

édito



Mars 2018, parution de la lettre d'information n°10 du laboratoire. Déjà une première dizaine de passée !

Ce nouveau chapitre ne doit pas nous faire oublier les six soutenances de thèse depuis septembre 2017, significatives d'une belle et intense activité de formation à la recherche. Félicitations à tous ces nouveaux docteurs (Justine, Mehdi, Niels, Raphaël, Ricardo, et Yann) et à leur encadrement ! Vous trouverez le résumé des travaux développés au cours de leur thèse,

suivi... des projets de thèse de six nouveaux doctorant(e)s (Alison, Céline, Iris, Eric, Martin, et Robin) lancés dans une aventure doctorale aussi ambitieuse qu'enthousiasmante. Dans cette nouvelle lettre, vous trouverez aussi : i) un article qui propose une méthode simple pour évaluer le profil force-vitesse d'un athlète en développé couché, et ii) un article qui interroge le lien possible entre certaines signatures du mouvement et le développement de troubles musculo-squelettiques.

Bonne lecture à tous.

N'oubliez pas, pour nous suivre au fil de l'eau :

<http://www.mip.univ-nantes.fr> et sur  et  @LaboMIP

**Thibault DESCHAMPS et Baptiste MOREL**

*Rédacteurs en chef*

## sommaire

- 2 FOCUS SUR DES TRAVAUX DE RECHERCHES
- 5 ACTUALITÉS
- 6 THÈSES SOUTENUES
- 9 THÈSES EN PROJET
- 12 PUBLICATIONS

### Comité éditorial :

Thibault Deschamps,  
[thibault.deschamps@univ-nantes.fr](mailto:thibault.deschamps@univ-nantes.fr)  
 Baptiste Morel,  
[baptiste.morel-prieur@univ-le-mans.fr](mailto:baptiste.morel-prieur@univ-le-mans.fr)

### Contribution à ce numéro :

Abdel Rahmani, François Hug

### Contacts :

Laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA 4334)  
 UFR STAPS, Université de Nantes  
 25 bis, bd Guy Mollet  
 44322 Nantes cedex 01  
 Tél. : 02 51 83 72 41

Véronique Bihan, *secrétaire*  
[Veronique.bihan@univ-nantes.fr](mailto:Veronique.bihan@univ-nantes.fr)

Département STAPS,  
 Université du Maine  
 Avenue Olivier Messiaen  
 72080 Le Mans cedex 09  
 Tél. : 02 43 83 37 86

[www.mip.univ-nantes.fr](http://www.mip.univ-nantes.fr)

UN

UNIVERSITÉ DE NANTES

## Une méthode simple pour évaluer le profil force-vitesse en développé couché

### Contexte scientifique

Les capacités des membres supérieurs peuvent être évaluées à partir de différents types d'exercices comme des extensions des membres supérieurs (les pompes) ou encore des lancers de médecine-ball avec un ou les deux membres supérieurs. Le développé couché est également un exercice largement utilisé dans les programmes de réentraînement et ou de réadaptation. Les profils musculaires des athlètes sont alors habituellement déterminés en utilisant des plateformes de force ou des capteurs cinématiques (codeur optique, capteur filaire). Bien que ces méthodes soient considérées comme des méthodes de référence pour évaluer la force, la vitesse et la puissance qu'un individu est capable de produire, leur utilisation n'est pas toujours simple à mettre en place notamment sur le terrain. L'objectif de ce travail était d'adapter au développé couché la méthode simple de mesure développée par Pierre Samozino et coll. (2008) permettant d'évaluer les capacités musculaires des membres inférieurs. En effet, à partir de trois paramètres simples à identifier (la longueur des membres inférieurs, la hauteur d'un saut, et la hauteur initiale en position statique), ces auteurs ont développé une méthode permettant de déterminer le profil force-vitesse des athlètes. Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés au développé couché pour montrer qu'en utilisant un simple cerflex positionné autour du système de guidage d'une barre de musculation (figure 1), tout le monde pouvait déterminer son profil musculaire (Rahmani et coll., 2017).

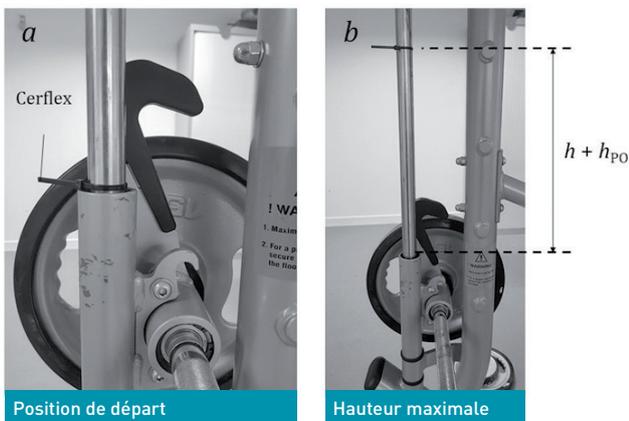


Figure 1. Illustration de la position du cerflex permettant de mesurer la position de la barre : (a) position de départ ; (b) après la projection de la barre

### Bases théoriques et équations

La méthode proposée s'applique sur un développé couché balistique (i.e., la barre est projetée par l'individu) et sur le principe fondamental de la dynamique (mécanique de Newton). Elle s'appuie sur trois paramètres faciles à déterminer (Figure 2) : la masse du système en mouvement (masse des membres supérieurs, soit 10% de la masse corporelle, et masse de la charge soulevée,  $m_{ul+b}$ ), le déplacement vertical du cerflex ( $h$ ) et la distance de poussée avec les membres supérieurs ( $h_{PO}$ ). Comme le mouvement ne peut être réalisé que sous barre guidée, il est important de mesurer les forces de frottement ( $F_f$ ) que le système de guidage rencontre pendant les phases de vol et de poussée de la barre. Ainsi, à partir des deux équations suivantes on

$$\bar{F} = m_{ul+b} \times \frac{g \cdot m_b + F_f}{m_b} \times \left( \frac{h}{h_{EO}} + 1 \right) \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{g \cdot m_b + F_f \times h}{m_b}}$$

peut estimer la force produite et la vitesse atteinte lors de la projection de la charge :

Le profil musculaire peut alors être établi à partir d'une série de développé couché.

