



## Offre de stage de Master 2 Recherche

**Titre :** *Approche computationnelle pour la synchronisation d'horloges circadiennes*

**Durée :** 5 à 6 mois entre février et septembre 2025

**Possibilité de poursuite en thèse :** Oui

**Lieu du stage :** Laboratoire I3S, Sophia Antipolis

**Mots clés :** modélisation, Systèmes multi-agents, logique formelle

L'objectif de ce stage est de contribuer à la conception d'une approche computationnelle hybride pour modéliser la complexité des rythmes circadiens (cycle de 24 heures) en biologie des systèmes. Pour ce faire, il s'agit de combiner un formalisme discret ([1]) pour les aspects de régulation biologique, et les équations différentielles lorsqu'une modélisation plus précise (continue) est nécessaire. Tandis que les approches hybrides actuelles utilisent généralement des équations différentielles ordinaires comme liant entre les formalismes ([2]), l'approche développée dans le cadre de ce stage repose sur les Systèmes Multi-agents ([3]) permettant la communication entre les différents formalismes de manière adaptative.

Un système multi-agents est constitué de plusieurs agents logiciels qui interagissent dans un environnement partagé pour atteindre des objectifs communs. Leur puissance réside dans leur capacité à simuler l'interaction de différents processus asynchrones. Cela permet de formuler des hypothèses locales sur les processus impliqués et d'observer leur impact global sur le système.

Les rythmes circadiens sont régis par une horloge interne. On s'intéressera à la désynchronisation de cette horloge, qui peut être due à des perturbations dans le rythme de vie (décalage horaire chronique, travail de nuit, etc.). Cette désynchronisation peut entraîner divers risques pour la santé, ainsi qu'une diminution de l'efficacité des traitements médicamenteux.

Les travaux seront menés dans le cadre d'un projet de recherche multidisciplinaire et collaboratif impliquant des biologistes du laboratoire IBV et des informaticiens du laboratoire I3S de l'université Côte d'Azur.

### Connaissances attendues :

- Logique formelle
- IA symbolique

### Outils et langages :

- Java, Python
- Plateforme multi-agents JADE <https://jade.tilab.com/>

### Encadrement :

- Nadia Abchiche, associate professor, I3S UMR 7271 CNRS – université Côte d'Azur
- Gilles Bernot, professor, I3S UMR 7271 CNRS – université Côte d'Azur

- Jean-Paul Comet, professor, I3S UMR 7271 CNRS – université Côte d’Azur
- Franck Delaunay, professor, iBV, Université Côte d’Azur, CNRS 7277, Inserm 1091

**Contact :**

{nadia.abchiche, gilles.bernot, jean-paul.comet, franck.delaunay}@univ-cotedazur.fr

**Bibliographie**

[1] Thomas, R. (1973). "Boolean formalization of genetic control circuits." *Journal of Theoretical Biology*, **42**(3), 563-585.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022519373902476>

[2] Fei Liu, Monika Heiner, David Gilbert, Hybrid modelling of biological systems: current progress and future prospects, *Briefings in Bioinformatics*, Volume 23, Issue 3, May 2022, bbac081.

<https://doi.org/10.1093/bib/bbac081>

[3] Dorri, Ali, Salil S. Kanhere and Raja Jurdak. "Multi-Agent Systems: A Survey." *IEEE Access* 6 (2018): 28573-28593. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8352646>