

Apprentissage supervisé de la sollicitation dynamique d'un tapis de gymnastique à partir d'une mesure de son déplacement

Discipline(s) scientifique(s) concernée(s)

2	Sciences du sport
1	Informatique
	Electronique
3	Sciences des données et Statistique
	Sciences de la Vie
	Sciences Humaines et Sociales

Titre du projet : Apprentissage supervisé de la sollicitation dynamique d'un tapis de gymnastique à partir d'une mesure de son déplacement.

Acronyme du projet : DYNGYM

Direction du stage et structure d'accueil

Directeur ou Directrice de stage :

NOM et Prénom	Charles Pontonnier, Diane Haering
E-mail	charles.pontonnier@irisa.fr diane.haering@univ-rennes2.fr
Unité de recherche	UMR 6074 IRISA, EA 1074 M2S

Structure d'accueil :

Unité de recherche, département, service	UMR 6074 IRISA, Equipe de recherche MIMETIC
Directeur ou de la Directrice de l'unité de recherche, du département, service	Franck Multon
Adresse du lieu du stage	ENS Rennes, Avenue Robert Schuman, Campus de Ker Lann, 35170 BRUZ Cédex

Description du projet d'étude

Résumé du projet

Chez les sportifs, les troubles musculo-squelettiques semblent être principalement causés par des contraintes mécaniques dépassant les capacités physiologiques des athlètes [1]. En gymnastique, une grande partie de ces contraintes mécaniques peut être caractérisée par l'interaction entre un.e gymnaste et un tapis de réception et les propriétés mécaniques de ce dernier peuvent directement influencer le risque de blessures [2].

Dans le cadre de la thèse StratéGym, un des axes vise à développer un outil de quantification de ces interactions en milieu écologique. Pour cela, la mesure du mouvement par des outils embarqués couplée à un modèle de sollicitation du tapis en fonction de sa réponse en mouvement est envisagée. Dans la littérature, des modèles ont été développés pour prédire le comportement de tapis lors de réceptions de sauts [4,5]. Toutefois ces modèles sont paramétrés d'après le tapis utilisé dans l'étude et ne sont pas représentatifs de la diversité de mousse, d'épaisseur, de couverture, usure...etc des tapis présents dans une salle de gymnastique. Leur réponse dynamique n'est valable que dans la direction verticale. Ils restent par ailleurs développés sur des échantillons de tapis de petite taille, peu représentatifs des tapis réels et leur caractérisation ne peut pas être exploitée hors du laboratoire. L'objectif de ce projet de master sera donc de développer et valider une méthode d'apprentissage d'un modèle de sollicitation de tapis de gymnastique à partir de son mouvement qui pourrait être utilisée dans une salle de gymnastique pour estimer lors des réceptions les forces de réaction au sol. Ce modèle sera appris à partir de données expérimentales permettant de reconstruire ensuite la sollicitation complète à l'origine de la déformation du tapis. La méthode aura pour objectif de se baser sur des mesures réduites (centrales inertielles en particulier) facilement déployables en gymnase.

- [1] Edwards, W. B. (2018). Modeling overuse injuries in sport as a mechanical fatigue phenomenon. *Exercise and sport sciences reviews*, 46(4), 224-231.

- [2] Xiao, X., Xiao, W., Li, X., Wan, B., & Shan, G. (2017). The influence of landing mat composition on ankle injury risk during a gymnastic landing: a biomechanical quantification. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 19(1).

- [3] Mills, C., Pain, M. T., & Yeadon, M. R. (2006). Modeling a viscoelastic gymnastics landing mat during impact. *Journal of applied biomechanics*, 22(2), 103-111.

- [4] Yeadon, M. R., & Nigg, B. M. (1988). A method for the assessment of area-elastic surfaces. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(4), 403-407.

- [5] Crolan, R., Haering, D., Pucheu, S., Ménard, M., & Pontonnier, C. (2022). Characterization of the energy dissipation of a landing mat for the study of landing strategies in artistic gymnastics. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*.