### Bibliographie

Rahmani, A., Samozino, P., Morin, J.-B., & Morel, B. (2017). A Simple Method for Assessing Upper Limb Force-Velocity Profile in Bench Press. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-23.  
 Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945.

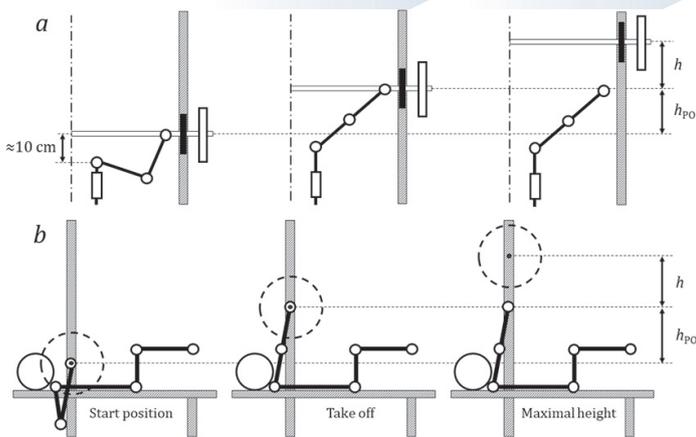


Figure 2. Les trois positions clés au cours du développé couché avec projection : a) vue frontale (un seul membre supérieur est représenté), b) vue sagittale

## Applications pratiques

### Echauffement

Projeter la barre à la fin d'un développé couché n'est pas un mouvement naturel, et une appréhension au mouvement doit absolument être éliminée afin d'assurer les conditions optimales d'évaluation de la force et de la puissance d'un individu. Après 5 à 10 minutes d'un échauffement général (course sur tapis ou pédalage), un échauffement spécifique incluant des développés couchés avec projection de barre doit être réalisé avec une augmentation progressive des charges (par exemple : 10 répétitions sous-maximales à 20 kg, 8 à 30 kg, 6 à 40 kg, 4 à 50 kg, 3 à 60 kg et 2 à 70 kg). Evidemment, dans l'idéal, une session de familiarisation devrait être mise en place avant l'évaluation des individus.

**Distance de poussée.** La distance de poussée ( $h_{PO}$ ) doit être déterminée avec un maximum de rigueur. Les individus doivent conserver le dos bien plaqué sur le banc de musculation. La barre doit être placée juste au-dessus des muscles pectoraux, posée sur les taquets de la barre guidée (à environ 5 cm de la poitrine). Les individus doivent tenir la barre dans une position la plus confortable possible. La position des mains sur la barre doit être déterminée pendant l'échauffement et marquée sur la barre pour chaque individu afin d'assurer la reproductibilité de la position à chaque répétition.  $h_{PO}$  correspond à la différence entre la hauteur initiale de la barre et la hauteur atteinte lorsque l'individu tend les bras en poussant la barre. Il faut vérifier que les membres supérieurs sont bien tendus, incluant l'antépropulsion de l'épaule.

### Position de départ

Au cours de la validation de la méthode, il était demandé aux participants de croiser leurs membres inférieurs au-

## Validation de la méthode

La comparaison des valeurs de force et de vitesse estimées à partir de notre méthode à celles mesurées simultanément avec un accéléromètre montre une corrélation quasi-parfaite entre les deux méthodes quel que soit le paramètre considéré. Pour chaque charge, les paramètres de force, d'une part, et ceux de vitesse d'autre part, ne sont statistiquement pas différents. Enfin les profils musculaires identifiés avec notre méthode et les paramètres extrapolés (force maximale isométrique, puissance maximale et vitesse maximale) sont là encore parfaitement corrélés entre elles (sur la droite identité, démontrant la validation de la méthode).

dessus du banc afin de standardiser la position de départ et d'éviter une influence de la force de réaction du sol due à la poussée sur le sol. Cette position n'est pas conforme à celle utilisée classiquement lors d'un développé couché au cours de l'entraînement. La méthode proposée étant basée sur la mesure de la hauteur de vol de la barre et de la distance de poussée, la détermination de la force, de la vitesse et de la puissance reste identique quelle que soit la position de départ. D'un point de vue pratique, les participants peuvent donc réaliser leur mouvement conformément à leurs habitudes. Dans cette idée, l'évaluation se focalisant sur la partie concentrique du mouvement, la position de départ de la barre pourrait également être revue. La position de départ indiquée ci-dessus entraîne, aux charges lourdes, une inertie qu'il est difficile de vaincre pour certains participants. Afin de caractériser les capacités de l'individu dans une situation confortable, il est préférable de commencer le mouvement à partir d'une hauteur plus importante (10 à 15 cm au-dessus des muscles pectoraux). Dans cette position, tous les participants seraient dans une position leur permettant de vaincre l'inertie rencontrée au début du mouvement quelle que soit la charge soulevée.

### Individualisation de l'entraînement

En ce qui concerne les programmes de renforcement musculaire, la méthode proposée dans cette étude permet de comparer entre eux les participants d'une même spécialité sportive ou atteints d'une même pathologie, de surveiller et individualiser les programmes d'entraînement à partir de leur profil force-vitesse et en fonction du besoin des individus (entraînement en force si le profil est trop orienté vers la vitesse (faible pente de la relation force-vitesse), et inversement si la pente du profil est trop importante).

