



**Ingénierie des Fluides
Systèmes Énergétiques**



**Muséum
national
d'Histoire
naturelle**

Sujet de Stage de fin d'étude
Master Recherche (M2) ou école d'ingénieur
6 mois / Année 2026 / co-dirigé par le LIFSE et le MNHN

Unité et équipe d'accueil principale

Arts et Métiers – Institute of Technology
Laboratory of Fluids Engineering and Energy Systems (LIFSE)
151 Boulevard de l'hôpital 75013 PARIS
<https://lifse.artsetmetiers.fr>

Unité secondaire

Muséum National d'Histoire Naturelle
UMR 7207 - Centre de Recherche en Paléontologie-Paris - CNRS/MNHN/SU
8 rue Buffon 75005 CP38 PARIS
<https://paleo.mnhn.fr/fr>

Responsables du stage

Michael PEREIRA (Maître de Conférences aux Arts et Métiers / laboratoire LIFSE),
michael.pereira@ensam.eu
Séverine Toussaint (Chargée de Recherche CNRS / MNHN), severine.toussaint@mnhn.fr
Mathieu SPECKLIN (Maître de Conférences au CNAM / laboratoire LIFSE),
mathieu.specklin@lecnam.net

Titre du stage

**Modélisation de l'influence aérodynamique des poils de la queue dans le
mouvement chez le mammifère arboricole**

Résumé du projet et rôle du stagiaire

La queue, ou appendice caudal, constitue un membre à part entière chez de nombreuses espèces de mammifères qui l'utilisent notamment pour se stabiliser pendant la locomotion ([1,2]. Elle correspond au prolongement de la colonne vertébrale et est constituée de vertèbres plus ou moins mobiles, de muscles intervertébraux qui permettent des mouvements dans les plans sagittal et transversal, et de peau et poils qui la recouvrent. La fourrure de la queue varie beaucoup en taille et en épaisseur selon les espèces de mammifères, mais elle est particulièrement allongée relativement à la taille du corps de l'animal chez les espèces arboricoles (*i.e.* qui vivent dans les arbres,[3]). Dans une précédente étude, nous avons décrit et reproduit expérimentalement l'utilisation de l'effet gyroscopique de la queue dans le mécanisme de stabilisation après une chute chez l'écureuil commun, suggérant l'importance de ce mécanisme dans l'évolution des adaptations arboricoles chez les mammifères [4]. Cependant, un aspect encore jamais pris en compte dans l'étude de la biomécanique de la queue concerne l'effet potentiel des poils, qui pourrait conférer des propriétés aérodynamiques spécifiques, ayant contribué au succès évolutif de l'adaptation arboricole chez les mammifères.

L'objectif de ce stage est de créer un modèle dynamique d'une queue touffue en faisant varier différents paramètres anatomiques (taille de la queue, épaisseur et densité des poils) et de caractériser

l'impact aérodynamique de ces paramètres. Pour cela, une étude bibliographique sera nécessaire dans un premier temps, afin de poser un premier modèle physique.

Par la suite, pour atteindre l'objectif du stage, nous nous baserons sur une approche double :

Premièrement, une étude de cas, à partir de simulations numériques, viendra compléter les recherches bibliographiques. On s'intéressera en particulier à comment modéliser l'influence des propriétés des poils à l'échelle mésoscopique (densité, longueur, raideur, anisotropie, etc.) sur les grandeurs physiques macroscopiques (trainée, portance). Pour mener à bien cette étude, une prise main approfondie d'un logiciel de CFD (Computational Fluid Dynamics) sera nécessaire afin de mettre en place la modélisation proposée ci-dessus. Le but sera ensuite de valider la simulation numérique et le modèle physique en le confrontant avec les mesures expérimentales.

Deuxièmement, une étude expérimentale sera menée au sein de la soufflerie aérodynamique du laboratoire LIFSE. Un premier prototype de maquette sera réalisé (le procédé de fabrication reste à déterminer), afin de le tester face au vent dans la soufflerie (en modifiant la vitesse du vent et l'angle d'incidence). L'idée sera de développer le banc d'essais avec les moyens de métrologie adaptés, afin de mesurer différentes grandeurs physiques, notamment les forces aérodynamiques (portance, trainée). Trois configurations devront être considérées : sans queue, avec queue lisse et avec queue poilue. Selon l'avancée des résultats, on pourra ensuite s'intéresser à la texture du pelage : densité et longueur des poils, afin d'en quantifier les effets. Pour cela, il est prévu d'obtenir des vraies queues de spécimen par le Muséum, issues de la taxidermie.

In fine, cette étude permettra d'explorer pour la première fois la fonction de la queue touffue chez les mammifères avec une approche interdisciplinaire, ce qui ouvrira des perspectives dans les domaines de la biomécanique, de l'évolution et du biomimétisme.

Ce projet de recherche pourrait aboutir sur une thèse.

Compétences acquises à l'issue du stage

- Expertise sur la modélisation aérodynamique
- Prise en main des logiciels CFD
- Techniques de mesures expérimentales
- Connaissances théoriques en biologie évolutive et biomécanique.
- Rigueur de la démarche scientifique, approche hypothético-déductive, rédaction d'un rapport et si les résultats le permettent d'un article scientifique.

Profil recherché

Un.e étudiant.e en cours de Master 2 Recherche de physique ingénierie, orienté biomécanique ou mécanique des fluides, ayant une appétence pour la biologie, physique du vivant et le biomimétisme.

Références

- [1] Young, J. W., Russo, G. A., Fellmann, C. D., Thatikunta, M. A. & Chadwell, B. A. Tail function during arboreal quadrupedalism in squirrel monkeys (*Saimiri boliviensis*) and tamarins (*Saguinus oedipus*). *J Exp Zool A Ecol Genet Physiol* 323, 556–566 (2015).
- [2] Patel, A., Boje, E., Fisher, C., Louis, L. & Lane, E. Quasi-steady state aerodynamics of the cheetah tail. *Biol Open* 5, 1072–1076 (2016).
- [3] Mincer, S. T. & Russo, G. A. Substrate use drives the macroevolution of mammalian tail length diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287, (2020).
- [4] Fukushima, T. *et al.* Inertial Tail Effects during Righting of Squirrels in Unexpected Falls: From Behavior to Robotics. *Integr Comp Biol* 61, 589–602 (2021).