Nature du travail à effectuer par l'étudiant

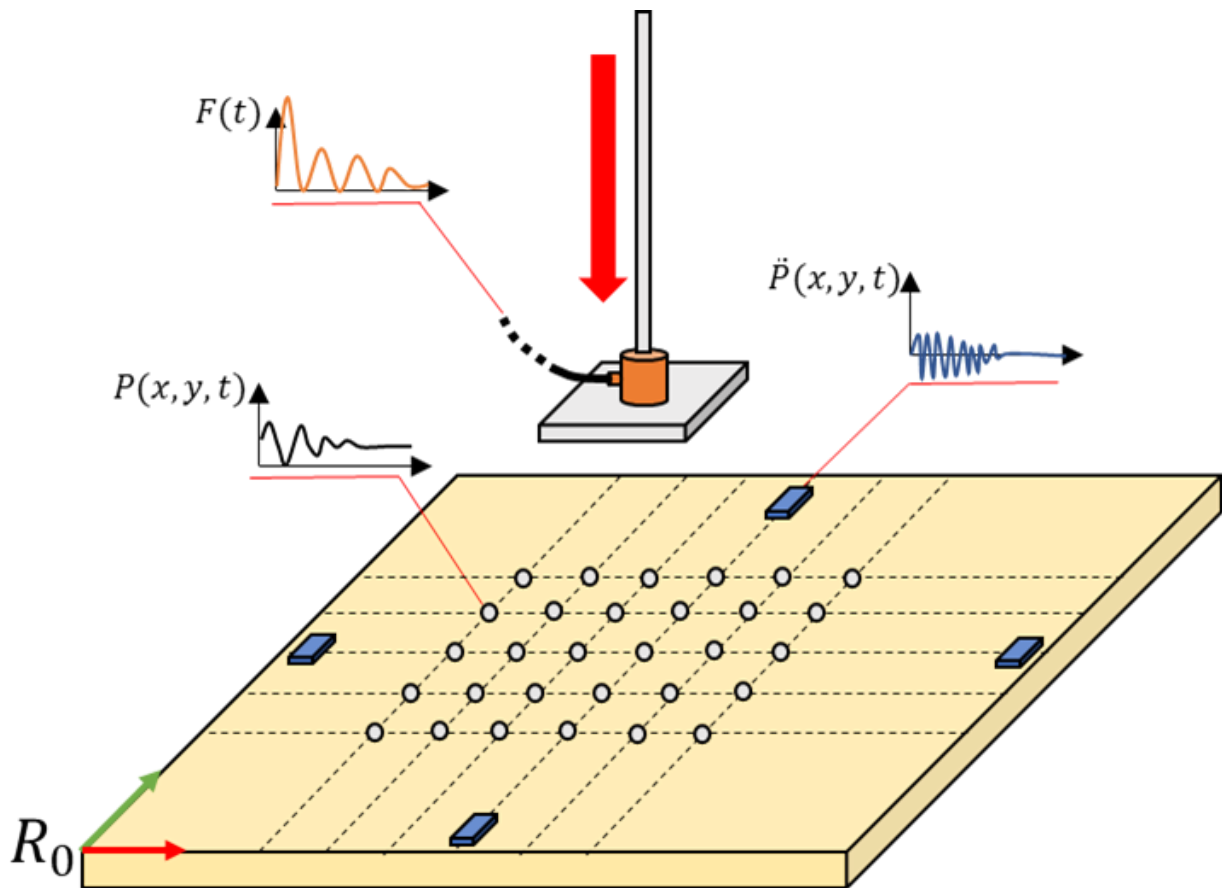


Figure 1: Dispositif expérimental de caractérisation de la réponse dynamique d'un tapis de gymnastique. Le dispositif de frappe vient heurter le tapis et est équipé d'un capteur d'efforts permettant de récupérer la force d'impact complète (6 composantes). Les marqueurs opto-électroniques permettent de monitorer la position de la surface du tapis tandis que les 4 IMUs (en bleu) permettent de monitorer l'accélération à la surface du tapis.

L'étudiant recruté sur le projet aura pour charge de réaliser une étude expérimentale caractérisant le déplacement dynamique du tapis pour une sollicitation contrôlée, à différentes échelles d'études.

