

## ZOOM sur le



## Édito



Vous l'attendiez sûrement tous avec impatience, la lettre d'info du LIBM est de retour ! Après plus d'un an d'absence, votre bulletin d'information et d'actualités du laboratoire profite du renouveau marqué par cette nouvelle année pour refaire son apparition.

Beaucoup d'évènements ont marqué ces derniers mois au sein du laboratoire : un changement de direction avec l'arrivée de Frédérique Hintzy aux manettes jusqu'en 2024 pour succéder à Guillaume Millet, des moments de partage, des réussites et des concrétisations scientifiques et l'annonce de nouveaux projets excitants ! Le mercato a également été animé avec l'arrivée de nouveaux

chercheurs, doctorants et personnels venant enrichir nos équipes de recherche et des départs vers de nouveaux horizons professionnels et humains. Des nouvelles qui illustrent parfaitement la force de notre laboratoire : une grande diversité et un dynamisme permanent.

Nous reviendrons ainsi au cours de cette lettre sur ces évènements et projets qui ont jalonné ces derniers mois : l'assemblée générale du labo à Chambéry, les soutenances de thèse ou HDR, l'arrivée des nouveaux doctorants et enseignants chercheurs ou encore l'avancée du projet FOVE. Cette lettre vous permettra également de mieux connaître vos collègues, leurs aspirations et leurs projets de recherche. Elle vous invitera à appréhender, au travers d'une interview croisée, le laborieux mais stimulant cheminement des doctorants en fin de thèse, en route vers leur dernière ligne droite !

Vous l'avez peut-être remarqué, mais la photo de profil illustrant cet éditto a légèrement changé. Je remplace en effet Thomas Lapole en tant qu'éditeur de la lettre du LIBM. Je profite de cette nouvelle position pour vivement remercier Thomas qui a profondément œuvré pour la réussite de cette lettre et ce depuis sa mise en place il y a déjà 3 ans. J'espère être à la hauteur de l'édifice que tu as construit Thomas !

Bref, trêve de débordements personnels, je vous souhaite beaucoup de plaisir à lire ces quelques pages et vous souhaite une rayonnante année 2023, année qui s'annonce très féconde pour le laboratoire LIBM !

*Elie Nader*

**SOMMAIRE :**

**Page 2 :** Actualités

**Page 6 :** Les soutenances à venir / passées

**Page 10 :** Les nouveaux doctorants du LIBM

**Page 14 :** Les nouveaux Post-Doc et MCU du LIBM

**Page 16 :** Un chercheur, trois études

**Page 19 :** L'interview croisée

**Comité éditorial :** Frédérique Hintzy et Baptise Morel (Chambéry), *Thomas LAPOLE (Saint-Etienne)*, *Christophe HAUTIER et Elie Nader (Lyon)*

## Retour sur l'Assemblée Générale 2022



C'est en terre savoyarde, sous un soleil radieux, que s'est tenue le 01 juillet l'Assemblée Générale 2022 de notre unité. Plus de 70 participants étaient présents, pour suivre un programme bien chargé, avec une volonté affichée d'être dynamique, interactif et convivial. Et l'on peut dire que ce fut le cas. La traditionnelle partie concernant les informations d'Unité, de sites et d'équipes a été réduite à l'essentiel, sous la forme d'un bilan présentant uniquement les points forts et les nouveautés depuis la dernière AG. Nous avons ainsi pu constater la montée en puissance de nos équipes depuis 2 ans, date de notre 2<sup>ème</sup> habilitation commune. De multiples projets scientifiques (nationaux, internationaux, privés ou publics), des publications nombreuses et à IF élevés, des ressources humaines en augmentation et une forte visibilité. Cette réussite est le fruit du travail des

membres de notre unité, accompagnés par les instances universitaires et des acteurs socio-économiques.

Comme à chaque AG, une place importante a été laissée à la présentation des projets des doctorants et post-doctorants, sous deux temps forts. Onze flash-talk sous la forme de capsules vidéo de 3 min portant sur un projet et 2 symposiums oraux de 20 min chacun multi-sites et multi-équipes représentant deux thématiques fortes de notre Unité : i) l'EEG et



ii) les relations intensité-temps d'effort. Ces présentations dynamiques ont permis de mettre en valeur les qualités scientifiques, d'éloquence et l'originalité de nos jeunes chercheurs. L'écoute du public a aussi été testée, chaque présentation étant suivie d'une question à laquelle il fallait répondre via un vote électronique. Un vote du public a aussi eu lieu pour retenir les meilleures présentations et ainsi leur offrir un prix. Bravo à Marie-Caroline Play, Hervé Di Doménico, Jérémy Bouvier pour les flash-talks et à Marie Fabre, Clara Pfenninger, Typhanie Dos Anjos, Fred Sabater Pastor, Yann Bertron, Callum Browstein pour les symposiums. Et c'est le moment de mettre aussi à l'honneur Yoann Blache qui pilote cette présentation des projets des docs depuis 2 ans, et innove dans le format pour le rendre encore plus intéressant.

Nous avons également eu le plaisir d'écouter un conférencier invité, Raphael Fleury (Univ. Lyon 1) sur une thématique qui touche notre quotidien de chercheur mais qui reste trop souvent floue dans son application « Bioéthique et Législation ». Les échanges riches qui en ont découlés montrent son importance et l'intérêt de partager nos connaissances et nos bonnes pratiques.

L'assemblée est restée sur la thématique de la législation, mais adaptée cette fois au cadre juridique de la structuration de notre Unité : l'élection de l'équipe de direction. En effet, le règlement intérieur de notre Unité stipule que cette élection a lieu lors de l'AG, après un appel à candidature lancé à tous les membres. Ce 1er juillet, seule une candidature a été exprimée, présentée au vote et retenue (Pour : 58% ; Contre : 20% ; Abstention : 22%). La fonction de directeur de l'unité sera donc portée par deux des trois directeurs-adjoints : Frédérique Hintzy de juillet 2022 à Aout 2024 et Christophe Hautier prenant la suite (septembre 2024 – décembre 2026). L'équipe de direction élue a remercié sincèrement les membres de l'unité pour leur confiance, a remercié aussi chaleureusement Guillaume Millet pour le travail initié lors de sa direction, et s'est dit prête pour continuer sur cette belle lancée. Alors à l'année prochaine à St Etienne le 23 juin 2023, pour se retrouver et découvrir toute l'activité scientifique de l'année écoulée.



## Appel à Projet Master 2

Un Appel à Projet d'une bourse de master 2 (durée 4 mois) pour l'année 2023 a été ouvert sur budget commun LIBM. Les exigences étaient d'impliquer à minima deux sites ou deux équipes, et la demande devait être co-déposée par au moins deux membres du LIBM (sénior ou junior) assurant une part égale d'encadrement du stagiaire. Trois projets ont été déposés, tous pertinents et dans les axes forts de notre Unité. A été retenu celui de Vianney Rozand & Aymeric Guillot, projet à la fois inter-équipes (SPIP-MP3) & inter-sites (St-Etienne et Lyon) et portant sur la caractérisation des effets aigus de l'imagerie motrice sur le recrutement des unités motrices. Noa Lepetit, étudiante en Master 2 STAPS EIPS à Saint-Etienne et recrutée pour ce projet, a débuté son stage en ce début d'année. Nous voilà bien pressé d'avoir la primeur des résultats lors de la prochaine lettre d'information.

## Mercato

Cette première lettre d'information de l'année est l'occasion de revenir sur le mercato du LIBM, qui, vous le verrez, est bien étoffé !

Côté Chambériens, notons tout d'abord l'arrivée de **Florian Monjo**, recruté en tant que maître de conférences dans l'équipe PAF. Florian est spécialisé dans les processus de fatigue neuromusculaire et de perception de l'effort. Vous retrouverez plus en détails ses champs de recherche dans la suite de cette lettre. Chez les Lyonnais, le LIBM s'est renforcé de deux maître de conférences à la rentrée universitaire 2022, **Amandine Thomas**, dans l'équipe ATPA, qui travaille sur liens entre la rupture de la plaque d'athérome, les maladies chroniques et l'activité physique (interviewée dans une prochaine lettre) et **Elie Nader** dans l'équipe VBRBC, qui a pour thématique de recherche la physiopathologie des maladies du globule rouge et les réponses hématologiques à l'exercice en hypoxie.



De nombreux doctorants sont également venus enrichir nos rangs : **Maximilien Bowen** (PAF), **Yann BERTRON** (SPIP) et **Telma Sagnard** (SPIP) ont intégré l'unité chambérienne. **Romain Carin** (VBRBC), **Thomas De Sousa** (SPIP) **Robin Gassier**. (SPIP) et **Félix Lefebvre** (SPIP) entament leur projet de thèse en terre lyonnaise. Côté stéphanois, on note l'arrivée de **Jérôme Riera** (SPIP), **Mélanie Metra** (PAF), **Mathilde Bertrand** (PAF), **Hugo Bessaguet** (PAF), **Manon Rojo** (PAF) et **Edson Soares da Silva** (SPIP).

De très nombreux renforts donc, qui vous seront présentés au cours de cette lettre et dans la prochaine édition.

Nous souhaitons à toutes et tous la bienvenue parmi nous.

## Un groupe de travail émergent : FOVE

Et si Le Baron de Coubertin en manque d'inspiration avait usé d'un pléonasme et était passé à côté d'une partie de la question ?

'Citius, altius, fortius'

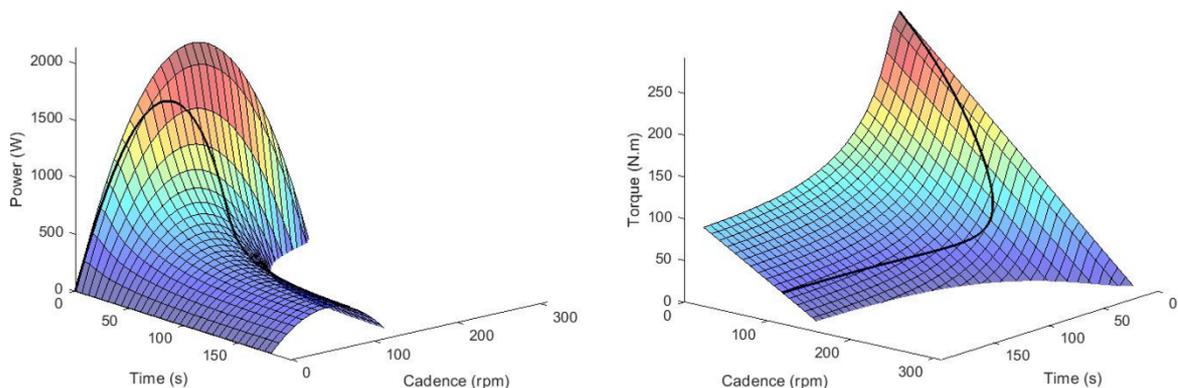
'Plus haut' n'est rendu possible que par 'plus vite' au décollage, la conséquence de 'plus fort' lors de l'impulsion. Depuis quelques mois, un laboratoire peuplé principalement d'irréductibles savoisiens propose une modification mineure mais néanmoins nécessaire :

'Citius, fortius, diutus' – plus vite, plus fort, plus long.