## Et si l'on pouvait reconnaître un individu par ses coordinations musculaires ?

L'apparente facilité avec laquelle les êtres humains réalisent un vaste répertoire de mouvements cache en réalité une grande complexité des processus impliqués. La production d'un mouvement nécessite que le système nerveux distribue la force entre plusieurs muscles, ce que l'on appelle « les coordinations musculaires ». Compte tenu du nombre de muscles dont on dispose (> 600), il existe en théorie une infinité de possibilités de coordination pour réaliser la plupart des mouvements. Dans ce contexte, pourquoi chacun d'entre nous ne disposerait-il pas de stratégies uniques de coordination musculaire ?

Plusieurs des recherches menées dans le thème 2 du laboratoire visent à démontrer l'existence de signatures individuelles des coordinations musculaires. En outre, il s'agit de comprendre l'origine de ces signatures et leur conséquence sur le développement de certains troubles musculo-squelettiques. Ces hypothèses sont présentées dans un article de synthèse (Hug et Tucker, 2017 – Exercise & Sport Science Reviews).

### La notion de signature

Nous sommes tous différents. La biométrie profite de ces différences, de telle sorte que des algorithmes permettent de reconnaître les caractéristiques physiques telles que le visage, l'iris ou les empreintes digitales. Mais nos différences vont bien au-delà des différences physiques. Nous différons également dans la façon dont nous interagissons avec notre environnement. Le style d'écriture est un exemple bien connu de signature motrice facilement identifiable.

Il nous est tous arrivé de reconnaître un proche par sa manière de marcher. Bien que cela suggère qu'il existe une signature du mouvement, la recherche scientifique n'a que très peu exploré cette hypothèse. En effet, la grande majorité des études sur le mouvement humain rapportent des valeurs moyennes d'un groupe d'individus, rendant impossible de se rendre compte des différences entre les individus.

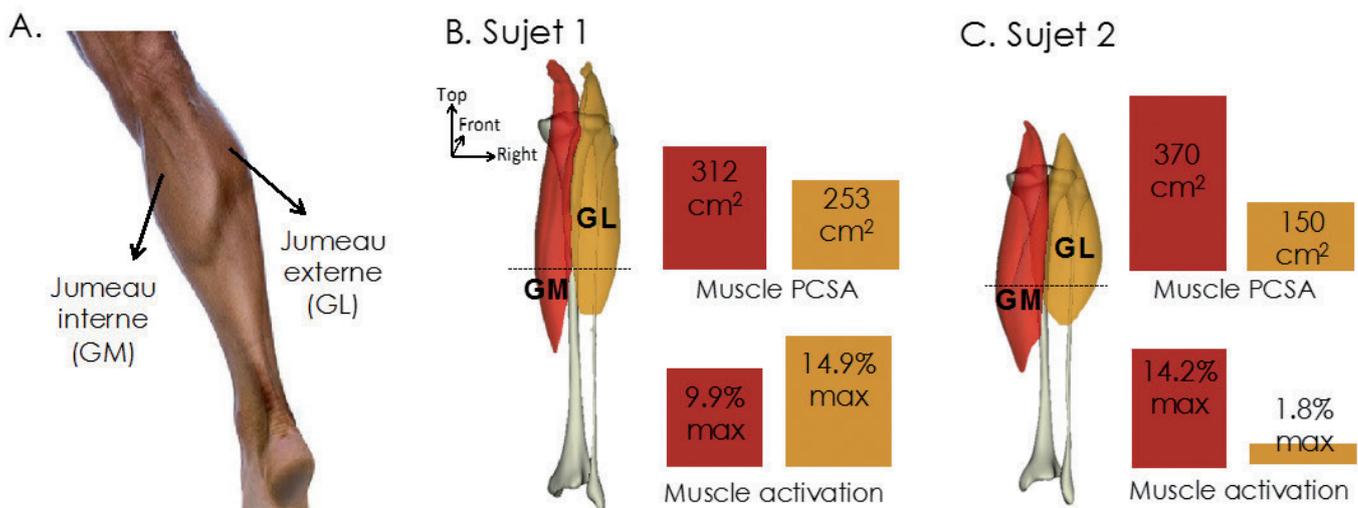


Fig. 1. Deux stratégies de coordination musculaire différentes entre les muscles jumeaux du mollet. Le sujet 1 possède des muscles jumeaux dont la taille (muscle PCSA) est plutôt équilibrée. Au cours d'une extension de la cheville réalisée à 20% de ses capacités maximales, il utilise légèrement plus le jumeau externe (GL) que le jumeau interne (GM). Le sujet 2 possède un jumeau interne presque deux fois plus gros que le jumeau externe et n'utilise que très peu son jumeau externe au cours de la même contraction.

### Existe-t-il une signature individuelle des coordinations musculaires ?

L'activation électrique d'un muscle, nécessaire à sa contraction, se mesure par la technique d'électromyographie (EMG). Ainsi, en plaçant des électrodes auto-collantes à la surface de la peau, au regard du muscle d'intérêt, on est capable de déterminer quand et à quel niveau ce muscle est activé. En utilisant cette technique, certains travaux rapportent une variabilité importante des stratégies d'activation musculaire entre les individus. Par exemple, les muscles jumeaux, i.e. les deux muscles responsables du galbe du mollet (fig. 1), reçoivent une activation très plus ou moins équilibrée selon les sujets ; certains individus utilisent davantage le jumeau interne et d'autres utilisent davantage le jumeau externe (Fig. 1).

Bien que ces résultats supposent l'existence de signatures individuelles des coordinations musculaires, ils doivent être vérifiés sur un grand nombre d'individus. En outre, il est nécessaire de vérifier que les stratégies observées, qui diffèrent d'un individu à l'autre, persistent dans le temps. En effet, ce serait une erreur de considérer les différences entre les individus comme le reflet de signatures individuelles si les stratégies changent d'un essai à l'autre, ou d'un jour à l'autre. Une étude en cours dans la laboratoire Motricité, Interactions, Performance tente de répondre à ces questions en identifiant les stratégies de coordination musculaire au cours de différentes tâches (extension du genou isométrique, flexion plantaire isométrique, pédalage, marche) chez un nombre important de participants (> 100).

