

## Stage de Master

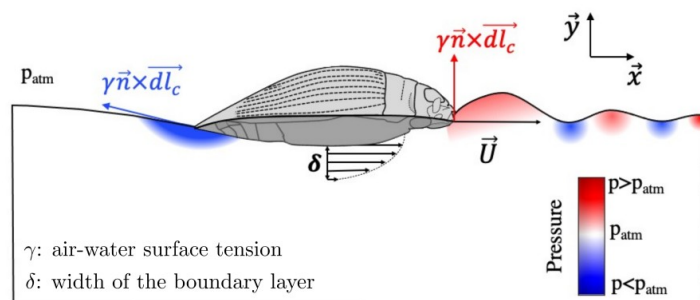
### ÉCOLOGIE PHYSIQUE A L'INTERFACE EAU-AIR

#### *Analyse d'image et modélisation pour caractériser la locomotion de coléoptères semi-aquatiques*

#### Contexte

Les gyrins (*Coleoptera Gyrinidae*) sont des insectes de quelques millimètres de long vivant seuls ou en groupe, la plupart du temps à la surface des étangs ou des cours d'eau. Ils sont considérés comme des excellents nageurs et leur capacité à nager rapidement est la clé de leur survie. Lors de leur nage à l'interface entre l'air et l'eau, ils sont soumis à deux forces distinctes, la force de trainée dans l'eau et la force de résistance de vague, provenant de l'émission d'une onde de surface sur leur proue.

Nous avons élaboré un modèle analytique qui fait le bilan des traînées visqueuses et de la résistance de vague auxquelles ils sont confrontés, et qui compare ces forces de résistance à leur capacité de poussée. Ce modèle, appliqué à des nageurs de différentes tailles se mouvant à différentes vitesses fait apparaître une plage de taille optimale pour nager à la surface de l'eau. Cette taille optimale semble expliquer la concentration des différentes espèces de gyrins autour d'une taille médiane de 6,25 mm. La taille de ces coléoptères apparaît donc fortement contrainte par les lois de la mécanique des fluides régissant la locomotion et l'adaptation à l'interface eau-air [1]. L'analyse des déplacements du gyрин et la modélisation des écoulements interfaciaux générés par de tels insectes est donc essentiels pour comprendre leur adaptation et leur évolution.



#### Objectifs du stage

Ce stage comportera deux volets. Le premier consistant en l'étude de la dynamique de déplacement de ces insectes, par l'analyse de vidéos, déjà produites, de trajectoires de gyrins par des méthodes d'apprentissage profond (langage python, package [deeplabcut](#)). Le second portera sur l'analyse des hypothèses sous-jacentes à la modélisation et à l'évaluation expérimentale des écoulements générés par le gyрин. Ce second volet se concentrera sur l'un ou plusieurs des points suivants selon l'intérêt de la-e candidat-e :

- Analyse des effets du non-glissement de l'eau sur la face inférieure du corps du gyрин, en particulier sur la génération des ondes de surface. Ces effets seront caractérisés par des

simulations numériques de dynamique des fluides (CFD, comsol) 2D de modèles avec et sans contact [1, 2]. Pourront aussi être étudiés, l'influence de la morphologie de l'objet solide approximant le gyрин sur le champ de pression généré dans l'eau et sur la résistance de vague, ainsi que le rôle de la tension de surface sur l'application de cette force.

- Extension de telles simulations 2D au cas 3D (plus réaliste) en faisant appel aux ressources du centre de calcul à distance [CaSciModOT](#).

- Étude de l'impact du champ de vue limité et de son obstruction au niveau du gyрин sur la mesure de la résistance de vague du gyрин par imagerie Schlieren [3] à l'aide d'une modélisation simplifiée de la déformation de la surface générées [2]. Ce point pourra s'accompagner du développement d'une telle mesure expérimentale [4, 5] en complément si la.e candidat.e a aussi un intérêt pour l'expérimentale.

## Références

- [1] JAMI, Ludovic, GUSTAFSON, Grey T., STEINMANN, Thomas, *et al.* Overcoming Drag at the Water-Air Interface Constrains Body Size in Whirligig Beetles. *Fluids*, 2021, vol. 6, no 7, p. 249.
- [2] RAPHAËL, Elie et DE GENNES, P.-G. Capillary gravity waves caused by a moving disturbance: wave resistance. *Physical Review E*, 1996, vol. 53, no 4, p. 3448.
- [3] WILDEMAN, Sander. Real-time quantitative Schlieren imaging by fast Fourier demodulation of a checkered backdrop. *Experiments in Fluids*, 2018, vol. 59, no 6, p. 1-13.
- [4] STEINMANN, Thomas, CRIBELLIER, Antoine, et CASAS, Jérôme. Singularity of the water strider propulsion mechanisms. *Journal of Fluid Mechanics*, 2021, vol. 915.
- [5] STEINMANN, Thomas, ARUTKIN, Maxence, COCHARD, Précillia, *et al.* Unsteady wave pattern generation by water striders. *Journal of Fluid Mechanics*, 2018, vol. 848, p. 370-387.

## Profil souhaité

Nous recherchons pour ce stage un.e étudiant.e de master de formation de physique ou d'ingénieur avec des compétences en mécanique des fluides. Une connaissance à minima basique d'un langage de programmation (python, matlab) est requise. L'étudiant acquerra un savoir en analyse d'image, en simulation numérique (CFD) et en calcul scientifique. Il bénéficiera d'un environnement interdisciplinaire unique mêlant biologistes et physiciens théoriques et expérimentaux au sein de l'équipe [INOV](#) consacrée à l'étude de l'interaction des insectes avec leur environnement.

## Conditions d'accueil

Durée : 5 mois

Période : rétribution usuelle de stage en temps plein (env. 570 EUR / mois). 4 mois assurés, financements complémentaires recherchés. Aucune poursuite en thèse n'est envisagée à l'issue de ce stage.

L'étudiant.e sera encadré.e par une équipe de quatre biologistes et physiciens et sera encadré.e au quotidien par [Ludovic Jami](#). Pour candidater, veuillez envoyer un CV, une lettre de motivation, les relevés de notes universitaires et le nom, tel et adresse e-mail de trois référents simultanément aux adresses mails ci-dessous.

Prof. CASAS Jérôme

Dr. STEINMANN Thomas

[jerome.casas@univ-tours.fr](mailto:jerome.casas@univ-tours.fr)

Dr. PINEIRUA Miguel  
[miguel.pineirua@univ-tours.fr](mailto:miguel.pineirua@univ-tours.fr)

[steinmann@univ-tours.fr](mailto:steinmann@univ-tours.fr)

Mr. JAMI Ludovic (réfèrent principal)  
[jami@univ-tours.fr](mailto:jami@univ-tours.fr)

Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI)  
UMR CNRS 7261 – Université de Tours  
Faculté des sciences et Techniques  
Avenue Monge, Parc Grandmont , 37200 Tours  
FRANCE