Il y a cent ans, A.V. Hill publiait ses travaux princeps qui ont façonné deux concepts majeurs des sciences du mouvement : **la relation force-vitesse et la relation intensité-durée**. Ces deux concepts décrivent la capacité de production de force en fonction de la vitesse d'exécution du mouvement et de la durée de l'effort, respectivement. Ces deux relations ont largement été rapportées à travers une variété d'espèces animales et d'échelles d'analyse suggérant des déterminants biomécaniques et bioénergétiques clés et transversaux de la performance motrice animale. Cependant, et de manière assez surprenante, plus rares sont les travaux qui ont essayé de comprendre les interactions qui pourraient exister entre ces deux relations.

Comment la relation force-vitesse est impactée par un exercice fatigant ? Où, à l'inverse, comment la relation force-vitesse induit des capacités d'endurance et de fatigues variées ? Il serait erroné de dire que la littérature scientifique ne traite pas de ces questions. En revanche, elle se cantonne principalement aujourd'hui à des descriptions ponctuelles et des cas particuliers, pour lesquelles les membres du LIBM avait déjà contribué (Morel et al. 2015, Rivière et al. 2020). Cependant, il n'existe pas de modèle intégratif qui permettrait d'expliquer l'évolution des capacités d'endurance dans des conditions mécaniques variées et variables. Or, ces situations sont nombreuses à travers l'environnement : dénivelé (trail, montée d'escalier), résistance au mouvement (e.g. milieu aquatique, adversaire) ou interactions homme-matériel (e.g. braquet en cyclisme).

Depuis plusieurs mois, une thématique transversale visant précisément à explorer ces interactions a émergé au LIBM : **FOVE** (FOForce, Velocity, Endurance). Des premiers travaux ont posé les bases d'une relation mathématique décrivant la capacité de production de force en fonction de la vitesse et la durée de l'effort. D'abord testé en simulation numérique, la capacité de ce modèle à décrire les observations expérimentales a été validée grâce à une procédure créée pour l'occasion : le test IFLET (IsoFriction Load Exhsaution Test). La première pierre était posée, ouvrant un champ d'investigations qui animent aujourd'hui le groupe FOVE. De nombreux projets ont intégré l'approche force-vitesse-endurance (FVE) ou même se sont construits spécifiquement sur cette question.

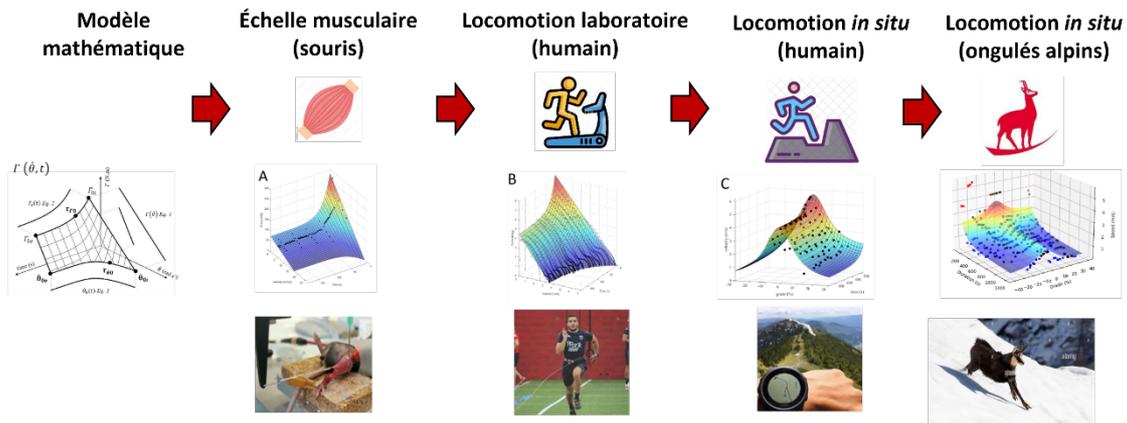


La partie suivante vise à proposer une vue d'ensemble de l'activité de recherche existante sur cette thématique par les membres du LIBM appartenant à plusieurs équipes (PAF, SPIP, DeReM-SE) et sur plusieurs sites (Chambéry, Saint-Etienne) :

- **THPCA<sup>2024</sup>** (financement ANR – PI : C. Clanet, Polytechnique) : des évaluations FVE sont réalisées chez les rameurs et cyclistes sur pistes des équipes de France (C. Delhaye, P. Samozino, B. Morel, M. Bowen, F. Hintzy, collaboration Université de Nantes : S. Dorel). Ces profils sont utilisés à la fois pour orienter l'entraînement des athlètes et pour effectuer des choix sur le réglage du matériel pour optimiser la performance. Des analyses plus mécanistiques sont également réalisées pour comprendre les déterminants de la relation FVE à partir de mesures physiologiques (e.g.  $VO_2$ , biopsies musculaires ; L. Messonnier, L. Blervaque, P-F Busseneau, L. Feasson)



- **FOVEAL** (financement ANR – PI : B. Morel) : ce projet vise à développer un nouveau cadre théorique et mathématique de la relation FVE de l'organe (muscle) à la fonction (locomotion) chez plusieurs espèces animales (souris, humain, ongulés alpins). L'objectif est notamment de valider un modèle sur la locomotion humaine pour ensuite le transférer chez les chamois, mouflons et bouquetins. Il implique de nombreux chercheurs du LIBM sur le site de Chambéry mais aussi Saint-Etienne (J.B. Morin, D. Freyssenet) ainsi que 2 laboratoires CNRS de mathématiques appliqués (LAMA) et d'écologie (LECA) de l'Université Savoie Mont-Blanc.



- **Prédic'Trail** (financement SATT Linksiium – PI : B. Morel) : une application mobile (et montre connectée) est développée afin d'évaluer le profil FVE en trail à partir des données d'entraînement. Ce profil est ensuite utilisé pour indiquer en temps réel la vitesse maximale que le coureur peut maintenir en prenant en compte le dénivelé, l'altitude et l'état du terrain. La gestion de l'effort individualisé permet au pratiquant de limiter sa fatigue et de maximiser sa performance.

Par ailleurs deux thèses ont commencé cette année sur la thématique FVE :

- **Maximilien BOWEN** (encadrement B. Morel & P. Samozino ; allocation doctorale ministérielle) : « construction et validation d'un modèle Force-Vitesse-Endurance des capacités musculaires. »
- **Yann BERTRON** (encadrement B. Morel & F. Hintzy ; financement CIFRE AG2R Citroën Team) : « relation couple-cadence-endurance en cyclisme : Intérêt pour l'entraînement et la performance ».

En plus de de ces activités de recherches déjà structurés, plusieurs projets pilotes sont actuellement en développement. D'autres projets de thèses seront lancés très prochainement sur le sujet (e.g. thèse avec le SOC Rugby sur le profil FVE en saut et en sprint, encadrement P. Samozino, B. Morel, J.B. Morin). Si vous êtes intéressé par la dynamique autour de ces approches Force-Vitesse-Endurance, n'hésitez pas à nous contacter pour en discuter plus largement !

B. Morel, P. Samozino

## Soutenance de thèse de Brice Picot



**Brice Picot** (SPIP) a ouvert le bal des traditionnelles soutenances de fin d'année le 9 septembre à Chambéry. Encadré par Nicolas Forestier et Olivier Remy-Neris (Université de Bretagne Occidentale, Brest), le travail de thèse de Brice avait pour objet l' « **influence de la plasticité proprioceptive sur la biomécanique associée au risque de rupture du ligament croisé antérieur au handball** ». L'objectif principal de la thèse de Brice Picot était de comprendre le lien entre les entrées sensorielles utilisées par le handballeur et le risque de blessure lors de ses manœuvres de changements de directions lors de la pratique sportive. Les entrées sensorielles telles que la vue, le système vestibulaire (organe sensoriel

barosensible situé dans l'oreille interne) ou encore la proprioception (la perception, consciente ou non, de la position des différentes parties du corps) sont en effet utilisées par le cerveau pour permettre au joueur de s'équilibrer et de se déplacer dans l'espace. La vibration tendineuse a été utilisée comme outil neurophysiologique afin d'évaluer les capacités de repondération proprioceptives des sujets. L'analyse cinématique 3D (VICON) couplée aux données cinétiques et électromyographiques a également permis d'identifier les individus présentant des déterminants biomécaniques à risque lors de changement de directions non anticipés. Félicitations Brice !

## Soutenance de thèse de Nicolas Royer



**Bravo à Nicolas Royer** (PAF) qui a soutenu sa thèse le 17 novembre 2022 à Saint-Etienne. Encadré par Guillaume Millet et Jean-Philippe Camdessanché, sa thèse s'intitulait : **Étiologie de la fatigue chez les patients de sclérose en plaques et rôle de l'activité physique**.

