

Proposition de sujet de Stage Recherche 2025-2026

Titre : Identification de modèles fractionnaires pour améliorer la modélisation de la consommation d'oxygène pendant l'exercice

Lieu du stage : Laboratoire d'Automatique et d'Informatique pour les Systèmes (LIAS)

Encadrants : Benoît HUARD, Thierry POINOT

Mots clés : Identification, Modèle d'ordre non entier, Estimation paramétrique, Méthode à erreur de sortie, Algorithme de Levenberg-Marquardt

Sujet :

Ce sujet de Master est financé dans le cadre du projet UP² « Découplage de la Phosphorylation Oxydative : Expérimentation animale et Modélisation ». Il s'agit d'étudier la réponse du métabolisme aérobie (consommation d'oxygène) pendant l'effort afin de mieux comprendre les mécanismes de conversion d'énergie chez l'Homme.

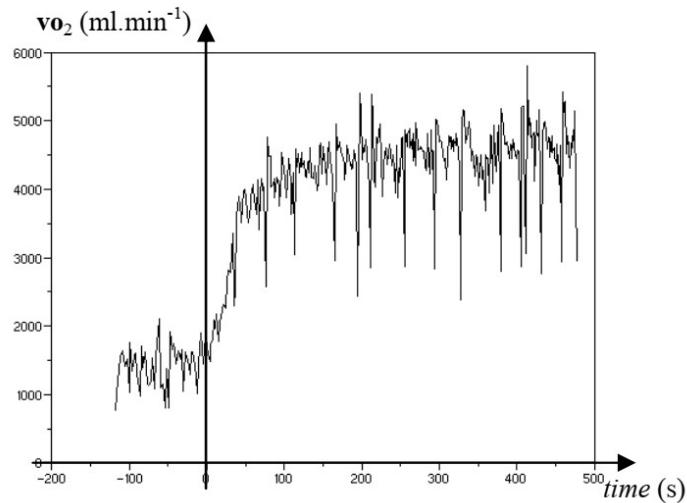
L'amélioration de la connaissance du métabolisme aérobie, peut être réalisée *via* une modélisation de la consommation d'oxygène (VO₂) pendant l'exercice. La plupart des modèles utilisés pour décrire la consommation d'oxygène sont soit des systèmes du premier ordre, lorsque l'effort est modéré, soit une somme de systèmes du premier ordre lorsque celui-ci est plus intensif. Une expression générique des modèles utilisés peut s'écrire :

$$\dot{V}O_2(t) = A_0 + \sum_{k=1}^3 A_k \left(1 - e^{-(t-t_k)/\tau_k}\right) U(t - t_k)$$

où :

- A_0 est la composante continue (consommation d'oxygène au repos) ;
- k est le nombre de systèmes du premier ordre choisi pour modéliser l'effort ;
- A_k et τ_k le gain et la constante de temps de chaque système du premier ordre ;
- U est un échelon unité retardée de t_k .

Une difficulté supplémentaire vient du fait que les mesures effectuées pour caractériser la consommation d'oxygène peuvent être fortement bruitées. Un exemple de courbe est donné ci-dessous :



Les modèles ainsi identifiés ne donnent pas totalement satisfaction et ne permettent pas toujours d'expliquer parfaitement les phénomènes observés en pratique. Pour contribuer à l'amélioration de ces modèles, l'utilisation de modèles d'ordre non entier (également appelés fractionnaires) semble être intéressante. Dans ce domaine, le LIAS a développé des modèles fractionnaires qui offrent l'avantage d'être parcimonieux, avec une bonne précision et un coût calculatoire relativement faible. Il conviendra donc dans ce stage, d'adapter la modélisation fractionnaire à ce cas applicatif.

L'objectif de ce travail est d'abord de se familiariser avec la simulation et l'identification des systèmes fractionnaires, exprimés dans le domaine temporel. Ensuite, il conviendra de réaliser l'identification des signaux expérimentaux fournis. Une comparaison des modèles fractionnaires obtenus avec les modèles classiquement utilisés pour la consommation d'oxygène sera nécessaire pour quantifier l'apport des modèles d'ordre non entier.

Le candidat ou la candidate devra posséder de bonnes connaissances en identification des systèmes et en traitement du signal. Une bonne maîtrise de l'algorithmie et de Matlab® est également impérative.

Renseignements et dossiers de candidatures (CV et lettre de motivation) :

Benoît Huard (benoit.huard@univ-poitiers.fr)