Dans un premier temps, l'étudiant aura la charge de mettre en place un dispositif expérimental de frappe de tapis pour en étudier la réponse dynamique. Cette étude reprendra nos travaux précédents sur le sujet [5] et cherchera à mesurer la réponse en position et en accélération à la surface du tapis pour différents niveaux d'impact contrôlés à l'aide d'un impacteur instrumenté (voir figure 1). Afin de trouver le meilleur compromis instrumentation/réponse, une étude paramétrique faisant varier i) la position de l'impact sur le tapis et son intensité ii) le nombre d'IMUs (Inertial measurement units) iii) la position des IMUs sera réalisée. Le dispositif d'impact contrôlé et

instrumenté existant déjà, il est surtout question ici de définir et mettre en œuvre un protocole pertinent pour l'étude envisagée.

Dans un second temps, l'étudiant mettra en œuvre une méthode d'apprentissage dite "inverse" permettant de reconstruire dans le temps la sollicitation F ainsi que son point d'application en regard de l'accélération vue par les IMUs. La piste envisagée ici est d'exploiter un apprentissage supervisé avec un réseau de neurones récurrent. Nous privilégierons une architecture type Long Short-Term Memory avec une ou plusieurs couches denses pour conditionner la réponse, même si ce genre d'outils pourra être plus largement exploré pour trouver la meilleure solution possible. Par exemple, exploiter des couches de convolution pour reconstruire l'onde de surface pourrait être une piste originale de recherche également. L'usage des positions repérées par les capteurs opto-électroniques est envisagé pour faciliter l'apprentissage ou compléter ce dernier si jamais cela s'avère nécessaire.

En parallèle et en complément de ce travail, une caractérisation mécanique statique et dynamique sur un cube isolé de tapis sera réalisée en collaboration avec l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (en supplément de ce stage) à Lorient (Université Bretagne Sud) pour obtenir un modèle mécanique petite échelle du tapis. Ce dernier sera également exploité pour améliorer l'apprentissage du modèle en intégrant des informations modèles dans le réseau si ce dernier n'arrive pas au niveau de performance souhaité. Cette collaboration se fera avec Laurent Mahéo, membre de l'équipe Structures, Fluides et Interactions et professeur des universités aux écoles de Saint-Cyr Coëtquidan.

A l'issue du travail réalisé par l'étudiant, nous devrions avoir un modèle de la sollicitation du tapis en fonction de sa réponse en mouvement et ainsi pouvoir permettre l'analyse in situ de réceptions de gym en pouvant quantifier les forces d'impact à partir de moyens de mesure limités (IMUs de milieu de gamme).

Inscription du projet dans l'EUR DIGISPORT

Ce projet s'inscrit en parallèle du travail de thèse de Rebecca Crolan, qui est financée par digisport. Rebecca s'intéresse à la "Prédiction de la charge lombaire lors des atterrissages en gymnastique pour la prévention et le suivi des blessures des athlètes". Dans ce cadre, nous cherchons globalement à comprendre l'interaction entre l'athlète et le tapis et à distinguer ce qui relève dans la réception de la technique du/de la gymnaste et du matériel pour pouvoir estimer la charge lombaire et sa soutenabilité dans le temps dans un objectif de prévention des blessures. Ainsi, comprendre la relation entre la vibration à la surface du tapis et la force d'impact permet de remonter à cette dernière et l'exploiter pour estimer les chargements internes liés à la réception pour la gymnaste. C'est un point fondamental car lever ce verrou scientifique ouvre une perspective d'usage très importante et facilement transportable en gymnase. La thèse et ce stage font déjà l'objet d'une collaboration entre deux laboratoires digisport (M2S et IRISA). L'ajout d'une compétence autour de la mécanique des matériaux avec l'IRDLD à Lorient ouvre une perspective de collaboration intéressante dans le cadre de l'étude des matériels sportifs.

Durée du stage et période envisagée

Durée (min 4 mois – max 6 mois)	5 mois
---------------------------------	--------

Si projet avec partenaire socio-économique et académique (dupliquer les blocs autant que nécessaire)

Nom de la structure partenaire	IRDL (UMR 6027)
Nom du responsable dans structure partenaire	Laurent Mahéo
Localisation de la structure partenaire	Lorient (UBS)
Temps envisagé dans la structure partenaire	2 semaines (plusieurs séjours courts)

Signature

Date et signature du directeur ou de la directrice de stage

Le 26/09/2022

Charles Pontonnier

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'C. Pontonnier', with a stylized, cursive script.

Diane Haering

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Diane Haering', with a stylized, cursive script.