La sclérose en plaques (SEP) est une maladie auto-immune du système nerveux central ayant pour principal symptôme la fatigue chronique. Malgré sa prévalence dans la SEP, l'étiologie de la fatigue reste largement inconnue. De plus, l'exercice physique représente le seul traitement efficace pour lutter contre la fatigue mais les effets d'un entraînement personnalisé n'ont été que peu étudiés. L'objectif de ce travail de thèse consistait à caractériser les causes de la fatigue chronique chez les patients atteints de SEP (PaSEPs) et de comparer les bénéfices apportés de l'activité physique individualisée par rapport à une activité physique classique chez des PaSEPs fatigués. Dans une 1<sup>ère</sup> étude, nous avons montré la prévalence élevée de la fatigue chez les PaSEPs et le lien avec l'activité physique,

le handicap ou encore le statut de sans-emploi. Cette première approche a conforté la nécessité d'investiguer la fatigue dans d'une 2<sup>ème</sup> étude en utilisant des mesures de paramètres objectifs et subjectifs de manière plus exhaustive. Nous avons ainsi pu révéler une fatigabilité accrue associée à une perception de l'effort plus élevée, lors d'un exercice dynamique corps entier chez les PaSEPs fatigués en comparaison de patients non fatigués. Enfin, lors d'une 3<sup>ème</sup> étude, nous avons pu évaluer les effets d'un programme d'exercices individualisé par rapport à un programme d'exercices classique chez des PaSEPs fatigués. Nos résultats ont montré que le programme individualisé pouvait induire des bénéfices supérieurs au programme classique, notamment à l'exercice. Ce travail de thèse apporte de nouvelles connaissances sur la SEP et offre la possibilité d'applications cliniques pouvant améliorer la qualité de vie des PaSEPs.

## Soutenance de thèse de Matthieu Degot



Félicitations à **Matthieu Degot** (SPIP) qui a soutenu sa thèse le 30/11/2022 à Lyon (sous la direction d'Isabelle Rogowski et Yoann Blache), thèse ayant pour titre : **Evaluation des qualités métrologiques de tests de performance physique pour caractériser le statut fonctionnel de l'épaule saine et blessée chez le sportif**. Le 1<sup>er</sup> objectif de cette thèse était d'évaluer la validité statistique et concurrentielle des mesures de résultats obtenues à partir des tests de performance physique USSPT, CKCUEST modifié et UQYBT. Le 2<sup>ème</sup> objectif était de déterminer la capacité prédictive de ces tests de performance physique sur l'apparition de blessures à l'épaule chez une population de joueurs de rugby de haut niveau. Le dernier objectif de cette thèse était d'évaluer l'influence d'une stabilisation chirurgicale de la gléno-humérale par la procédure de Latarjet sur la biomécanique de la scapula. Pour les tests USSPT, CKCUEST modifié et UQYBT, le travail réalisé a défini des procédures et des

mesures de résultats offrant une grande fiabilité et une bonne concordance. Les études ont également montré que, d'une part, le USSPT permet l'évaluation de la puissance maximale du membre supérieur et, d'autre part, le UQYBT implique à la fois la stabilité et les qualités de mobilité du complexe de l'épaule. L'étude prospective a mis en évidence une faible capacité prédictive des mesures de résultats obtenues à partir de ces tests en ce qui concerne l'apparition de blessures traumatiques chez les joueurs de rugby élite. Enfin, les études ont montré qu'à trois mois post-opératoire, les modifications anatomiques induites par la procédure de Latarjet ne conduisent à aucune altération de la cinématique ni des stratégies neuro-musculaires pour stabiliser la scapula. Les tests USSPT, CKCUEST modifié et UQYTB peuvent être considérés comme des outils fiables et valides pour caractériser l'état fonctionnel de l'épaule de l'athlète en bonne santé. Cependant, des investigations futures seront nécessaires pour démontrer leur contribution à la gestion des athlètes blessés.

## Soutenance de thèse de Laurianne Pinloche

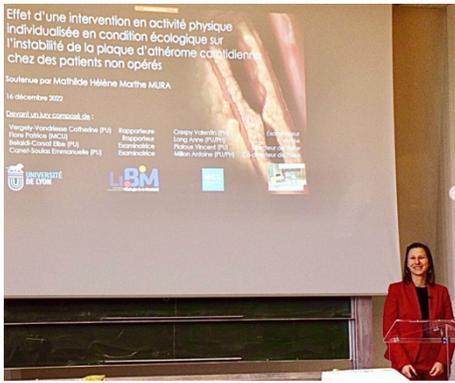
**Bravo à Laurianne Pinloche** a effectué sa soutenance de thèse le 15 décembre dernier à Lyon. Encadré par Christophe Hautier et Karine Monteil, ce projet avait pour titre : **le rachis cervical dans la prévention des troubles de l'équilibre chez les seniors : détection et prise en charge en thérapie manuelle myofasciale**.



L'objectif de ce travail était d'apprécier la place du rachis cervical dans l'évaluation, la prévention et la réhabilitation des capacités fonctionnelles de la personne âgée ainsi que d'évaluer l'effet de la thérapie manuelle myofasciale appliquée au rachis cervical, dans l'amélioration de ces capacités, notamment de l'équilibre. La 1<sup>ère</sup> étude visait à évaluer de la reproductibilité de 2 outils permettant de mesurer les amplitudes de mouvement cervicaux ainsi que la force musculaire du rachis cervical chez des seniors. Ces outils s'avérant correspondre aux attendus scientifiques, l'étude 2 avait pour objectif de corréliser la fonctionnalité du rachis cervical avec les tests et paramètres usuels de l'équilibre telle que la vitesse de marche chez des personnes âgées fragiles et pré-fragiles. Elle a notamment montré que le paramètre de mobilité en inclinaison cervicale s'avérait sensible à ces catégories, tout comme la répartition des appuis plantaires à la marche qui était également un paramètre novateur

inclus dans les mesures. Ceci confirmé, l'étude 3 consistait en un protocole de prise en charge en thérapie manuelle ostéopatique, adressée au rachis cervical, à l'aide de techniques myofasciales.

## Soutenance de thèse de Mathilde Mura



Bravo à **Mathilde Mura** (ATPA) qui a soutenu sa thèse à Lyon, le 16 décembre dernier. Encadré par Vincent Pialoux et Antoine Millon, ce travail de thèse s'intitulait « **Effet d'une intervention en activité physique individualisée en condition écologique sur l'instabilité de la plaque d'athérome carotidienne chez des patients non opérés** ». L'objectif de cette thèse était d'évaluer les effets d'une intervention en activité physique individualisée de 6 mois en condition écologique sur les facteurs d'instabilité de la plaque carotidienne dont l'hémorragie intraplaque chez des patients asymptomatiques.

Ce projet réalisé en collaboration avec les HCL, a notamment mené à une étude monocentrique, longitudinale et interventionnelle dans le service de chirurgie vasculaire et endovasculaire de l'Hôpital Louis Pradel (HCL, Lyon).

Les patients recrutés étaient répartis dans un groupe contrôle ou dans un groupe activité physique (AP). Les patients du groupe AP devaient porter des bracelets connectés afin de mesurer leur nombre de pas quotidiens. L'objectif final était d'atteindre 6 000 pas par jour ou –si c'est déjà le cas à l'inclusion- augmenter de 30% leur nombre de pas quotidiens. Une IRM de plaque, la coagulation, inflammation et rhéologie sanguine, ainsi que plusieurs marqueurs de la condition physique ont été réalisés avant et après les 6 mois d'intervention pour comparaison. Les résultats ont montré qu'une intervention en activité physique à domicile permettait de réduire l'instabilité de la plaque carotidienne (diminution de l'hémorragie intraplaque) et de réduire l'inflammation liée (diminution des monocytes pro-inflammatoires). Ces résultats suggèrent que l'activité physique modérée doit être encouragée chez ces patients

## Soutenance de thèse de Manon Riccetti



Bravo à **Manon Riccetti** (PAF) qui a soutenu sa thèse portant sur les « **répercussions de la drépanocytose en fonction du genre, d'un traitement médicamenteux et de l'entraînement en endurance sur le tissu musculaire, son phénotype et ses capacités métaboliques** », le 19 décembre 2022 à Chambéry, sous l'encadrement de Laurent Messonier et Léonard Féasson.

La drépanocytose est la maladie génétique la plus fréquente au monde. Elle est causée par une mutation génétique qui induit la production d'une hémoglobine anormale : l'hémoglobine S (HbS). Les répercussions de la maladie sont multiples, parfois mortelles, et touchent potentiellement tous les tissus et organes. Le tissu musculaire n'est pas épargné.

Si le remodelage structural, énergétique et microvasculaire du muscle est relativement bien documenté, toutes les altérations qui touchent ce tissu ne sont pas totalement identifiées. L'hydroxyurée est actuellement le seul traitement médicamenteux permettant de réduire les complications et d'augmenter l'espérance de vie des patients. Récemment, l'activité physique régulière d'intensité modérée est apparue comme étant bénéfique pour les patients. Objectifs. Ce projet a pour but i) d'étudier les principaux mécanismes impliqués dans la régulation du pH musculaire des patients drépanocytaires, ii) de déterminer l'influence de l'hydroxyurée sur les caractéristiques structurales, énergétiques et microvasculaires du muscle strié squelettique, et iii) de mettre en évidence les bienfaits/bénéfices directs d'un programme d'entraînement en endurance sur l'aptitude physique et la qualité de vie de patients drépanocytaires, l'objectif ultime de ce dernier volet étant d'établir des recommandations d'activité physique et d'inclure l'activité physique dans la stratégie thérapeutique des patients drépanocytaires.

## Soutenance de thèse de Loïc Espeit



La première thèse de l'année 2023 pour le LIBM a été soutenue par **Loïc Espeit** (PAF) le 26 janvier à Saint-Etienne. Ce projet, encadré par Thomas LAPOLE, Vianney ROZAND et Nicola MAFFIULETTI (Schulthess Klinik, Zürich) avait pour thème : **effets aigus et chroniques de deux modalités d'électrostimulation sur la fonction neuromusculaire**. Ce travail a montré que l'utilisation de l'électrostimulation à large impulsion délivrée à une intensité de courant sous-maximale permet d'augmenter la contribution du système nerveux central via le phénomène d'extra force. Cependant, l'occurrence (~60%) et la magnitude (~5% de la force maximale volontaire) de ce phénomène ne semble pas garantir un niveau de force évoquée suffisant pour induire des gains sur les capacités de production de force. La surimposition de vibration tendineuse n'affecte ni l'occurrence, ni la magnitude du phénomène. De plus, l'excitabilité du système nerveux central n'est pas impactée par une séance d'électrostimulation à large impulsion délivrée à une intensité maximale tolérable. Cependant, l'électrostimulation à large impulsion appliquée à une intensité maximale tolérable permet de générer un niveau de force maximal évocable supérieur à l'électrostimulation conventionnelle (45% vs. 39% de la force maximale volontaire). Elle permet également d'utiliser des intensités de courant moins élevées, réduisant les problèmes liés à la capacité maximale du stimulateur (i.e. moins de risque de « saturer » le stimulateur avant d'atteindre l'intensité maximale tolérable). Cette augmentation du niveau de force évoquée avec l'utilisation de larges impulsions n'est en revanche pas significative à l'échelle d'une séance ou d'un programme d'électrostimulation. La fatigabilité observée à la suite d'une séance d'électrostimulation est donc similaire et principalement d'origine périphérique pour les deux modalités d'électrostimulation testée (conventionnelle vs. à large impulsion). Les gains de forces et les adaptations nerveuses et musculaires sous-jacentes induits par un programme d'électrostimulation sont également identiques pour les deux modalités.

