



ETUDE DE LA SYNCHRONISATION EN AVIRON

P. DENIS, J. GOUIN, S. HASCOËT, M. LEVY, J. MIRONE – ECOLE POLYTECHNIQUE

Contexte

L'aviron est un sport nautique, qui se pratique seul ou en équipe. Sa particularité ? Il nécessite beaucoup de technique, de précision, et surtout de **synchronisation** entre les rameurs. En effet, la coordination entre les rameurs joue à la fois sur la stabilité du bateau et sur l'efficacité d'un coup de rame, et donc influe sur la performance générale de l'équipage.



Hugo Boucheron et Mattieu Androdis, champions du monde 2018

Mais comment détecter des défauts de synchronisation entre les rameurs ? **Pour des équipages de haut niveau, ces défauts deviennent en effet imperceptibles à l'œil nu.** En collaboration avec la Fédération Française d'Aviron, nous avons alors tenté de répondre à la question suivante :

Comment mesurer quantitativement la synchronisation entre rameurs en aviron ?

Cette réponse s'est articulée autour de trois objectifs principaux :

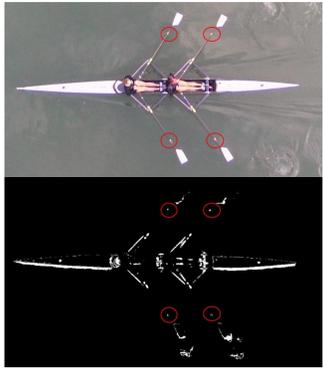
- Fournir un **logiciel** permettant de mesurer la synchronisation des rameurs à partir d'une vidéo
- Définir un **coefficient de synchronisation**, permettant de lier synchronisation et performance
- Etudier l'**analyse par champ vectoriel** comme outil visuel de mesure de la synchronisation

Le logiciel Aviron²⁰²⁴

L'objectif du logiciel Aviron²⁰²⁴ est de repérer à tout instant la position des rames dans le référentiel du bateau. Dans ce but, nous avons opté pour un **traitement colorimétrique** de vidéos obtenues par drone.

Comment cette méthode fonctionne-t-elle ?

1. Poser des **patches de couleur vive** sur la coque et les rames
2. Filmer l'entraînement par drone
3. Filtrer la vidéo : seuls les pixels de la couleur des patches seront retenus
4. Suivre la position des patches de la coque, des rames, ainsi que la position des dames de nage au cours du temps
5. Calculer l'angle de chaque rame, à chaque instant



Avant et après filtrage colorimétrique

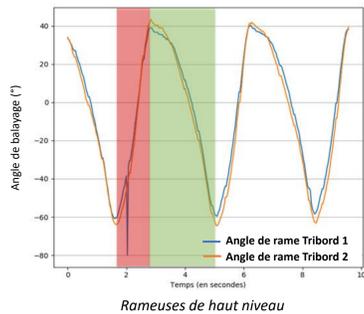
Campagnes de mesures et résultats



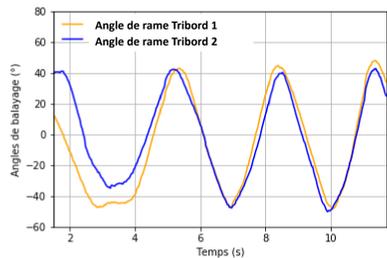
Afin de vérifier le fonctionnement de notre logiciel et obtenir nos premiers résultats, nous avons successivement mené plusieurs campagnes de mesures :

1. Avec deux rameuses de l'équipe de France, Margaux Bailleul et Violaine Aernoudts (photo à gauche)
2. Avec deux élèves du groupe, qui pratiquent l'aviron en amateur

Le traitement logiciel des vidéos des entraînements nous a permis d'obtenir les courbes ci-dessous :



Rameuses de haut niveau



Elèves amateurs

On a représenté ici les angles de rame tribord des deux rameurs en fonction du temps.

Ces courbes permettent d'accéder à plusieurs grandeurs caractéristiques du mouvement :

- La **cadence** des rameurs, c'est-à-dire la durée d'un cycle
- Le ratio entre phase de **propulsion** (en rouge) et phase de **glisse** (en vert)
- Les **amplitudes maximales** des deux rameurs
- Les **déphasages** éventuels : on voit ici que les courbes ne sont pas exactement superposées.

