

UNIVERSITÉ DE NANTES

UFR DES SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES

LABORATOIRE MOTRICITÉ, INTERACTIONS, PERFORMANCE (EA 4334)

## THESE

En vue de l'obtention du grade de

**Docteur de l'Université de Nantes**

**École doctorale** : Cognition, Education, Interactions

**Discipline** : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

**Spécialité** : Physiologie / Biomécanique

---

# Etude des coordinations musculaires par l'extraction des synergies

**Application au geste d'aviron**

---

Présentée et soutenue publiquement par

**Nicolas A. Turpin**

Devant le jury composé de :

### Rapporteurs

Nicola MAFFIULETTI	Maître de conférences, HDR	Schulthess Clinic, Zurich, Suisse
Jean Yves HOGREL	Chercheur, HDR	Institut de Myologie, Paris

### Examineurs

Guillaume MILLET	Professeur des Universités	Université de Saint-Etienne
Denis MOTTET	Professeur des Universités	Université de Montpellier 1
Floren COLLOUD	Maître de Conférences	Université de Poitiers

### Directeurs

Arnaud GUEVEL	Professeur des Universités	Université de Nantes
François HUG	Maître de Conférences, HDR	Université de Nantes
Sylvain DURAND	Maître de Conférences	Université du Maine

## Résumé

L'objet principal de ce travail de thèse a été d'étudier les coordinations musculaires lors du geste d'aviron et d'évaluer l'effet de l'expertise, de la puissance et de la fatigue sur celles-ci. Nous nous sommes aussi intéressés de manière plus fondamentale à l'hypothèse de l'utilisation des synergies musculaires pour le contrôle des coordinations musculaires. Les synergies musculaires sont définies ici comme l'activation simultanée d'un groupe de muscles contrôlés comme une unité, les vecteurs des synergies (ou simplement les synergies) vont être définis comme la distribution des activations aux différents muscles, et les coefficients d'activation des synergies vont représenter la modulation de l'activité de ces synergies dans le temps.

Nous avons montré que les coordinations musculaires en aviron sont construites autour d'un nombre limité de synergies (i.e., 3). Les synergies extraites sont robustes dans le temps (testés à plusieurs semaines d'intervalle) et spécifiques au sujet i.e., les mesures de similarité sont toujours plus grandes pour un même sujet testé 2 fois qu'entre deux sujets différents. Les synergies extraites sont similaires entre les deux populations testées i.e., entraînés *versus* non entraînés. Cependant, chez les rameurs entraînés, l'une des synergies identifiées montre des couplages plus importants entre les muscles du haut et du bas du corps. L'activité des synergies observées est modulée de manière similaire lors du cycle d'aviron entre les deux populations, entraînés et non-entraînés, bien qu'une variabilité interindividuelle plus importante soit observée chez les novices. Les synergies extraites ne sont pas modifiées par la puissance ou la fatigue. En effet, ces contraintes induisent des adaptations qui s'opèrent davantage sur les niveaux d'activité que sur l'organisation spatio-temporelle des activations (coefficients d'activation et vecteurs des synergies).

Ce travail de thèse nous permet de conclure que les synergies sont un mode d'organisation des activations musculaires vraisemblables, et qu'elles permettent d'expliquer la structure des coordinations musculaires en aviron. L'entraînement conduit probablement davantage à des modifications de la mécanique musculaire et des paramètres énergétiques plutôt qu'à une réorganisation des coordinations musculaires utilisées « intuitivement » par les sujets non-entraînés.

### **Publications acceptées**

**Turpin NA**, Guével A, Durand S, Hug F. Effect of power output on muscle coordination during rowing. *Eur J Appl Physiol*. 2011. (sous presse)

**Turpin NA**, Guével A, Durand S, Hug F. Fatigue-related adaptations in muscle coordination during a cyclic exercise in humans. *J Exp Biol*. 2011. 214(Pt 19): 3305-14

**Turpin NA**, Guével A, Durand S, Hug F. No evidence of expertise-related changes in muscle synergies during rowing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011. (21): 1030-1040

Hug F, **Turpin NA**, Couturier A, Dorel S. Consistency of muscle synergies during pedaling across different mechanical constraints. *J Neurophysiol*. 2011. 106(1): 91-103

Hug F, **Turpin NA**, Guével A, Dorel S. Is interindividual variability of EMG patterns in trained cyclists related to different muscle synergies? *J Appl Physiol*. 2010. 108(6): 1727-36

### **Publication soumise**

Hug F, **Turpin NA**, Dorel S, Guével A. (soumis) Smoothing of electromyographic signal can influence the number of extracted muscle synergies. *J Biomech*.

### **Communications dans des congrès internationaux**

Hug F, **Turpin NA**, Guével A, Dorel S. (2010) Is interindividual variability of EMG patterns in trained cyclists related to different muscle synergies? *Congrès de l'ISEK – Aalborg*.

**Turpin NA**, Guével A, Dossat A, Durand S, Hug F. (2010) Recognition of Muscle Functional Organization in Rowing by Synergy Identification. *XXXV-ième congrès de la société de biomécanique*. Communication orale.

**Turpin N.A**, Guével A, Durand S, Hug F. (2011) Muscle coordination changes during an exhaustive exercise in trained rowers. *ISB 2011*. Communication orale.

### **Logiciel Synemg – MIP**

Dans le cadre de ce travail de thèse, un logiciel de traitement des données EMG écrit sous Matlab® a été conçu. Le logiciel **Synemg V1.0.0** est un logiciel de traitement des signaux

électromyographiques (EMG) destiné à la recherche expérimentale dans le domaine de la neurophysiologie du mouvement. Ce logiciel possède des interfaces graphiques permettant de traiter les signaux EMG et de sélectionner visuellement les fenêtres temporelles de données utiles, d'extraire les synergies musculaires à partir de plusieurs algorithmes issus de la littérature scientifique concernée et d'analyser les synergies musculaires (calculs de variance notamment).

Ce logiciel **Synemg V1.0.0** fait actuellement l'objet d'une déclaration de propriété intellectuelle auprès de l'INPI.