Félicitations Loïc !

## Soutenance HDR de Pierre Samozino



**Pierre Samozino** (SPIP) a défendu à Chambéry son Habilitation à Diriger des Recherches le 12 décembre dernier, intitulé : **Capacités de production de force du système neuromusculaire et performance motrice**.

Les principales activités de recherche de Pierre portent sur l'analyse des capacités de production de force du système neuromusculaire et sur la biomécanique de la locomotion humaine par l'utilisation d'approches théoriques (via des modélisations) et expérimentales (mesures mécaniques et physiologiques) dans le but de permettre une meilleure évaluation, compréhension et optimisation de la motricité. Il a ainsi participé à la mise au point et la validation de méthodes et concepts simples permettant de mieux comprendre les déterminants musculaires des performances explosives (sauts, sprints, changement de direction) et de rendre accessible leur évaluation au plus grand nombre, notamment les entraîneurs et préparateurs physiques, dans le but d'individualiser l'entraînement des sportifs.

Pierre co-encadre actuellement trois étudiants en thèse, **Maximilien Bowen** qui planche sur la construction et la Validation d'un Modèle Force - Vitesse - Endurance des capacités musculaires, **Mickael Chollet** qui a pour sujet la fatigue, la production de force et la trajectoire lors de virages en ski alpin et **Caroline Prince** qui travaille sur la préparation des muscles ischio-jambiers des athlètes aux contraintes subies.

**Maximilien BOWEN****Construction et Validation d'un Modèle Force - Vitesse - Endurance des Capacités Musculaires**

Équipe : PAF ; Site : Chambéry ; En thèse depuis octobre 2022

Encadrement : Baptiste Morel et Pierre Samozino

<https://www.researchgate.net/profile/Maximilien-Bowen>

Les capacités contractiles musculaires sont essentielles aux mouvements et aux locomotions humaines et animales. En raison de leurs structures moléculaires, les cellules du muscle strié squelettique produisent une force qui est fonction de leur vitesse de raccourcissement. Lorsque les capacités de production de force du système neuromusculaire sont explorées sur un mouvement pluri-articulaire : cette relation peut être formulée mathématiquement par une fonction linéaire  $F(V)$ . Par ailleurs l'intensité de cette force diminue en fonction de la durée, mais converge vers une intensité critique caractéristique. Lors d'un effort maintenu à intensité maximale : cette relation peut être décrite par une fonction exponentielle décroissante  $F(t)$ . Ces deux relations fondamentales définissent les facteurs représentatifs des capacités de production de force, et donc de la performance motrice chez un grand nombre d'espèces. Cependant, bien que les relations force-vitesse (FV) et intensité-temps (IT) caractérisent respectivement un continuum de capacités de production de force en fonction de la vitesse et

du temps, l'interaction entre les deux n'a été étudiée qu'au moyen de comparaisons ponctuelles et indépendante. Ainsi, au lieu d'étudier séparément ces relations qui interagissent, les considérer comme deux projections d'une seule et même relation force-vitesse-temps (FVT) unique, permettrait de décrire dans son intégralité les capacités de production de force et leurs interactions. L'objectif du projet vise à unifier, par un modèle intégratif, les deux propriétés musculaires connues de FV et IT afin de proposer une nouvelle relation Force-Vitesse-Endurance (FVE). La compréhension fondamentale de ces phénomènes repose sur une recherche interdisciplinaire multi échelle mêlant modélisation mathématique et expérimentation humaine et animale. L'hypothèse sur laquelle se base ce projet est qu'il existe une relation FVE représentative des capacités d'un muscle/individu de produire une force en fonction de la vitesse de contraction/mouvement et de la durée/ intensité de l'exercice. Ce projet s'articule ainsi autour de deux objectifs interdépendants : la création d'un modèle mathématique de formalisation de la relation FVE et la validation expérimentale multi-échelle du modèle. La validation de l'existence d'une relation FVE universelle et de ces fondements théoriques permettrait d'ouvrir un nouveau cadre conceptuel permettant d'améliorer la compréhension du fonctionnement musculaire et de décrire la locomotion animale d'un point de vue intégratif. Bien que ce projet soit fondamental, les applications pratiques issues de ce nouveau cadre pourraient être nombreuses : Prédiction et optimisation de la performance, modèle d'analyse fonctionnelle d'une thérapie génique en myologie, prédiction de la fatigue et de l'altération de la fonction neuromusculaire chez le patient.

## Telma SAGNARD

### Effet de la fatigue et de l'entraînement sur la plasticité des profils de repondération proprioceptive.

Équipe : SPIP ; Site : Chambéry ; En thèse depuis octobre 2022

Encadrement : Nicolas Forestier

<https://www.researchgate.net/profile/Telma-Sagnard>



Il est désormais établi que lorsque des sujets doivent maintenir leur équilibre sur une surface instable, le SNC opère une re-pondération dynamique des informations proprioceptives (Brumagne et al. 2008 ; Kiers et al. 2012). Cette flexibilité sensorielle constitutive de chacun est une caractéristique importante du contrôle moteur (Latash 2000). Des travaux ont démontré que les sujets qui présentent des pathologies chroniques présentent une altération de repondération sensorielle comparativement à des sujets sains (Brumagne et al. 2008 ; Song et al. 2017). L'existence possible, au sein d'une population de jeunes sportifs, de capacités de repondérations différentes et des liens particuliers des profils sensoriels avec les mécanismes lésionnels de rupture du ligament croisé antérieur (LCA) ont été interrogée récemment (Picot et al. 2022). Les résultats signalent que conformément aux interrogations scientifiques actuelles il semble en effet que la quantification de la neurophysiologie liée aux ruptures du LCA doit-être considéré comme un enjeu majeur pour les domaines de la prévention et de la thérapie post-opératoire. L'objectif principal de ce travail de doctorat consiste à sonder la plasticité des profils individuels de repondération sensorielle. Trois questions spécifiques seront abordées au cours de ce travail. La première est relative aux effets de l'entraînement. Cette interrogation concerne plus particulièrement les domaines de la réhabilitation motrice comme celui de la prévention et de la performance. La seconde concerne les effets de l'épuisement musculaire, épuisement pouvant être induit ou consécutif au vieillissement naturel. Enfin les conséquences de la ligamentoplastie sur les processus de repondération sensorielle seront également interrogées.

## Thomas DE SOUSA

### Analyse biomécanique des tests de performance physique des membres supérieurs pour une individualisation de programme de prévention de blessure à l'épaule

Équipe : SPIP ; Site : Lyon ; En thèse depuis septembre 2022

Encadrement : Isabelle Rogowski et Yoann Blache

[https://www.researchgate.net/profile/Thomas\\_De\\_Sousa3](https://www.researchgate.net/profile/Thomas_De_Sousa3)



Le complexe de l'épaule est une région du corps très vulnérable chez les sportifs. Parmi les pathologies de l'épaule, un quart d'entre elles correspondent à des instabilités de l'articulation scapulo-humérale amenant fréquemment à la luxation (Owens et al. 2009). Deux types de traitement sont préconisés : un traitement conservateur à base de rééducation ou un traitement chirurgical, essentiellement par procédure Latarjet ou de Bankart, entraînant des temps d'inactivité sportive allant de 3 semaines à 12 mois (Funk et al. 2020). Ces constats imposent d'apporter des connaissances additionnelles sur les adaptations fonctionnelles de l'épaule à la pratique sportive afin de prévenir la survenue de blessure.

La caractérisation des fonctions de l'épaule doit être basée sur des critères de jugement issus de tests fonctionnels adaptés (Ardern et al. 2016). Ces tests doivent être reproductibles, sensibles, spécifiques, et accessibles pour s'assurer que les problématiques de santé du sportif soient prises en charge de manière adaptée (Ljungqvist et al., 2009). Pour évaluer les fonctions de l'épaule, plusieurs tests de performance physique sont proposés dans la littérature, dont le Upper Quarter

Y-Balance Test et le Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test modifié (Degot et al. 2019). Toutefois, les fonctions de l'épaule réellement évaluées, la capacité à prédire la survenue de blessures et la sensibilité aux changements de ces tests restent à définir.

La thèse vise l'analyse biomécanique de tests de performance physique des membres supérieurs pour une individualisation de programme de prévention de la blessure à l'épaule. Les sous-objectifs sont : 1) l'évaluation de la validité de construit de tests évaluant les fonctions de l'épaule, 2) l'évaluation de la capacité de tests évaluant les fonctions de l'épaule à prédire la survenue de blessure chez les sportifs, et 3) l'évaluation de l'efficacité de programme de prévention sur la survenue de blessures d'épaule chez le sportif.