Suite à ces premiers résultats, plusieurs questions se posent :

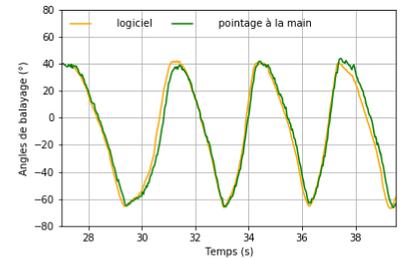
1. **Quelle est l'incertitude sur nos mesures ? Comment réduire les sources d'erreur sur celles-ci ?**
2. **Comment quantifier la synchronisation des rameurs à partir de ces courbes ?**

Incertitudes

- **Quelle est l'incertitude sur nos mesures ?** Pour connaître la réponse, deux pistes ont été explorées :
 1. Comparer nos résultats à ceux obtenus avec des **capteurs mécaniques**
 2. Comparer nos résultats à du **pointage vidéo**

	Durée d'un coup de pelle	Amplitude avant	Amplitude arrière
Capteurs mécaniques	3.4 s	- 63.4°	44.1°
Logiciel Aviron ²⁰²⁴	3.2 s	-61.3°	41.3°

Comparaison avec les mesures de capteurs mécaniques, pour deux entraînements différents : nos mesures sont cohérentes en termes d'ordre de grandeur.



- **Quelles sont les sources d'erreur sur nos mesures ?**

Erreur colorimétrique

- Mauvais tracking
- Fluctuations du barycentre des patches

Distorsion liée à la caméra

- Distorsion des longueurs
- Distorsion des angles

- **Conclusion**

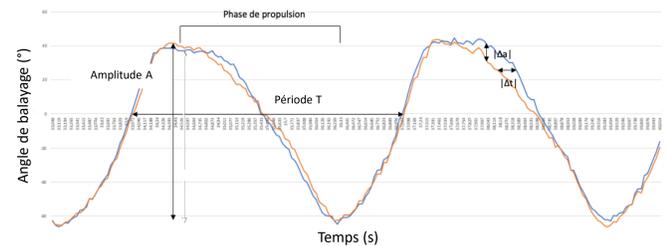
Erreur moyenne sur la mesure des angles (1°)

≈ Ecart angulaire moyen entre deux rameurs professionnels (3°)

Les incertitudes sont encore trop élevées pour permettre des mesures précises de synchronisation chez des rameurs de haut niveau.

Coefficient de synchronisation

Comment quantifier la synchronisation des rameurs à partir des courbes obtenues ?



On peut proposer plusieurs grandeurs pour évaluer la synchronisation :

- l'**écart angulaire** sur un cycle de rame $\frac{\Delta \text{angle}}{A}$
- le **déphasage temporel** des deux rameurs $\frac{\Delta t_{\text{angle}=0}}{T}$
- la **différence d'amplitude** du mouvement des deux rameurs $\frac{\Delta A}{A}$

D'où le coefficient de synchronisation global :

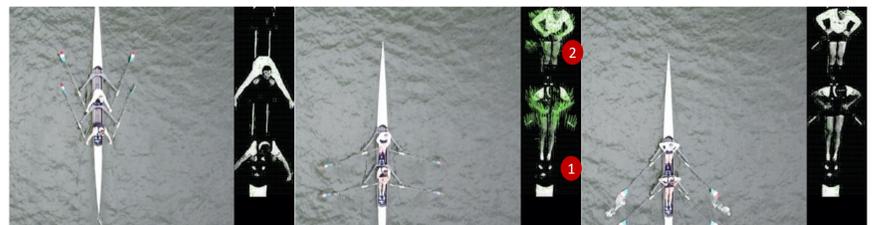
$$K = 100 \times \left(\frac{\Delta \text{angle}}{A} + \frac{\Delta t_{\text{angle}=0}}{T} + \frac{\Delta A}{A} \right)$$

Plus le coefficient est faible, plus la synchronisation entre les rameurs est optimale.

Coefficient	Elèves amateurs	Rameuses de haut niveau
K	12.5	4.9

Analyse par champ vectoriel

- **L'analyse par champ vectoriel, qu'est-ce que c'est ?** C'est une technique qui permet de visualiser le champ des vitesses sur une zone donnée.
- **Quel est son intérêt ?** Elle permet de visualiser le déplacement des différents membres des athlètes, et offre donc un second point de vue sur la synchronisation des rameurs. Elle n'est pas utilisable en temps réel, mais permet d'analyser les entraînements a posteriori.
- **Comment la coder ?** Sous MatLab, avec le module PivLab, en ayant auparavant stabilisé les vidéos.
- **Un exemple ?**



Position	Analyse
Avant	Les vitesses de déplacement sont nulles : temps de pause pour repartir dans l'autre sens.
Demi-coullisse	Phase de propulsion maximale. Le rameur 1 a une vitesse de propulsion supérieure à celle du rameur 2 : ce dernier ramène ses bras trop tard et pousse moins fort sur le cale-pied.
Arrière	Les vitesses de déplacement sont nulles : temps de pause pour repartir dans l'autre sens.