### Existe-t-il un lien entre certaines signatures du mouvement et le développement de troubles musculo-squelettiques ?

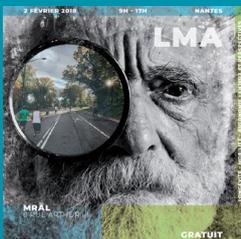
En plus de comprendre l'origine des signatures individuelles du mouvement, il est nécessaire de comprendre si certaines stratégies (ou signatures) sont plus à même de mener au développement de troubles musculo-squelettiques. Il est en effet probable que chaque stratégie de coordination musculaire induise des contraintes mécaniques spécifiques sur les structures non musculaires comme les tendons et les articulations. Les muscles jumeaux, pris en exemple ci-dessus, sont tous les deux attachés au tendon d'Achille. Contrairement aux idées reçues, ce tendon n'est pas fait d'un bloc mais possède en réalité trois compartiments (ou faisceaux) séparés mécaniquement qui proviennent de chacun des trois muscles du triceps surae (dont les deux jumeaux). Ainsi, il est possible qu'un déséquilibre de la force produite entre les deux jumeaux conduise à une répartition hétérogène des contraintes dans le tendon. La relation entre coordinations musculaires et troubles musculo-squelettiques (e.g. tendinopathie d'Achille, syndrome rotulien) reste à démontrer.

#### Bibliographie

Hug, F., & Tucker, K. (2017). Muscle Coordination and the Development of Musculoskeletal Disorders. *Exercise and Sport Sciences Reviews*.

### A la Une...

#### Longévité, Mobilité, Autonomie – Enjeux et perspectives



Le 2 février dernier, notre laboratoire participait la journée LMA à la Maison Régionale de l'Autonomie et de la Longévité. Ce programme de recherche regroupe 7 laboratoires ligériens (dont le MIP). Il est financé par la région Pays de la Loire et soutenu par le gérontopôle des Pays de la Loire. Il vise à étudier l'influence sur la mobilité, l'autonomie et la qualité de vie des personnes âgées. Pour cela il ambitionne de produire de nouvelles connaissances scientifiques mais également de proposer des pistes d'amélioration pratique des prises en charge des personnes vieillissantes.

#### L'échauffement muscle son jeu



Produire des connaissances est une histoire, les diffuser au plus grand nombre en est une autre ! Afin de jouer pleinement notre mission de diffusion du savoir et de la culture scientifique, Lilian Lacourpaille a participé à la rédaction du numéro 17 de « Réflexions Sport » (octobre 2017, INSEP), consacré à l'échauffement. De nombreuses études scientifiques ont montré que ce type de mise en action permettait d'améliorer la performance et contribuait à réduire le risque de blessures musculaires. Mais pourquoi ? Vous êtes intéressé(e), rendez-vous sur notre site : <http://www.mip.univ-nantes.fr>

**RAPHAEL GROSS**Encadrement : O. Rémy-Néris (LaTIM – CHU Brest)  
**SOUTENUE LE 12 SEPTEMBRE 2017****Modulation de l'activité musculaire pendant la marche de l'enfant.  
Vers une modélisation de l'EMG dynamique**

La marche des enfants atteints de paralysie cérébrale est explorée dans des structures appelées laboratoires d'analyse quantifiée du mouvement depuis environ 30 ans. L'interprétation des données acquises dans ces laboratoires est difficile en raison d'obstacles méthodologiques, statistiques, et parce que la physiologie motrice n'est pas totalement connue. L'étude des signaux électromyographiques, indicateurs des activations musculaires dynamiques, fait l'objet de cette thèse. Nous avons effectué deux séries d'expérimentations aboutissant à quatre études de re-

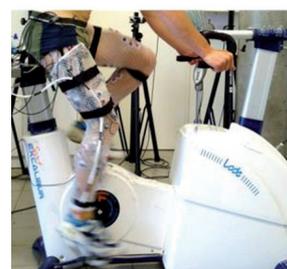
cherche sur la marche des enfants à développement typique et des enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale. L'effet de la vitesse de marche sur la coactivation musculaire, le lien entre cette coactivation et l'amplitude des mouvements du membre inférieur pendant la marche, les adaptations musculaires lors de la marche en virage, et les spécificités de ces adaptations chez les enfants paralysés cérébraux, ont été successivement étudiées. Ces résultats nous ont permis de préciser le rôle de facteurs physiologiques liés à la commande motrice, tels que la vitesse

ou le changement de direction, mais également l'effet de la pathologie sur les activations musculaires observées. Les difficultés métrologiques et statistiques liées aux signaux étudiés ont cependant constitué des obstacles importants à l'interprétation de ces données en termes de contrôle moteur. La réflexion progressive sur ces problèmes méthodologiques a permis le développement par étapes de traitements statistiques spécifiques, parfois innovants, et l'émergence de propositions concernant la métrologie de l'électromyographie dynamique.