## Romain CARIN

### Effets de l'entraînement sur les réponses cardiovasculaires et neuromusculaires à l'exercice : du jeune adulte à la personne très âgée

Equipe : VBRBC ; Site : Lyon ; En thèse depuis octobre 2022

Encadrement : Elie Nader et Philippe Joly

<https://www.researchgate.net/profile/Romain-Carin>



Depuis les Jeux Olympiques de Mexico en 1968, l'entraînement en altitude est particulièrement utilisé par les athlètes d'endurance en vue d'améliorer leurs performances au niveau de la mer. En pratique, la méthode « vivre en haut – s'entraîner en haut » (« Live High – Train High », LHTH) est la plus utilisée. Celle-ci consiste à résider et s'entraîner en moyenne altitude pendant plusieurs semaines, dans des centres d'altitude, des stations de montagne et/ou des stations de ski sur glacier. Au cours de ce type d'entraînement, l'effet ergogénique recherché est une augmentation du volume total de globules rouges et de la masse totale d'hémoglobine (Hbmass) induite par l'hypoxie, aboutissant à une augmentation de la capacité de transport de l'oxygène par le sang. Cependant, l'effet d'un entraînement de type LHTH sur les réponses hématologiques et la performance sportive reste débattu (Millet et Brocherie 2020 ; Siebenmann et Dempsey 2020). L'augmentation significative de l'Hbmass à l'issue d'une préparation LHTH est un prérequis à l'augmentation de performance, or celle-ci est positivement reliée à l'intensité du stimulus hypoxique (Garvican-Lewis et al. 2016). La relation positive entre la dose hypoxique (exprimée en kilomètres x heures) et la réponse de Hbmass suggère qu'il pourrait être intéressant d'induire un stimulus hypoxique supplémentaire (par une exposition nocturne à une altitude simulée plus importante) lors d'un stage d'entraînement en altitude, pour permettre une augmentation plus robuste du processus érythropoïétique, et par conséquent de la performance aérobie. Or ce type de protocole n'a jamais été étudié. Par ailleurs, le temps de maintien des réponses hématologiques après le retour des athlètes au niveau de la mer est également un déterminant de la performance sportive. Ainsi, l'effet d'un stimulus hypoxique répété après une préparation LHTH pourrait s'avérer bénéfique pour maintenir l'amélioration des performances sur une plus longue période. L'exposition chronique à l'hypoxie pourrait moduler les propriétés rhéologiques du sang qui influencent le débit sanguin et la perfusion tissulaire. De même, il a été suggéré que l'hypoxie pourrait moduler à la fois la néocytolyse (mort des globules rouges néoformés ; Mairbaurl 2018) et la mort des globules rouges matures (caractérisée par des marqueurs de senescence augmentés et une déshydratation cellulaire ; Dias et al. 2021). Bien que débattu, la fin de l'exposition hypoxique pourrait favoriser le processus de néocytolyse et de senescence des globules rouges matures, conduisant à une diminution rapide de la masse en hémoglobine. L'évaluation des propriétés rhéologiques des globules rouges et de leurs états de senescence après un entraînement de type LHTH semble être nécessaire pour mieux comprendre l'évolution de Hbmass et la cinétique d'amélioration des performances suite à ce type d'entraînement. L'objectif de ce projet est donc d'évaluer et de comparer les effets de différentes méthodes d'entraînement en hypoxie sur l'érythropoïèse, la masse en hémoglobine, la rhéologie sanguine, les processus de senescence érythrocytaire, et la performance chez des nageurs d'eau libre de haut niveau candidats aux Jeux-Olympiques de Paris 2024.

## Félix LEFEBVRE

### Analyse cinématique du membre supérieur par capture de mouvement avec et sans marqueurs

Équipe : SPIP ; Site : Lyon ; En thèse depuis octobre 2022

Encadrement : Isabelle Rogowski et Yoann Blache

<https://www.researchgate.net/profile/Felix-Lefebvre-5>



Le membre supérieur dispose d'une grande mobilité grâce au complexe de l'épaule mais est également caractérisé par une certaine instabilité. L'analyse de la cinématique de ce complexe permet la détection précoce de pathologies ou le suivi efficace des processus de rééducation (Kibler and Thomas, 2012). La méthode non invasive de référence pour ces mesures est la capture optoélectronique avec marqueurs, mais semble limitée par les artefacts de tissus mous. Grâce au perfectionnement des méthodes de capture de mouvement sans marqueur basées sur l'apprentissage profond, de nouveaux outils d'analyse cinématique peuvent être envisagés. L'objectif de cette thèse est de développer et valider des outils de capture de mouvement avec et sans marqueurs pour l'analyse cinématique du complexe de l'épaule et du membre supérieur.

Robin GASSIER

## Influence des vibrations transitoires en sport sur la capacité de production de force, la fatigue et les dommages musculaires

Équipe : SPIP ; Site : Lyon ; En thèse depuis octobre 2022  
Encadrement : Christophe Hautier et Frédérique Hintzy



Lors de la pratique sportive, les chocs générés lors des contacts du pied au sol génèrent des vibrations qui se propagent au sein des tissus mous (Trama et al. 2020). La fréquence de l'impact en course à pied est proche de la fréquence naturelle des tissus mous ce qui peut engendrer une amplification des vibrations (Wakeling et al. 2003). L'organisme est capable d'ajuster le niveau d'activation des muscles afin d'amortir la vibration rapidement. Ce phénomène, nommé « muscle tuning » (Nigg et Wakeling 2001) est considéré comme une réponse efficace de l'organisme pour limiter les effets délétères des vibrations. L'on distingue les vibrations continues, des vibrations transitoires, c'est-à-dire initiées par un impact et amorties entre deux impacts consécutifs.

La plupart des études se sont intéressées aux vibrations continues mais peu de données existent sur les vibrations transitoires, alors que l'on peut supposer qu'elles créent de la fatigue neuromusculaire et des dommages musculaires (Hoyo et al. 2013 ; Ehrström et al. 2018, Khassetarash et al. 2019). Cependant, il est difficile de dissocier l'effet des chocs de celui du travail musculaire dans le cadre de l'activité physique. C'est pourquoi les fréquences et intensités de chocs et vibrations potentiellement délétères ainsi que la dose limite d'exposition à ces contraintes ne sont actuellement pas déterminées.

L'objectif de ce projet est donc d'explorer au travers plusieurs expérimentations, les effets du nombre d'impacts, de l'intensité et de la fréquence du choc ainsi que le caractère prévisible ou non des chocs, sur les vibrations, la fatigue et les dommages musculaires chez des sujets masculins et féminins de différents niveaux d'aptitude physique en vue de modéliser une relation dose-réponse pour différents profils d'individus.

Jérôme RIERA

## Interaction entre la fonction neuromusculaire et la biomécanique du membre inférieur après chirurgie du Ligament Croisé Antérieur et influence sur le retour au sport

Équipe : SPIP ; Site : Saint-Étienne ; En thèse depuis octobre 2022  
Encadrement : Thomas Néri, Noémie Duclos et Alexandre Rambaud



La rupture du ligament croisé antérieur (LCA) est une des blessures les plus invalidantes. Le taux de retour au sport à un niveau compétitif après une reconstruction chirurgicale du LCA est faible (55%) avec un niveau de récurrence pouvant atteindre les 23%.

Une des raisons possibles est la persistance de déficits dans la fonction neuromusculaire (NM) du quadriceps (Q) plus de 2 ans après la plastie. Un déficit de force des ischio-jambiers (IJ) semble aussi présent au moment de la reprise du sport. Bien que cela représente un facteur de risque de récurrence la fonction NM des IJ a été peu exploré dans la littérature scientifique.

Ces déficits NM pourraient aussi influencer la biomécanique de mouvement. Il est démontré qu'après une rupture du LCA des altérations biomécaniques persistent dans des activités telles que la locomotion, les sauts ou les changements de direction. Certaines de ces variables biomécaniques pourraient être des facteurs prédictifs de récurrence. Or, l'interprétation des tests de retour au sport utilisés en clinique se base uniquement sur la performance et ne prend pas en compte la biomécanique de mouvement. Il y a des raisons pragmatiques à cela. L'utilisation de systèmes peu onéreux permettant d'analyser la biomécanique de mouvement en situation écologique, tel que des capteurs inertiels, pourrait être un atout majeur dans la prise de décision de du retour au sport et la diminution du taux de récurrence.

## Florian MONJO

Équipe : PAF ; Site : Chambéry ; MCU en poste depuis septembre 2022

<https://www.researchgate.net/profile/Florian-Monjo>



Florian a réalisé son doctorat sous la direction de Nicolas Forestier entre 2012 et 2015 à l'Université Savoie-Mont Blanc. Il a ensuite été ATER dans la même université avant de rejoindre l'Université Côte d'Azur comme Maître de Conférences en 2018. En septembre 2022, il a rejoint le LIBM et l'Université Savoie Mont-Blanc suite à une mutation.

Lors de son doctorat, Florian s'est intéressé aux effets de la fatigue neuromusculaire sur le contrôle prédictif des mouvements volontaires. Ces travaux ont donné lieu à la publication de 6 articles en premier auteur.

Après son doctorat, Florian a élargi son champ d'étude à trois nouvelles thématiques :

- **La perception de l'effort.** Dans le cadre de cette thématique, Florian cherche plus précisément à identifier les substrats nerveux de la perception de l'effort en essayant de caractériser le lien entre les signaux centraux (i.e., la copie d'efférence) et les signaux fusimoteurs en provenance des fuseaux neuromusculaires.

- **Les effets de la fatigue neuromusculaire sur les sens kinesthésiques.**

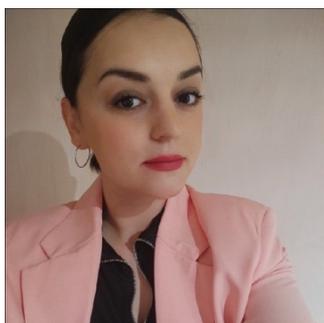
Cette thématique a été développée dans le cadre du projet doctoral d'un étudiant encadré par Florian lors de ses années à l'Université Côte d'Azur. Il s'agit notamment d'identifier les origines nerveuses des altérations des sens de la position et du mouvement observées après des exercices excentriques fatigants des extenseurs et fléchisseurs du genou.

- **Le système neuromodulateur.** En 2020, en collaboration avec Jonathan Shemmell (Université de Wollongong, Australie), Florian a publié un article méthodologique montrant que le réflexe tonique de vibration peut être utilisé comme une sonde de l'efficacité du système neuromodulateur. Ce système, malgré son rôle fondamental dans le contrôle moteur et la performance sportive via ses actions sur le gain de motoneurons spinaux, n'a reçu que peu d'attention, notamment dans le cadre des études cherchant à comprendre les mécanismes nerveux de la fatigue neuromusculaire. Un des objectifs de Florian est donc de développer cette thématique en collaboration avec les forces vives du LIBM.

