bourse Inserm/FRSQ, 2013-2014). Institut de Cardiologie de Montréal, centre de recherche, Équipe Insuffisance Cardiaque, Montréal (Qc), Canada.

2008-2011 : doctorant allocataire de recherche (Allocation MESR, 2008-2011). Laboratoire de Pharm-Écologie Cardiovasculaire, EA 4278, Avignon, France.

Sélection de publications (2018-2020):

-Comparison of different exercise testing modalities to determine maximal aerobic speed in amateur soccer players. Darendeli A, Vitiello D, Billat VL, Diker G, Cug M. *Science&Sport*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.09.006>.

-Race Analysis of the World's Best Female and Male Marathon Runners. Billat VL*, Vitiello D*, Palacin F, Correa M, Pycke JR. *Int J Environ Res Public Health*. 2020. 17(4), 1177.

-Bouhenni, H., Daoudi, H., Djemai, H., Rouabah, A., Vitiello, D.*et Rouabah L* (2018). Metabolic syndrome, leptin-insulin resistance and uric acid: a trinomial foe for adolescent's health in Algeria. *Int J Adolescent health Med*. [IF 2018: 0.476, Q3] DOI: 10.1515/ijamh-2017-0076.

- Rôle et participation des partenaires :

L'équipe de recherche de l'I3SP traitera l'ensemble des données physiologiques et en émersiologie. Nous réaliserons également tous les tests RABIT® sur le terrain. Nous réaliserons également toutes les mesures physiologiques et de perception de l'effort (échelle de Borg, microphone, EEG+NIRS) au cours des ½ fonds réalisés par les sujets de l'étude. **Un doctorant** sera recruté pour réaliser les

AAPG2021	EEGET	JCJC
Coordonné par :	Damien VITIELLO	36 mois
Domaines transversaux – technologie pour la santé		

expérimentations auprès des athlètes DT1. Il sera assisté par **deux étudiants de M2 PEOPSN** pour deux années.

Damien Vitiello coordonnera les différentes expérimentations et les liens avec l'équipe (collaboration pour le traitement des données EEG+NIRS).

Nounagnon Agbangla supervisera l'acquisition des données de manière globale mais de façon spécifique l'acquisition de l'activité hémodynamique. Par la même occasion, il aidera dans le traitement des données hémodynamiques.

Le **Pr Andrieu** nous apportera son expertise pour le traitement thématique sur la perception du corps vivant et vécu des enregistrements vocaux lors des entraînements et des courses.

La collaboration avec le **Pr Piolino** et son équipe de recherche du MC²Lab nous permettra de traiter finement les données de l'EEG +NIRS. Par ailleurs, cette équipe recueillera également ces données dans le cadre de l'effort et permettra de développer un nouvel outil de mesures neuropsychologiques en réalité virtuelle adaptés aux sujets étudiés.

I. Bibliographie

Cette section est en lien avec le critère d'évaluation « Qualité et ambition scientifique » ; Les facteurs d'impact ne doivent pas être mentionnés.

- (1) Stahl F, Johansson R, Renard E. Post-prandial plasma glucose prediction in type I diabetes based on Impulse Response Models. Conf Proc IEEE. Eng Med Biol Soc. 2010;1324-7.
- (2) Facchinetti A. Continuous Glucose Monitoring Sensors: Past, Present and Future Algorithmic Challenges. Sensors (Basel). 2016 Dec 9;16(12).pii: E2093.
- (3) Sivananthan S, Naumova V, Man CD et al. Assessment of blood glucose predictors: the prediction-error grid analysis. Diabetes Technol Ther. 2011 Aug;13(8):787-96.
- (4) Bidet S, Caleca N, Renard E et al. First assessment of the performance of a personalized machine learning approach to predicting blood glucose levels in patients with type 1 diabetes: the CDDIAB study.
- (5) Molinari CA, Palacin F, Luc Poinard et al. Determination of submaximal and maximal training zones from a 3-stage, variable duration perceptually regulated track test. Int J Sports Physiol Perform. 2020 Mar 15:1-9.
- (6) Riva G, Gaggioli A, Villani D, Preziosa A et al. (2007). NeuroVR: an open source virtual reality platform for clinical psychology and behavioral neurosciences. Stud Health Technol Inform, 125: 394-9.
- (7) Neguț A, Matu SA, Sava FA & David D (2016). Virtual reality measures in neuropsychological assessment: a meta-analytic review, The Clinica Neuropsychologist, 30:2, 165-184.
- (8) Abichou, K., La Corte, V., Hubert, N., Orriols, E., Gaston-Bellegarde, A., Nicolas, S., Piolino, P. (2019). Young and Older Adults Benefit From Sleep, but Not From Active Wakefulness for Memory Consolidation of What-Where-When Naturalistic Events. Frontiers in Aging Neuroscience, 11, 58.
- (9) Amado I, Brénugat-Herné L, Orriols E, Desombre C, Dos Santos M, Prost Z, Krebs MO, Piolino P. (2016). A Serious Game to Improve Cognitive Functions in Schizophrenia: A Pilot Study. Front Psychiatry. 2016 Apr 20;7:64. doi: 10.3389/fpsy.2016.00064. eCollection 2016.
- (10) Armougum, A., Orriols, E., Gaston-Bellegarde, A., Joie-La Marle, C., & Piolino, P. (2019). Virtual reality: A new method to investigate cognitive load during navigation. Journal of Environmental Psychology, 65, 101338.