**NIELS BROCHNER**Encadrement : A. Guével, S. Dorel, F. Hug  
**SOUTENUE LE 19 SEPTEMBRE 2017****Effet de la fatigue et de la douleur sur la coordination musculaire  
lors d'une tâche polyarticulaire**

Le mouvement nécessite la coordination de nombreux muscles. La manière dont le système nerveux adapte la commande motrice sous l'effet de contraintes telles que la fatigue ou la douleur n'est pas encore bien comprise, en particulier lors des tâches multi-segmentaires. Ce travail a démontré que lors d'une tâche de pédalage sous-maximale, une pré-fatigue unilatérale du quadriceps entraîne une redistribution préférentielle de l'activité musculaire vers la jambe controlatérale pour compenser. Une seconde étude réalisée à puissance maximale (i.e sprint) a mis en évidence une diminution de l'activation des muscles synergistes, mais permettant le maintien de l'efficacité de pédalage. De façon originale, une amélioration de l'activation d'autres muscles a été observée, participant à augmenter la force produite lors de la phase de traction de la pédale pour

les deux jambes. Enfin, en réponse à une douleur locale, les résultats d'une dernière étude suggèrent que, lorsqu'il existe une opportunité claire de compenser, des adaptations se produisent dans le but de diminuer la charge dans le tissu touché. Dans l'ensemble, cette thèse a démontré que les coordinations musculaires s'adaptent à la fatigue et à la douleur en exploitant les nombreux degrés de liberté disponibles dans cette tâche. Ces adaptations ont été discutées au regard des théories et lois de contrôle proposées dans la littérature incluant la minimisation de « fonctions de coût » (énergétique, mécanique et/ou nerveux) ou d'adaptation à la douleur, mais aussi des contraintes spécifiques de la tâche (orientation de la force externe à la pédale, transferts inter-segmentaires, couplage mécaniques et nerveux inter-jambes).

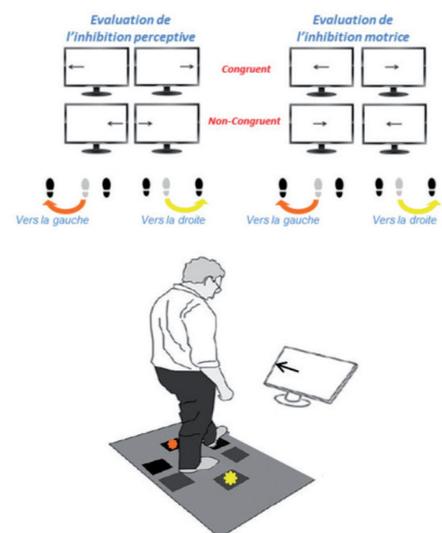


**JUSTINE MAGNARD**Encadrement : T. Deschamps, G. Berrut, C. Cornu  
**SOUTENUE LE 27 SEPTEMBRE 2017****Fonctions exécutives, intégration sensorimotrice et contrôle postural : pour une meilleure perception des possibilités d'action de la personne âgée**

L'inhibition cognitive est caractérisée par de multiples processus spécifiques. Il est possible de distinguer une inhibition dite perceptive (IP), chargée de supprimer les stimuli non-pertinents, d'une inhibition dite motrice (IM), responsable de la suppression des réponses inadaptées à la tâche. Dans ce cadre, cette thèse a mis à l'épreuve deux questionnements centrés sur l'IP et l'IM, évaluées via les tâches de temps de réaction de choix de Nassauer & Halperin. Le premier questionnement (3 études/200 sujets) testait la robustesse des résultats originaux soutenant la distinction théorique des processus d'IP et d'IM. Quelle que soit la complexité expérimentale testée (assis vs. debout, réponse manuelle vs. podale, avec vs. sans vibrations localisées),

les résultats ont soutenu cette distinction IP vs. IM chez le jeune adulte. Le second questionnement (3 études/100 sujets) interrogeait le rôle suggéré de l'IP chez l'adulte âgé dans le processus d'intégration des informations proprioceptives nécessaires aux régulations posturales. Malgré de moindres performances inhibitrices en configuration posturale statique ou dynamique, les résultats n'ont pas attesté chez l'adulte âgé d'un contrôle inhibiteur spécifique de la perturbation proprioceptive imposée (i.e vibrations). L'interprétation de ces résultats s'articule autour des modifications avérées de la sensibilité proprioceptive avec l'âge et de la charge attentionnelle associée aux tâches testées. Cette thèse ouvre des perspectives théoriques et cliniques

qui permettraient une meilleure appréhension de ces processus d'IP et d'IM, notamment en ce qui concerne l'effet de l'âge sur ces capacités inhibitrices spécifiques.

**YANN LE MANSEC**Encadrement : A. Nordez, M. Jubeau  
**SOUTENUE LE 13 OCTOBRE 2017****Conséquences de la fatigue sur la performance en tennis de table**

Si les effets délétères de la fatigue neuromusculaire au cours de mouvements simples ne sont plus à démontrer, les effets d'une telle modalité de fatigue au cours de tâches complexes, i.e., poly-articulaires, restent à investiguer. Par ailleurs, il a été démontré que la fatigue

mentale pouvait également impacter négativement la performance sportive au cours d'exercices mono-articulaires ou énergétiques.

L'objectif de ce travail de thèse visait donc à évaluer l'impact de ces deux modalités de fatigue (mentale et neuromusculaire) sur des paramètres physiologiques (temps de réaction) et techniques (vitesse et précision des balles) associés au tennis de table, ceci afin de mieux comprendre la nature et l'ampleur des altérations pour, in fine, proposer des situations concrètes pour les entraîneurs et/ou préparateurs physiques.

Au cours des six études qui composent ce travail de thèse, nous avons évalué la demande de l'activité du joueur de tennis de table au niveau

des membres inférieurs (étude préliminaire et étude 1). Par la suite, les études 2 et 3 se sont intéressées aux effets de la fatigue (neuromusculaire et mentale) sur les caractéristiques de la balle. Des altérations différentes ont été mises en évidence selon la nature de la fatigue considérée. Enfin, les études 5 et 6 ont mesuré les effets de ces mêmes modalités de fatigue sur les différentes composantes du temps de réaction. Ces études ont montré que des participants soumis à une tâche mentalement ou physiquement fatigante étaient capables de maintenir un temps de réaction stable. Cependant, les mécanismes permettant ce maintien du niveau de performance étaient différents selon la nature de la fatigue considérée.