## Amandine Thomas

Équipe : ATPA ; Site : Lyon ; MCU en poste depuis septembre 2022

<https://www.researchgate.net/profile/Amandine-Thomas/research>



Amandine a réalisé sa thèse à Grenoble au laboratoire HP2 sous la direction de Patrick Lévy et Bruno Guigas. Sa thèse avait pour thème le lien entre le syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) et le diabète de type 2. Elle a particulièrement étudié les effets de l'hypoxie intermittente (hypoxie typique dans le SAOS) sur les phénomènes de résistance à l'insuline. Elle a par la suite effectué un post-doc au Cedars Sinai Medical Center à Los Angeles aux Etats-Unis puis au Biozentrum de Bâle en Suisse où elle s'est respectivement intéressée à la dynamique mitochondriale dans le contexte de l'ischémie reperfusion et aux mécanismes de remodelage du tissu adipeux dans l'obésité. En septembre 2022, elle rejoint l'équipe ATPA en tant que Maître de Conférences.

Ses projets de recherche au sein de l'équipe ATPA concernent les liens entre **l'instabilité de la plaque d'athérome**, les **maladies chroniques** et **l'activité physique**. Ils visent en particulier à établir ces liens au niveau clinique et à comprendre les mécanismes cellulaires sous-jacents via l'analyse des plaques d'athérome par des techniques de biochimie et de biologie moléculaire. Vous retrouverez une interview d'Amandine qui vous permettra d'en savoir plus en page 24 de cette lettre.

## Elie Nader

Équipe : VBRBC ; Site : Lyon ; MCU en poste depuis octobre 2022

<https://www.researchgate.net/profile/Elie-Nader-2>



Elie a effectué sa thèse au laboratoire LIBM entre 2016 et 2019, sous la direction de Philippe Connes, Marc Romana (Inserm Guadeloupe) et Cyril Martin avec pour sujet les « modulations de la rhéologie sanguine et de la senescence érythrocytaires et leurs impacts sur la fonction vasculaire chez le patient drépanocytaire ». Après deux années d'ATER dans l'équipe VBRBC où il a continué à investiguer les mécanismes physiopathologiques impliqués dans la drépanocytose, mais également les modifications hématologiques à l'exercice et en hypoxie chez l'athlète d'endurance, il a été recruté en tant que Maître de Conférences dans l'équipe VBRBC.

Ses thématiques de recherche sont centrées autour de trois axes principaux :

- L'étude de la **physiopathologie des hémoglobinopathies** et autres maladies génétiques du globule rouge afin d'améliorer la prise en charge clinique des patients et identifier de nouvelles cibles **thérapeutiques**
- Les adaptations érythrocytaires et vasculaires à l'environnement extrême tel que la **haute altitude**
- Les réponses hématologiques et érythrocytaires chez le **sportif d'endurance** suite à une exposition aiguë ou chronique à l'**hypoxie** dans le but d'optimiser l'entraînement hypoxique et la performance. Cette thématique est actuellement au cœur du sujet de thèse de Romain Carin, nouveau doctorant encadré par Philippe Joly et Elie Nader, dans le cadre de l'ANR Hypoxperf. Nous reviendrons sur ce projet dans une prochaine lettre.

## Narimane Zeghoudi

Équipe : PAF ; Site : Saint-Étienne ; Chargée d'étude en poste depuis décembre 2021

Pilote(s) du projet : Thomas Lapole (LIBM) – Davy Luneau (Dessintey)

Financeur(s) du projet : ANR France Relance – Dessintey



Narima travaille sur les « **effets de l'utilisation de techniques de représentation mentale en rééducation sur la motricité du membre inférieur chez le patient AVC.** »

À la suite d'un AVC, les capacités de marche de nombreux patients sont altérées avec une augmentation du risque de chute associé. Beaucoup sont dépendants de l'utilisation d'aides techniques à la marche (cane, orthèses, fauteuil roulant).

Les théories du contrôle moteur suggèrent que pour pouvoir réaliser un mouvement, il convient tout d'abord de le simuler mentalement puis d'initier la commande motrice afin de le réaliser.

Les techniques de représentation mentale telles que l'observation d'action (le sujet observe un mouvement réalisé), l'imagerie motrice (le sujet s'imagine réaliser ce mouvement) ou encore la thérapie miroir sont des techniques actuellement utilisées à la fois dans les

entraînements des sportifs de haut niveau mais aussi en centre de rééducation afin d'aider le patient à observer et s'imaginer un pattern de marche correct pour pouvoir initier un mouvement adapté.

L'effet de ces techniques sur les mécanismes de récupération du membre supérieur est actuellement très documenté. Néanmoins, malgré des tendances positives concernant la récupération du membre inférieur, l'état de l'art montre un manque d'informations et des données statistiques peu robustes.

L'objectif du projet de Narimane est d'apporter une connaissance fondamentale des mécanismes en œuvre lors de l'utilisation de ces techniques en rééducation du membre inférieur ainsi qu'une connaissance clinique, via la prise en charge de patients AVC sur un dispositif de rééducation « IVS4 », basé sur les représentations mentales, créé par Dessintey.

## Vianney ROZAND

Maitre de conférences ; LIBM Saint Etienne ; Equipe PAF

### Comprendre l'évolution de la fatigabilité au cours du vieillissement



Le vieillissement est accompagné de multiples altérations du système neuromusculaire. Les altérations ne sont pas linéaires avec l'âge, une accélération étant observée autour de 75-80 ans. L'altération la plus connue est la sarcopénie qui correspond à la diminution progressive de la masse musculaire liée à l'âge, entraînant une diminution de la force ou de la puissance musculaire. La sarcopénie est due à la fois à une diminution de nombre et de la taille des fibres musculaires. Plus particulièrement, une perte des motoneurones affecte principalement les unités motrices de type II, moins utilisées à cause d'une diminution de la quantité d'activité physique avec l'âge, entraînant une augmentation de la proportion des unités motrices de type I. Les propriétés du muscle de la personne âgée se modifient et celui-ci devient donc plus lent. Les changements de la fonction

neuromusculaire ont un impact sur la fatigabilité, quantifiée comme une diminution de la force maximale volontaire à la suite d'un exercice. Typiquement, les personnes âgées sont moins fatigables que les personnes jeunes lors de tâches isométriques avec une charge relative à la force maximale, grâce à cette typologie musculaire plus lente. Cependant, les études s'intéressant à l'évolution de la fatigabilité avec l'âge ne différencient pas les personnes âgées (60-80 ans) des personnes très âgées (au-delà de 80 ans) qui ont pourtant des altérations spécifiques du système neuromusculaire. Par exemple, la perte d'unités motrices à partir de 80 ans n'est plus préférentielle pour celles de type I mais affecte de manière équivalente les unités motrices de type I et II.

Afin de mieux comprendre l'évolution de la fatigabilité avec l'âge, nous avons comparé la performance et la fatigabilité lors d'un test incrémental isométrique des muscles extenseurs du genou (quadriceps intermittent fatigue test, QIF test) entre des personnes jeunes (18-35 ans), âgées (60-80 ans) et très âgées (>80 ans) (Varesco et al. 2022, Exp Gerontol). La performance au test, représentée par le nombre total de contractions effectuées, était supérieure chez les personnes âgées comparées aux personnes jeunes et très âgées (Figure 1). La fatigabilité, quantifiée par la perte de force maximale volontaire, était inférieure à la fin de l'exercice pour les âgés que pour les jeunes et très âgés, sans différence entre ces deux groupes. Ces résultats suggèrent que la plus grande résistance à la fatigue des personnes âgées n'est pas maintenue chez les personnes très âgées.

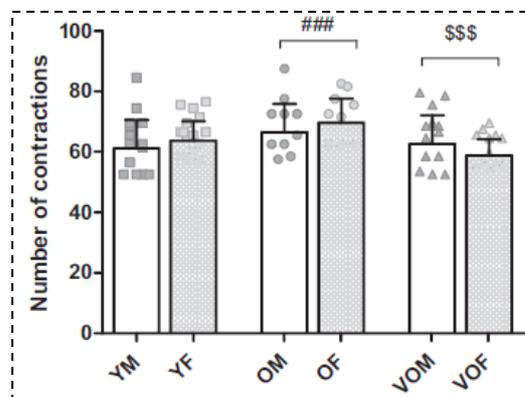


Figure 1. Performance (nombre de contractions) lors du QIF test chez des hommes et des femmes jeunes (YM et YF), âgés (OM et OF) et très âgés (VOM et VOF). ### : différent des jeunes. \$\$\$ : différent des âgés.

Pour investiguer de manière plus précise les caractéristiques des personnes très âgées, nous avons mis en relation les paramètres du test de fatigabilité avec des données biologiques issues de biopsies musculaires ainsi que le niveau d'activité physique des participants (Varesco et al. 2022, J Gerontol). Les données étaient analysées par des corrélations et par des analyses en composantes principales. Les données biologiques (typologie musculaire, densité capillaire, activité enzymatique, etc.) n'étaient pas corrélées avec les données de force maximale, de performance ou de fatigabilité.

Cette absence de lien peut s'expliquer par une hétérogénéité dans la détérioration des tissus musculaires entre les individus très âgés. De plus, les paramètres neuromusculaires ne sont pas uniquement déterminés par des paramètres biologiques musculaires mais aussi par l'efficacité des systèmes nerveux central et périphérique. Le résultat le plus important de cette étude était une corrélation positive entre le niveau d'activité physique (nombre de pas par jours) et le travail total effectué lors du test fatigant chez les femmes très âgées (Figure 2), relation qui n'était pas retrouvée chez les hommes. Ainsi, les femmes très âgées bénéficient directement d'une augmentation de leur activité journalière. Inversement, une diminution de leur activité a un impact direct sur leur performance neuromusculaire et pourrait donc avoir un impact important sur leur autonomie.

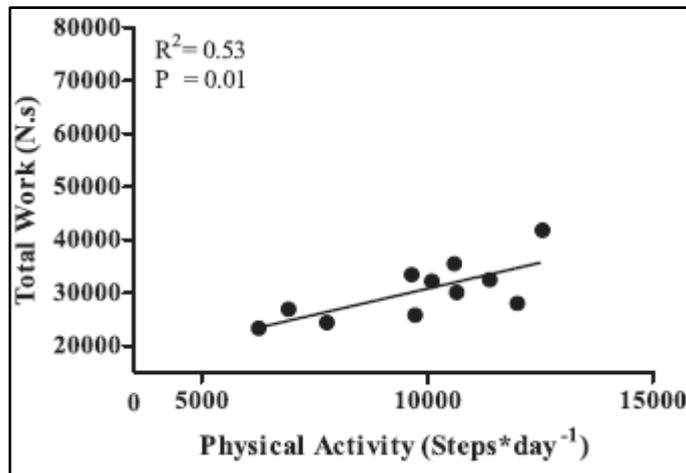


Figure 2. Relation entre le niveau d'activité physique en nombre de pas par jour et le travail total effectué lors du QIF test chez les femmes très âgées.

