

Proposition de thèse de doctorat

Optimisation de la stratégie de saut d'un perchiste

Rémi Carmigniani*

Sébastien Brisard†

Une thèse de doctorat est proposée par le laboratoire d'hydraulique Saint-Venant et le laboratoire Navier, en collaboration avec la Fédération Française d'Athlétisme, avec les mots-clés suivants : mécanique, saut à la perche, physique du sport, vision par ordinateur, apprentissage par ordinateur. **Ce projet débutera en octobre 2023.**

Contexte

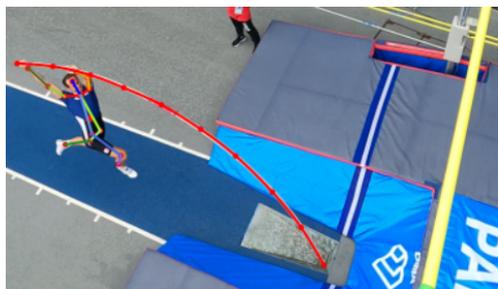
Pour un perchiste, une place sur le podium des Jeux Olympiques se joue systématiquement à quelques centimètres et tous les paramètres du saut doivent être optimisés afin de maximiser les chances de médailles.

Dans la perspective des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024, le projet national SCIENCES²⁰²⁴ est un projet collectif dont le but est de mettre les sciences fondamentales (mécanique, physique, mathématiques) au service du sport de haut niveau pour la résolution de problèmes identifiés avec les sportifs et leurs cadres. C'est dans ce cadre que nous proposons une thèse sur l'optimisation des diverses phases d'un saut à la perche.

Descriptif du sujet

Il est possible de retracer les origines du saut à la perche à la Grèce Antique. Des perches rigides étaient alors utilisées pour traverser des cours d'eau. Il s'agissait alors en réalité d'une activité de saut en longueur plus que de saut en hauteur. Le saut à la perche moderne a débuté dans les années 1800 ; c'est une discipline olympique dès les premiers Jeux modernes de 1896.

Malgré de récents records du monde (Armand Duplantis a établi le dernier record du monde le 25 février 2022 à 6,22 m), les records stagnent (le précédent record, détenu également par Duplantis, était de 6,21 m) et peu de sauteurs ont franchi la barre des 6,10 m.



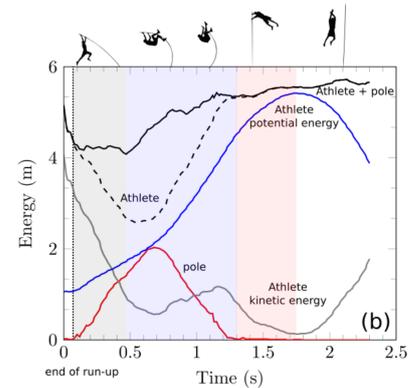
Cette thèse a pour objectif de répondre aux questions suivantes : comment atteindre de telles hauteurs ? Quelles sont les caractéristiques d'un bon saut ? Comment optimiser le saut d'un athlète ?

Dans cette perspective, nous avons mis en place une méthode de capture tridimensionnelle du mouvement du sauteur qui est à la fois polyvalente et peu intrusive, basée sur des acquisitions vidéo par deux caméras synchrones et des techniques de vision par ordinateur (voir figure ci-contre).

*Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant, Ecole des Ponts, EDF R&D, Chatou, France, e-mail: remi.carmigniani@enpc.fr

†Univ Gustave Eiffel, Ecole des Ponts, CNRS, Navier, F-77454 Marne-la-Vallée, France, e-mail: sebastien.brisard@univ-eiffel.fr

Cette approche nous a ainsi permis de déterminer les échanges énergétiques entre le perchiste et sa perche. Dans cette approche, la perche peut être vue comme un capteur, puisque c'est sa déformée qui nous permet de quantifier l'énergie élastique (voir Quentin et coll., *Energies and forces during pole vault flight*, 2022, <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-03703748> et figure ci-contre). Mais la caractérisation de ce capteur manque pour l'instant de précision.



Si les industriels fournissent en effet des estimations des raideurs en flexion de leurs perches (essais de flexion 3 points), aucune information n'est disponible quant à la *répartition* de la raideur le long de la perche. Nos expériences indiquent clairement que cette répartition n'est *pas uniforme*, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur la quantification du saut. En effet, sur la figure ci-contre, on observe que la déformée d'une perche soumise à deux forces à ses extrémités (pas de moments) n'est pas symétrique.

Une caractérisation en laboratoire des perches des sauteurs est difficilement envisageable. En effet, les sauteurs sont en général réticents à les prêter, redoutant tout endommagement. On souhaite caractériser les perches *in-situ* et même *in operando* (pendant le saut), afin que les conditions de l'essai soient aussi proches que possible des conditions réelles du saut (ce qui n'est pas le cas des essais pratiqués par les industriels).

Ainsi, la première partie de la thèse aura pour but de développer une méthode de caractérisation des perches de sauts s'appuyant uniquement sur des données de saut, en situation écologique. Cette technique pourra être élaborée et validée sur des perches de compétition mises à la retraite et mises à notre disposition par la Fédération Française d'Athlétisme.

La technique de caractérisation ainsi développée pourra notamment servir au suivi de l'usure d'une perche et de prévenir les risques de rupture en cours de saut. Un tel événement peut en effet être traumatisant pour les sauteurs et même décourager de jeunes talents.

Selon l'appétence du candidat, on pourra également d'étudier plus finement l'embout de la perche dans lequel une importante quantité d'énergie est dissipée au moment du planté.

Une fois la perche caractérisée, il s'agira d'étudier la dynamique du saut à partir de captures vidéos. Dans un premier temps, on déterminera les efforts d'interaction entre le perchiste et sa perche. Des données ainsi extraites, on identifiera les différents paramètres et phases d'un saut constituant les verrous de la performance.

Cette phase d'analyse de sauts réels permettra de nourrir un modèle mécanique le sauteur et sa perche. A l'aide de ce modèle, on étudiera l'influence des divers paramètres identifiés précédemment, en vue de proposer d'éventuelles améliorations à la stratégie de saut.

Partenaires du projet

- Rémi Carmigniani (Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant, remi.carmigniani@enpc.fr) : co-encadrant
- Sébastien Brisard (Laboratoire Navier, sebastien.brisard@univ-eiffel.fr) : directeur de thèse
- Hugo Maciejewski (réfèrent scientifique de la Fédération Française d'Athlétisme) : partenaire sportif
- Sébastien Homo (réfèrent spécialités sauts de la Fédération Française d'Athlétisme) : partenaire sportif

Profil du candidat : Master 2 de recherche ou équivalent en mécanique ou physique, avec si possible un expérience de recherche expérimentale en laboratoire. Bonne maîtrise de l'anglais.

Candidatures : adresser à R. Carmigniani et S. Brisard : CV, lettre de motivation, deux lettres de recommandation et relevé de notes du Master.