**RICARDO ANDRADE**Encadrement : A. Nordez, S. Freitas (Université de Lisbonne)  
**SOUTENUE LE 24 NOVEMBRE 2017****Propriétés biomécaniques du muscle squelettique et du nerf périphérique : adaptations du tissu et de l'articulation aux étirements aigus et chroniques**

L'amplitude articulaire maximale (AAM) ou flexibilité, est un paramètre fonctionnel fréquemment utilisé dans la pratique clinique, sportive et au sein des protocoles de recherche pour estimer la longueur maximale de l'unité muscle-tendon (UMT). Il a longtemps été considéré que l'AAM est limitée par la tension développée par les UMTs étirées pendant le mouvement articulaire (i.e. mechanical theory). Cependant, un nombre important de recherches expérimentales suggèrent que l'étirement peut induire une augmentation de l'AAM en absence d'adaptations mécaniques significatives dans l'UTM (i.e. sensory-based theory). Récemment, les struc-

tures non-musculaires telles que les nerfs périphériques ont été suggérées comme facteurs limitant l'amplitude d'étirement. Cette thèse visait à mieux comprendre le rôle mécanique des tissus musculaires et non-musculaires qui peuvent influencer la limitation de l'AAM in-vivo. En utilisant la technique d'élastographie permettant d'évaluer la raideur passive des muscles et des nerfs individuellement, quatre études ont été réalisées pour : déterminer si l'étirement des structures musculaires et non musculaires limite l'AAM et si les propriétés mécaniques des tissus étirés s'adaptent à l'étirement aigu ou chronique. Les résultats ont montré que l'AAM peut être limitée

par des structures musculaires ou non-musculaires. Le positionnement des articulations du membre inférieur est décisif pour étirer de manière spécifique le tissu ciblé et induire des changements au niveau des propriétés mécaniques des muscles et des nerfs après l'application des protocoles d'étirement aigus et chroniques. De plus l'amélioration de l'AAM était spécifique selon les tissus étirés.



Technique de stretching du nerf sciatique

**MEHDI R'KIOUAK**Encadrement : J. Bourbousson, J. Saury, M. Durand (Université de Genève)  
**SOUTENUE LE 7 DÉCEMBRE 2017****Ramer ensemble » en aviron : entre régulation inter- et extra-personnelle**

En s'inscrivant dans une approche énaïve et interdisciplinaire de la coordination interpersonnelle, cette thèse visait à mieux comprendre la manière dont des rameurs expérimentés en aviron (i.e., équipages en deux de pointe sans barreur) co-régulaient leur activité collective en temps réel en relation avec leur bateau.

L'Étude 1 avait pour objectif de comprendre comment un équipage nouvellement constitué, composé de deux rameurs expérimentés en bateau individuel, se coordonnait en condition réelle de pratique collective. Une méthode d'échantillonnage des données comportementales par les données expérientielles a été exploitée pour répondre à nos hypothèses. Cette étude pointe que (a) les deux rameurs faisaient rarement simultanément l'expé-

rience de leur action conjointe, (b) certains coups de rame étaient cependant simultanément vécus comme efficaces ou non-efficaces, et (c) les rameurs semblaient réguler activement leur activité collective en s'ajustant mutuellement aux comportements de leur partenaire.

L'Étude 2 montre qu'à l'issue d'un programme d'entraînement, avec le même équipage que l'Étude 1, (a) la proportion du nombre d'expériences simultanément vécues par les rameurs relatives à leur action conjointe avait significativement augmenté, et (b) les rameurs semblaient réguler activement leur activité collective en s'ajustant aux variations dynamiques de leur environnement matériel commun.

L'Étude 3 avait pour objectif de décrire la manière dont les rameurs se coor-

onnaient et régulaient activement la dynamique de leur coordination interpersonnelle en fonction de différentes cadences de rame imposées. Cette étude pointe que les rameurs modifiaient la nature de leurs ajustements mutuels en relation avec les différentes contraintes de cadence imposées. En outre, les adaptations comportementales individuelles des rameurs ont permis le maintien de la coordination interpersonnelle lors du drive suggérant l'existence d'un processus de « dé-générescence ». Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels suggérant une construction de significations partagées dans les instants de co-régulation.

**ERIC TERRIEN**

Encadrement : J. Saury, B. Huet

Financement : Allocation ministérielle

## Se coordonner au sein d'équipages de voiliers « volants » : l'émergence du bateau comme un partenaire incontournable ?

L'évolution technologique permet aux bateaux de « voler » sur l'eau, en s'appuyant non plus sur leurs coques, mais sur des hydrofoils. Il s'agit d'ailes sous-marines dont la portance permet, à partir d'une certaine vitesse, d'élever les coques du bateau hors de l'eau. Durant les phases de vols, les bateaux deviennent particulièrement sensibles au comportement des équipiers. Le maintien de la stabilité précaire du vol suppose une coordination extrêmement fine des équipiers dans leurs actions et déplacements. Dans la littérature le fonctionnement d'équipes sportives est classiquement appréhendé en termes de partage de connaissances. L'objectif de cette thèse est d'améliorer la compréhension du rôle médiateur de l'environnement matériel dans le fonctionnement collectif. Nous émettons l'hypothèse l'augmentation de la sensibilité du bateau engendre une transformation du



mode de coordination entre équipiers : d'un mode de coordination « inter-personnel » à un mode de coordination « extra-personnel » médié par le bateau. Cette thèse s'inscrit dans une

approche enactive de la cognition sociale et s'appuie sur la méthodologie du programme de recherche du cours d'action.