La limite des précédentes études et de la littérature réside dans l'impossibilité de transférer les résultats obtenus dans la vie courante. En effet, les tâches réalisées quotidiennement ne se font pas en pourcentage de la force maximale mais plutôt en charge absolue (poids du corps pour les membres inférieurs) et en condition dynamique plutôt qu'isométrique. Dans une récente étude à paraître (**Varesco et al., en révision dans MSSE**), nous avons donc souhaité nous rapprocher de conditions écologiques en comparant la fatigabilité entre les 3 groupes d'âge précédemment cités en conditions isométrique, concentrique et sur vélo, avec une charge calculée en fonction du poids de corps de chaque individu. Comme anticipé, la performance (nombre de contractions) était plus faible chez les groupes âgés par rapport aux jeunes, avec une différence entre âgés et très âgés uniquement en vélo. La diminution de force durant le test était similaire entre les groupes d'âge en isométrique et concentrique, alors qu'elle apparaissait beaucoup plus précocement durant l'exercice en vélo (Figure 3), tâche la plus proche des activités de la vie quotidienne avec l'implication supérieure du système cardiorespiratoire et de différents groupes musculaires. Ces résultats suggèrent que l'étude de l'évolution de la fatigabilité avec l'âge doit à l'avenir se faire sur des tâches les plus écologiques possibles pour pouvoir être transférables à la vie courante, c'est-à-dire en dynamique, avec des charges relatives au poids du corps, et à des intensités sous-maximales, les intensités maximales n'étant quasiment jamais utilisées dans les tâches de la vie quotidienne.

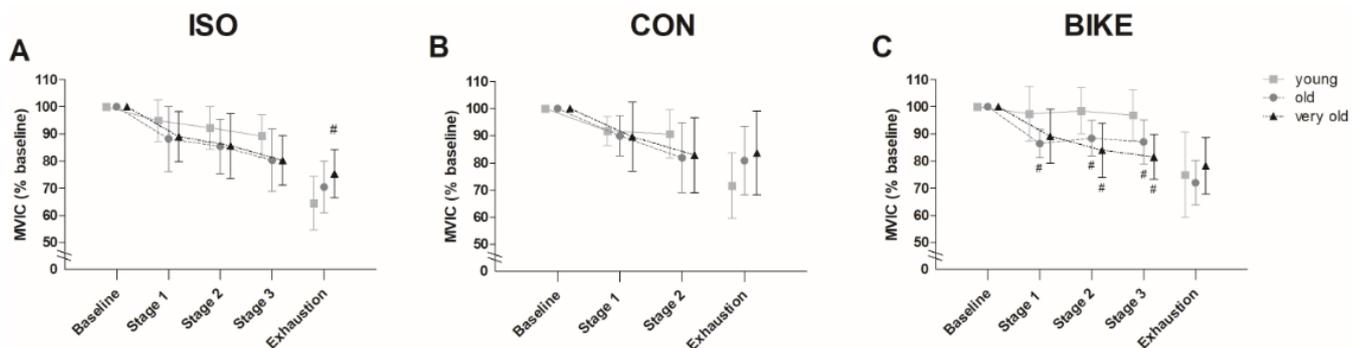


Figure 3. Evolution de la force maximale volontaire au cours des tests fatigant isométrique (A), concentrique (B) et sur vélo (C). # : différent des jeunes.

**Références :**

Varesco G, Luneau E, Féasson L, Lapole T, Rozand V. Very old adults show impaired fatigue resistance compared to old adults independently of sex during a knee-extensors isometric test. *Exp Gerontol.* 2022 May;161:111732. doi: 10.1016/j.exger.2022.111732.

Varesco G, Coudy-Gandilhon C, Lapole T, Decourt A, Gueugneau M, Barthélémy JC, Roche F, Bechet D, Féasson L, Rozand V. Association Between Physical Activity, Quadriceps Muscle Performance, and Biological Characteristics of Very Old Men and Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2022 Jan 7;77(1):47-54. doi: 10.1093/gerona/glab239.

Varesco G, Luneau E, Millet GY, Féasson L, Lapole T, Rozand V. Age-related differences between old and very old men in performance and fatigability are evident after cycling but not isometric or concentric tasks. *En révision dans Medicine & Science in Sport & Exercise*

Pour cette interview croisée, nous avons choisi d'interroger des doctorants de nos équipes de recherche qui effectuent leur dernière année de thèse. Une dernière ligne droite qui invite à prendre du recul et qui signe l'aboutissement de leur travail !

-Pourriez-vous vous présenter pour nos lecteurs ?



**Sofia Esperti** : Je m'appelle Sofia, je suis italienne et doctorante en 3<sup>ème</sup> année avec l'équipe VBRBC. J'ai fait mes études en biologie moléculaire en Italie et je suis arrivée en France après mon diplôme de Master 2, pour un stage dans un laboratoire de recherche à Paris. A la fin de mon stage, j'ai rejoint l'équipe VBRBC à Lyon et j'ai commencé mon travail de thèse. Mon projet fait partie d'un consortium européen, et c'est pour ça qu'on a beaucoup de collaborations avec différents laboratoires en Europe. Dans le détail, ma thèse porte principalement sur la caractérisation des globules rouges drépanocytaires, sur la présence anormale des mitochondries dans ce globules rouges et sur les conséquences au niveau rhéologique ou au niveau de l'expression de marqueurs de senescence. Je m'occupe aussi de la caractérisation de globules rouges encapsulant des molécules thérapeutiques, dans le cadre d'une collaboration avec une entreprise (Erytech Pharma).

**Marie-Caroline Play** : Je suis Marie-Caroline, 25 ans, stéphanoise pure souche et doctorante en dernière année de thèse au sein du LIBM stéphanois en collaboration avec l'entreprise Salomon. De formation ingénieur (ENISE, Saint-Etienne) parcours génie sensoriel, ce sont mes passions pour la science et le sport qui m'ont amenée à orienter mes stages et la fin de mon parcours universitaire dans le domaine de la biomécanique et de la R&D sur l'équipement sportif. Dans le cadre de ma thèse, j'étudie les vibrations musculaires en course à pied, et de façon plus spécifique, l'influence de l'amorti et de la fatigue neuromusculaire sur celles-ci.

**Mathilde Mura** : Après une licence ergonomie du sport à Chambéry, je suis partie réaliser un master prépa physique option recherche à Lyon, puis un M2 en physio cardiovasculaire, toujours à Lyon. Je suis en toute fin de thèse dans l'équipe ATPA à Lyon (Rockefeller). Vincent Pialoux et Antoine Millon sont mes directeurs de thèse. Je travaille sur les effets de l'activité physique sur l'instabilité de la plaque d'athérome carotidienne. J'enseigne la physiologie de l'exercice en L1 et la physio-athlé en L2 STAPS.

**Angèle Métais** : Bonjour ! Je suis Angèle, la plus vieille maintenant (enfin je crois...) des doctorantes de l'équipe MP3 à Lyon sous la direction de Christian Collet et d'Arnaud Saimpont. Je suis originaire de l'ouest, plus précisément de Poitiers, et j'y ai réalisé tout mon cursus universitaire. J'ai pour l'habitude de dire que je suis un produit 100% STAPSIEN ! J'ai obtenu une licence APAS puis un Master IRHPM (Ingénierie de la Rééducation, du Handicap et de la Performance Motrice). Mon expatriation sur Lyon a été guidée par mon choix de suivre une thématique qui me tient à cœur, le vieillissement. En effet, mon travail de thèse porte principalement sur l'effet de l'imagerie motrice et de la stimulation transcrânienne à courant continu sur l'apprentissage moteur chez les personnes âgées. En tant qu'ACE puis maintenant ATER, j'enseigne en neurosciences, en biomécanique et en PPP.

**Hervé Di Domenico** : Originaire de l'Ouest, j'ai commencé STAPS à l'IFEPSA à Angers. J'ai rapidement migré sur Chambéry, principalement pour le cadre de vie et j'y suis resté : licence entraînement escalade, master ingénierie/ergonomie/recherche puis dépôt d'un dossier de thèse à l'Agence Innovation Défense. Cette thèse a débuté en mars 2020, elle vise à optimiser la condition physique, les capacités cognitives et la santé des militaires lors des premières semaines de déploiement en opération extérieure, comprendre la fatigue associée et utiliser des stratégies d'entraînement en altitude et de pré-acclimatation à la chaleur. En collaboration avec l'université de Brighton, je partage mon temps entre l'équipe Fatigue and Exercises de l'Environmental Extremes Lab et l'équipe PAF du LIBM. Pour finir, coté enseignements, un peu de neuro, de l'altitude, de la théorie escalade et de l'encadrement recherche.

## -En quelques lignes, présentez votre équipe et dites-nous pourquoi elle est la meilleure (ou pas 😊) ?

**Sofia :** Notre équipe est très variée, on est beaucoup avec une formation en biologie moléculaire mais il y a aussi des médecins, techniciens et étudiants en stage. Notre équipe est fondée sur la collaboration, le soutien au quotidien et quelques bières en dehors du labo !

**Marie-Caroline :** J'appartiens à l'équipe PAF, qui s'intéresse principalement à la fatigue, à la physiologie musculaire et à la fonction neuromusculaire. Pourquoi la meilleure ? Car les journées Team Building axées sport et convivialité sont vraiment sympas 😊

**Mathilde :** L'équipe ATPA cherche à caractériser les effets de l'activité physique sur les maladies vasculaires (et chroniques en général). J'aime mon équipe car le travail est pluridisciplinaire. Le matin avec le patient, l'après-midi à la paillasse, les compétences développées dans l'équipe sont diverses et variées !

