

Offre de Thèse

Sujet : Analyse biomécanique *in situ* et reconstruction 3D holistique (athlète-matériel-environnement) pour l'optimisation de la performance en voile de compétition.

Financement : GDR CNRS (Campagne 2026)

Contexte scientifique

En voile de compétition, particulièrement sur des supports à foil (Kitefoil, planche à voile IQfoil), la performance repose sur un équilibre instable. La posture de l'athlète détermine directement le "couple de rappel" et l'assiette du flotteur, éléments cruciaux pour maximiser le chargement aérodynamique et la vitesse. Évaluer ces postures en situation réelle est un enjeu majeur pour optimiser le matériel et nourrir les modèles de prédiction de vitesse (VPP).

Cependant, le milieu maritime est hostile (eau, embruns, luminosité variable, vastes espaces). Les méthodes traditionnelles d'analyse biomécanique (marqueurs optoélectroniques type Vicon ou capteurs inertiels intrusifs) y sont inopérantes ou faussent la performance. Ce projet propose donc de développer une approche par vision par ordinateur sans marqueurs (*markerless*) à partir de vidéos embarquées ou de drones, pour analyser la cinématique du sportif dans son environnement naturel.

Encadrement

La thèse sera co-encadrée par une équipe pluridisciplinaire:

- Pierre HELLIER, Université de Rennes (Vision par ordinateur, machine learning)
- Charles PONTONNIER, ENS Rennes (biomécanique, modèles musculosquelettique)
- Benoit AUGIER, Ifremer, directeur scientifique fédération de voile (aérodynamique, hydrodynamique)

Présentation des laboratoires d'accueil

Le/la doctorant(e) évoluera au carrefour de plusieurs environnements de recherche d'excellence et sera intégré(e) à **l'équipe Inria ComBO**, commune aux laboratoires **IRISA** (UMR 6074) et **M2S** (EA 7470). Cette équipe est spécialisée dans l'analyse de l'interaction humain-environnement en conditions réelles (analyse du mouvement, vision par ordinateur, biomécanique).

Le projet se fera en étroite collaboration avec :

- **L'Ifremer (Laboratoire LHYMAR, Brest)** : Apportant une expertise de pointe en hydrodynamique marine, modélisation des efforts, et instrumentation embarquée.
- **La Fédération Française de Voile (FFVoile)** : Garantissant un accès privilégié aux athlètes de haut niveau (Pôle France), aux entraîneurs, et aux infrastructures d'entraînement. Le/la candidat(e) aura accès à des moyens de calcul intensif (GPU à l'IRISA) et à des plateformes expérimentales de pointe (salle de capture *Immermove*, instrumentation Ifremer).

Verrous technologiques

Le défi principal réside dans la capacité à extraire des données cinématiques précises et un Centre de Masse fiable à partir de flux vidéo monoculaires ou un faible nombre de caméras mobiles, tout en garantissant la cohérence physique de la scène. Les axes de recherche aborderont les verrous suivants :

- **Reconstruction 3D holistique (Multimodale)** : Dépasser l'estimation de pose de l'humain isolé pour modéliser l'interaction conjointe entre l'athlète et son matériel (planche, voile, harnais) en s'appuyant sur des contraintes géométriques rigides du matériel.
- **Cohérence anthropométrique stricte** : Intégrer des contraintes biomécaniques fortes (scans 3D des athlètes, mesures réelles) pour dépasser les approximations des modèles génériques (type SMPL) et obtenir une répartition des masses précise.
- **Robustesse aux conditions *In the wild*** : Adapter les modèles d'état de l'art (YOLO, Sapiens, RTMPose) aux occultations sévères (embruns, gréement) et aux caméras en mouvement, en exploitant les réseaux de neurones récents (VisionTransformers type Dust3r/Manst3r) pour calibrer dynamiquement l'espace (SLAM visuel).
- **Couplage Biomécanique / Hydrodynamique** : Intégrer les données de posture et de Centre de Masse dans les solveurs d'équilibre physique pour estimer les efforts aérodynamiques et prédire la vitesse.

Compétences attendues

- **Formation** : Master 2 ou diplôme d'ingénieur en Informatique, Mathématiques appliquées, Vision par ordinateur ou Biomécanique.
- **Compétences techniques** :
 - Excellente maîtrise de la programmation (Python).
 - Solides connaissances en *Deep Learning* (PyTorch, frameworks de vision) et en traitement d'images / vision 3D.
 - Des bases en biomécanique ou en modélisation physique seraient un atout majeur.
- **Savoir-être** : Goût pour le travail en équipe pluridisciplinaire (informaticiens, physiciens, entraîneurs sportifs), autonomie, et intérêt prononcé pour le milieu du sport de haut niveau (et idéalement la voile).

Modalités de candidature

Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur dossier de candidature comprenant : un Curriculum Vitae détaillé, une lettre de motivation explicitant l'adéquation du profil avec le sujet, les relevés de notes de Master (M1 et M2) ou d'école d'ingénieur, et une ou plusieurs lettres de recommandation, ou contacts de référents.

Processus de soumission :

Les candidatures doivent être envoyées par email à l'adresse pierre.hellier@inria.fr