**ALISON ROBIN**

Encadrement : T. Deschamps, V. Thomas-Ollivier, A. Sauvaget

Financement : Région des Pays de la Loire / Université de Nantes

## Valeur diagnostique et pronostique du ralentissement psychomoteur dans les troubles dépressifs majeurs

Le présent projet de thèse interroge la valeur diagnostique, pronostique et heuristique du ralentissement psychomoteur (RPM) dans la dépression. Ce RPM se traduit par des troubles de la fonction motrice (marche ralentie, équilibre instable), de l'activité cognitive et des capacités verbales. En pratique clinique, il est évalué à travers des échelles renseignées par le psychiatre sur la base de l'observation du

patient. Ces évaluations ne permettent pas de quantifier la nature précise des symptômes pourtant centrale dans le diagnostic de la maladie. Outre la compréhension de ce symptôme et de ses sous-bassements neuropsychopathologiques, cette thèse présente aussi une dimension appliquée associée à son évaluation dans le cadre de traitements par neurostimulation (e.g. stimulation magnétique transcrânienne répétée). Il

s'agit dans un premier temps d'identifier les mécanismes les plus impactés par la maladie afin de construire une échelle d'évaluation adaptée et facile d'utilisation clinique, puis de tester la dimension diagnostique et pronostique de ce RPM à travers cette échelle d'évaluation dans le cadre de traitements par neurostimulation.

**CELINE GUILLERON**

Encadrement : S. Durand, B. Beaune, P. Abraham (CHU Angers)

**Financement : Allocation ministérielle**

## Altération des mécanismes neurophysiologiques de la marche chez la personne âgée souffrant d'AOMI et effet d'un programme d'activités physiques adaptées

L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) est une pathologie fréquemment retrouvée dans la population. Le patient artéritique est atteint d'un phénomène appelé « claudication intermittente ». Elle est caractérisée par une intolérance à l'effort de marche (liée à l'ischémie musculaire), une limitation de la mobilité et donc une réduction de la distance maximale de marche. Elle entraîne de fortes limitations de l'autonomie de la personne. De plus, cette pathologie touche générale-

ment des personnes âgées de plus de 60 ans. Aux conséquences musculaires liées à l'ischémie il faut rajouter les conséquences du vieillissement (sarcopénie, dynapénie). Ainsi, la compréhension des altérations neurophysiologiques musculaires associées à l'AOMI est un objectif majeur de cette thèse afin de comprendre les mécanismes de développement de la claudication et de la douleur et son impact sur la mobilité de la personne âgée. Un autre objectif de cette thèse sera de caractériser ces

mêmes paramètres après intervention de chirurgie vasculaire. Enfin, un troisième objectif pour ce travail sera la mise en place d'un programme de prévention et de reconditionnement par la pratique d'une activité physique adaptée.

**MARTIN CHARTOGNE**

Encadrement : B. Morel, A. Rahmani

**Financement : Ligue contre le Cancer**

## Intérêt de l'approche neuromusculaire dans l'évaluation et la compréhension des mécanismes de la fatigue liée au cancer

La fatigue liée au cancer est un des effets secondaires les plus communs, éprouvants et redoutés de la maladie et des traitements associés. Cette fatigue perturbe non seulement la qualité de vie des patients au moment de la maladie, mais aussi pour un grand nombre d'entre eux les répercussions s'étendent jusqu'à plusieurs années après la rémission. Malgré ses effets délétères, la fatigue liée au cancer est encore aujourd'hui très peu prise en charge dû l'absence de consensus sur les méthodes d'évaluation et une mau-

vaise compréhension des mécanismes sous-jacents. Dans le cadre de cette thèse nous proposons d'étudier les relations entre la fatigue chronique liée à la maladie et la fatigabilité à l'exercice. En particulier nous nous intéresseront au concept de force critique issue de la modélisation hyperbolique de la relation force-temps permettant de déterminer objectivement un seuil de fatigabilité. Nous utiliserons également les techniques d'évaluation neuromusculaire (électromyographie de surface, stimulations surimposée)

afin d'identifier les mécanismes de la fatigabilité des patients atteint de cancer. Nous faisons l'hypothèse que de telles mesures seront particulièrement intéressantes pour l'évaluation fonctionnelle du patient et de sa fatigue chronique et participeront également à la compréhension de l'étiologie de ce phénomène.

**MAXIME ROBIN**

Encadrement : S. Dorel, A. Nordez.

Financement : CIFRE – Direct Energie Pro Cycling Tour

## D'une meilleure compréhension du comportement musculo-tendineux vers l'optimisation de la performance en sprint en cyclisme

Les relations force-vitesse et puissance-vitesse témoignent des qualités neuromusculaires du coureur cycliste et déterminent en partie ses capacités à performer lors d'une arrivée au sprint. L'optimisation de la production de puissance maximale passe indéniablement par une meilleure compréhension du mouvement de pédalage. En effet, cette tâche multi-segmentaire fait intervenir simultanément des muscles aux propriétés anatomiques et architecturales différentes (i.e. muscles mono et bi-articulaires, agonistes et antagonistes) afin de produire et d'orienter efficacement la force sur la pédale. Ce projet de recherche vise à mieux comprendre les contraintes

imposées au système musculo-tendineux du membre inférieur lors de l'exercice maximal de pédalage, dans le but de proposer et tester des pistes innovantes d'amélioration de la performance en sprint en cyclisme sur route. Nous nous intéresserons aux effets de la cadence de pédalage, au positionnement du coureur (assis vs danseuse) et à celui des cales sur les modalités de sollicitation des structures contractiles (i.e. régime de contraction et vitesse de raccourcissement) et des structures élastiques (stockage-restitution d'énergie).