Avec Vincent, nous avons entraîné la team en ski de fond, elle doit très clairement être la meilleure sur ce plan 😊

**Angèle :** MP3 est une équipe riche d'individus singuliers qui ont le pouvoir de l'imagination ! Nous sommes forcément les meilleurs parce qu'on maximise vos performances en IMAGINANT ! Quoi de mieux que d'étudier le cerveau, organe flexible et évolutif qui fait de vous des êtres pensants, d'explorer la relation cerveau-comportement, cette interdépendance complexe entre le mental et le corporel.



**Hervé :** Oula, présenter une équipe dont on fait seulement humblement partie en tant que doctorant ... Laurent ou d'autres le feraient beaucoup mieux que moi. Essayons quand même. De mon point de vue, l'équipe PAF s'intéresse à l'aptitude physique et la fatigue, aiguë ou chronique, chez des sujets sains, âgés ou pathologiques, par des méthodologies allant de la biologie du muscle à la modélisation en passant par la physiologie et neurophysiologie. Sa constitution est assez hétéroclite en termes de formations initiales : des universitaires, des hospitaliers, des deux ; et de postes : ingénieur, ATER, médecin, doctorant, M2R, professeur, kiné, MC, post-doctorant (ordre randomisé, n'y voyez aucun classement 😊). Ne connaissant pas de près les autres équipes je ne pourrais dire si c'est la meilleure mais ce qui est sûr c'est que c'est une grosse équipe (disons  $50 \pm 5$  membres pour minimiser les risques d'erreur), multicentrique et pluridisciplinaire, avec des membres d'origines sportives et culturelles différentes et un directeur bienveillant qui s'efforce de la dynamiser et créer des moments de cohésion, qui lorsqu'ils ont lieu reflètent la richesse de l'équipe PAF.

## -Vous êtes en dernière année de thèse, comment appréhendez-vous cette dernière ligne droite ?

**Sofia :** Il y a sûrement des moments de difficulté, mais quand on regarde le travail derrière nous et ce que on a réussi à faire, ça nous donne la motivation pour continuer ce parcours jusqu'à la fin.

**Marie-Caroline :** Je finis ma thèse fin avril 2023. Pour l'instant, je vis cette dernière ligne droite plutôt sereinement, avec un rétroplanning assez clair et précis (après, je ne dirai peut-être pas ça en février...)

**Mathilde :** On ne lâche rien ! La dernière ligne droite, c'est le sprint final de la Transju, dernière accélération après 70km d'endurance !

**Angèle :** Remplie de motivation, toujours avec le sourire, avec une pointe d'excitation et de frissons en plus ! Et avancer malgré parfois ce brouillard cérébral et ce tourbillon du quotidien de chercheur. Puis c'est gratifiant de faire quelques pas en arrière pour voir le travail réalisé dans sa totalité.

**Hervé :** Avec excitation. J'ai commencé à écrire stress au lieu d'excitation, mais les mots sont importants, c'est de l'excitation plus que du stress (pour le moment du moins). Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas un peu d'appréhension par moment, cela serait mentir, ce n'est pas un exercice évident mais c'est stimulant.

## -Quelles ont été les difficultés, les joies... etc. pendant votre thèse ?

**Sofia :** La difficulté principale et en même temps la chose qui m'a fait grandir le plus c'était de s'adapter à vivre et travailler dans un autre pays dans le cadre d'un travail très particulier comme celui-ci d'une thèse.

**Marie-Caroline** : La principale frustration a été la coupure COVID, 6 mois après le début de thèse, au moment où les tests pilotes étaient bouclés et la principale manip' de thèse prête à être lancée... Quelques difficultés techniques rencontrées avec des capteurs et un tapis de course (qui auront peut-être fait prendre quelques cheveux blancs à Jérèm... 😊), mais il faut savoir relativiser, c'est le lot d'un peu tout projet !

Les joies, sur le plan professionnel, je dirai l'acceptation de notre revue narrative avec Robin Trama (ancien doctorant côté LIBM lyonnais) après de multiples refus. Les moments forts du labo (soutenances de thèse, arrivées de nouvelles têtes) et l'opportunité de présenter / d'avoir des retours très positifs sur nos travaux lors des congrès. J'ajouterai aussi les moments festifs et conviviaux hors-labo (sorties resto, trail & vélo).

**Mathilde** : Difficile de revenir sur mes années de thèse sans penser au décès de Camille. Moment le plus difficile et encore douloureux, je suis aujourd'hui fière d'avoir pu mener ses manip's à bien (avec l'aide de Laurie et Mathis !). Les joies du quotidien, l'équipe solidaire et attentive aux uns et aux autres sont autant de petites pierres qui ont forgé les meilleurs moments de ma thèse, merci à tous 😊

**Angèle** : Thèse et difficultés, indéniablement oui. Mais je crois que j'ai cette capacité, même dans la plus abîmée des journées, de préserver la bonne humeur...sauver une journée avec un article nouvellement lu, une idée joliment trouvée, un café, une pause, une discussion partagée. Donc thèse et joies, incontestablement oui !



**Hervé** : Il faut tout lister ? Impossible ... Des difficultés il y en a eu évidemment, liées à de la casse matérielle, au traitement de données, à la barrière de la langue au début en Angleterre, au recrutement de sujets, à des deadlines rapprochés, à des journées de 24h qui ne peuvent s'étendre, etc. Mais heureusement des joies il y en a eu aussi, liées à des concrétisations, des résultats excitants, du dépassement de soi, des messages bienveillants / encourageants, etc. En somme, un classique «rollercoaster PhD» !

Mais ce qui fait pencher la balance du côté où j'y retournerai sans hésiter, c'est cette ambiance de travail avec les collègues qui font de chaque pause-café (ou tea-break), apéro (ou beer-time), et activité extra-pro, des bons moments qui donnent envie de continuer.

### **-De quoi êtes-vous le plus fier pendant ces 3 années ?**

**Sofia** : Je suis fière du fait d'avoir acquis beaucoup de connaissances et d'avoir développé un esprit plutôt critique, d'avoir participé à beaucoup de congrès et d'avoir collaboré avec des autres équipes en France et en Europe.

**Marie-Caroline** : D'avoir rencontré puis étudié la course à pied d'environ 180 coureuses et coureurs sur mes 2 études de thèse !

**Mathilde** : Je suis extrêmement fière de la réalisation du projet PACAPH (étude principale de ma thèse). Ce projet est né il y a environ 5 ans, sous l'impulsion de Vincent et d'Antoine. Ils m'ont donné beaucoup d'autonomie dans sa réalisation, et je suis extrêmement heureuse de pouvoir aujourd'hui présenter ces résultats dans ma thèse, en congrès international, ...

**Angèle** : De TOUT ! Il faut savoir être fière du moindre avancement. Mais je dirai que la publication d'articles, et surtout du premier, est toujours une satisfaction professionnelle et l'accomplissement de jolis travaux d'équipe.

**Hervé** : Étrangement ce dont je suis le plus fier n'est pas uniquement lié à la thèse. Je dirai que c'est d'avoir réussi (du moins pour le moment) à combiner 3 projets qui me tenaient à cœur : une thèse, un livre d'entraînement et la codirection de Chambéry Escalade.

### **-En quelques mots, quel est votre pire défaut et votre principale qualité au travail**

**Sofia** : Pire défaut, un peu pessimiste parfois ! Principale qualité je crois le fait que même dans les moments de difficulté je ne quitte pas.

**Marie-Caroline** : Au travail (et dans la vie en général), je dirais dynamisme, rigueur et persévérance.

Mon défaut, vouloir tout contrôler sans arriver à lâcher-prise et parfois, mon manque de patience.

**Mathilde** : Je suis très têtue, je vous laisserai juger du caractère positif ou négatif de ce trait de personnalité ! Demandez à Vincent, il saura peut-être vous répondre !

**Angèle** : A l'ère du numérique, mon pire défaut est la communication digitale, la « e-communication », avec une aversion pour le tout numérique. Et ma principale qualité, je dirai la rigueur et l'envie de toujours apprendre.

**Hervé** : En pires défauts, perdre du temps sur des détails sans importance et essayer de mener trop de choses de front. En principales qualités, l'intelligence sociale et l'organisation, permettant de mener plusieurs choses de front.



### **-Et en dehors du travail comment vous décrivez vous ?**

**Sofia** : Hyperactive je crois ! je fais du sport mais de la musique aussi, je m'intéresse à différentes choses.

**Marie-Caroline** : Une lève-tôt, une cycliste aux multiples profils (du mode épouvantail avec gilet jaune et vélo de ville à un peu plus de classe niveau tenue et vélo, pour le VTT et la route) et une passionnée de sports outdoor (nage en eau libre, trail, ski de fond et randonnée) pratiqués en famille et entre amis.

**Mathilde** : J'aime les sports de pleine nature, vous avez très peu de chances de me trouver à la maison le week-end, je suis ce que ma famille appelle « un pigeon voyageur ». A pied, à vélo, en grim pant, très souvent en skiant, j'aime parcourir nos magnifiques montagnes !

**Angèle** : Stapsienne un jour stapsienne toujours ! Le sport fait partie intégrante de mon quotidien et de mon équilibre. Aquatique, j'ai fait pendant plus de 15 ans du sauvetage sportif, une discipline qui se pratique en piscine, dans notre jargon « l'eau plate », et en mer « le côtier », et qui sous-tend de nombreuses valeurs que je porte. Emervillée et passionnée par l'océan, je suis bien plus à l'aise dans l'eau sous son état liquide que sur son état solide, malgré les tentatives des amoureux de la montagne de me convaincre ! Puis, terrestre, puisque depuis quelques années je fais aussi de la course à pied, et j'ai d'ailleurs réalisé mon tout premier marathon durant ma thèse. Pourquoi ce nécessaire équilibre.... Entre autre, parce que « Courir plus pour manger plus » est une devise que j'ai emprunté à Poitiers Runiversity et que j'applique largement ! Puisque partager des repas entre amis et avec ma famille est mon autre point vital de stabilité.



**Hervé** : En sport, j'aime ceux outdoor et j'essaye de toucher à tout, escalade bien sûr mais aussi ski de rando, de fond, snow, wake, surf, moto, vtt, parachute, plongée, airboard, canyoning, etc. Mon dir anglais me qualifie d'« adrenaline addict », disons que j'aime me sentir vivant.

En amitié, j'accorde de l'importance à ce qu'on puisse compter sur moi, n'importe quand, n'importe où, pour n'importe quoi (si c'est justifié bien sûr).