**IRIS SACHET**

Encadrement : S. Dorel, F Hug

Financement : CIFRE – Fédération Française de Cyclisme

## Rôles des propriétés mécaniques et des coordinations musculaires dans l'optimisation de la puissance maximale en pédalage : intérêt d'une approche neuromécanique

Chaque mouvement musculaire résulte d'un signal envoyé par notre système nerveux central (SNC) aux muscles requis. Le pédalage est une activité mettant en jeu les trois principales articulations des membres inférieurs à savoir la cheville, le genou et la hanche, et donc un ensemble de groupes musculaires associés. L'objectif de ce travail de thèse est, dans un premier temps, de déterminer le rôle et l'implication de chacun de ces groupes musculaires et l'influence des facteurs nerveux sur la production de la puissance maximale en sprint. Le sprint en cyclisme n'étant

pas une activité réalisée sans condition de fatigue (les efforts maximaux pouvant se prolonger jusqu'à une minute), il s'agira alors, dans un second temps, d'étudier la plasticité du système neuromusculaire avec l'apparition de la fatigue afin de mieux interpréter la perte de puissance observée, mieux comprendre la fatigue induite et donc la perte fonctionnelle touchant les principaux groupes musculaires et la potentielle réorganisation des coordinations musculaires opérée par le SNC.

Vous trouverez ci-après une sélection des publications marquantes des derniers mois. Pour retrouver la liste complète des publications, visitez notre site internet : [www.mip.univ-nantes.fr](http://www.mip.univ-nantes.fr)



**R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbonsson, J. (2017).** Joint action in an elite pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes. *Human Movement Science*.

L'objectif de cette étude était de pister les transformations de l'activité de rameurs lorsqu'ils se coordonnent. Les résultats suggèrent qu'à l'issue d'un programme d'entraînement de 6 semaines (a) les rameurs seraient plus sensibles à leur activité conjointe, et (b) un changement des modes de co-régulation serait opéré : de « inter-personnel » à « extra-personnel » au niveau de l'activité qui était significatif pour eux, en effet seul l'indice de vitesse du bateau permet d'expliquer la différence entre les coups de rame qui étaient vécus comme efficaces ou non-efficaces.



**Feigean, M., R'Kiouak, M., Bootsma, R., & Bourbonsson, J. (2017).** Effects of intensive crew training on individual and collective characteristics of oar movement in rowing as a coxless pair. *Frontiers in Psychology: Performance Science*, 8-1139.

Cette étude de cas s'est intéressée à la manière dont deux rameurs ont transformé leurs signatures mécaniques suite à programme d'entraînement. Les résultats montrent que les rameurs témoignent d'une meilleure similarité de leurs mouvements en termes d'angle. Pour autant, d'autres indicateurs montrent que ramer ensemble nécessite des adaptations individuelles distinctes. Les rameurs acceptaient une plus grande variabilité de coup de rame dans le but majorer les bénéfices collectifs.



**Evin, A., Sève, C. & Saury, J. (2017).** Partage de connaissances entre élèves en situations de coopération. Un exemple en arts du cirque. *Carrefours de l'éducation*.

La prégnance des interactions sociales entre élèves pendant les enseignements ouvre des questionnements sur le rôle de ces interactions dans l'acquisition de connaissances et sur les relations entre la coopération et les apprentissages. Cette étude montre que les élèves partagent deux types de connaissances : des connaissances relatives à la tâche vs. relatives au groupe et que ces dernières sont davantage partagées par les élèves. Il apparaît également qu'elles sont inégalement partagées par les élèves au sein d'un groupe, faisant apparaître des « réseaux de coopération » indexés à des histoires collectives.



**Beaumatin, N., Hauraix, H., Nordez A., Hager, R., Rabita G., Guilhem G. & Dorel S. (2018, in press).** Maximal shortening velocity during plantar flexion: effect of preactivity and initial stretching state.

*Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.*

Cette étude s'est intéressée aux effets de la longueur initiale du complexe muscle-tendon (CMT) et du niveau de pré-activation musculaire sur les interactions muscle-tendon pendant une flexion plantaire réalisée à vitesse maximale. Les résultats montrent que lorsque le muscle est déjà activé ou en condition pré-étiré avant la réalisation du mouvement, la vitesse articulaire et la vitesse de raccourcissement des tissus tendineux sont augmentées, contrairement à la vitesse de raccourcissement maximale des faisceaux musculaires. Ainsi, ces deux facteurs doivent être considérés lors de la réalisation d'une contraction maximale car ils influencent directement la vitesse maximale d'une articulation et la contribution relative des structures contractiles et élastiques associées à la vitesse générée.



**Deschamps, T., Bulteau, S., Laforgue, E., Sauvaget, A., & Thomas-Ollivier, V. (2018, in press).** Dynamics of postural control during rTMS in an adult with major depressive disorder. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*.

Les résultats de cette étude ont montré que l'équilibre postural d'une patiente souffrant de troubles dépressifs majeurs s'améliorait après d'une cure thérapeutique par stimulation magnétique transcranienne répétée. En outre, l'instabilité posturale et la fatigabilité perçue étaient solidement corrélées, avec une évolution positive en fin de troisième semaine de la cure rTMS. Une nouvelle fois, l'état de fatigue initial et/ou l'instabilité posturale seraient de jolies variables modératrices de l'efficacité d'un traitement thérapeutique dans les affections psychiatriques invalidantes.



**Lacourpaille, L., Nordez, A., Hug, F., Doguet, V., Andrade, R., & Guilhem, G. (2017).** Early detection of exercise-induced muscle damage using elastography. *European Journal of Applied Physiology*, 117(10), 2047-2056.

Il s'agissait de déterminer si l'élastographie pouvait détecter précocement les dommages musculaires, et de comparer le niveau d'atteinte des différents muscles impliqués dans un exercice excentrique maximal mobilisant les fléchisseurs du coude ou les extenseurs du genou. Globalement, il a été observé que plus la raideur musculaire augmente après l'exercice, plus la chute de force sera importante à t+48 heures. Cette mesure de raideur semble intéressante pour les coachs et cliniciens afin d'ajuster l'intensité et le volume des séances d'entraînement ou des programmes de réhabilitation, ou proposer une stratégie de récupération alternative.

retrouvez nous sur :

<http://www.mip.univ-nantes.fr>



@LaboMIP