

FICHE DE POSTE

Apprenti chercheur – Apprentie chercheuse en Sciences du Numérique

STRUCTURE D'ACCUEIL DE L'APPRENTI.E	
Nom du laboratoire d'accueil	i3S
Nom de l'équipe de recherche d'accueil	SPARKS
Prénom et Nom du maitre ou de la maitresse d'apprentissage	Jean Martinet
E-mail de contact du maitre ou de la maitresse d'apprentissage	jean.martinet@univ-cotedazur.fr
Localisation géographique de l'équipe de recherche d'accueil et du bureau de l'apprenti.e	Algorithmes Euclide B

ENCADREMENT DE L'APPRENTI.E
<p>L'apprenti.e sera intégré.e à une équipe de recherche constituée du maitre d'apprentissage (Professeur), de 5 doctorants et d'un chercheur postdoctoral. L'apprenti sera suivi de manière hebdomadaire par le maitre d'apprentissage et participera aux réunions des projets de l'équipe. Il sera amené à interagir avec les doctorants, ainsi qu'avec les autres membres du laboratoire. Une collaboration est prévue avec l'équipe Biovision du Centre Inria d'Université Côte d'Azur concernant l'anticipation rétinienne, ainsi qu'avec des chercheurs de l'IMSE (Instituto de Microelectrónica de Sevilla) pour envisager une implémentation matérielle des algorithmes développés.</p> <p>Le maitre d'apprentissage a une bonne connaissance des contenus du Master informatique, et intervient dans les enseignements de cette formation.</p>
SUJET DE RECHERCHE (1 page maximum)
<p>Title: Retinal anticipation and predictive processing for event-based vision</p> <p>Summary: The apprenticeship project will investigate how anticipation can emerge from local interactions in event-driven sensor data, without explicit motion estimation or frame reconstruction, and how such mechanisms relate to the broader framework of predictive processing in neuroscience. The main objective is to design, model, and validate anticipation mechanisms for event-based vision systems inspired by biological retinal processing, and to establish links with predictive coding. This project sits at the intersection of event-based vision, computational neuroscience, and neuromorphic engineering. It aims to bridge low-level biological inspiration with high-level theories of</p>

predictive processing.

State of the art: The project is grounded on two mechanisms observed in biology. On one side, biological retinas exhibit anticipation capabilities that allow neural responses to predict the future position of moving stimuli, compensating for neural processing delays [Souihel et al. 2021]. On the other side, predictive coding is a prominent theory of brain function that was introduced by [Rao and Ballard 1999]. This framework considers that the brain forms an internal model of the world. The concrete idea behind predictive coding is that, using this internal model, deeper neurons send out “top-down predictions” to earlier layers to cancel out information that has already been predicted. This way, only a residual “prediction error” is transmitted in the hierarchy, to update the brain’s internal model. **Retinal anticipation** can be seen as a local, implicit, feedforward form of prediction, whereas **predictive coding** is a global, hierarchical framework for prediction error minimization. Both mechanisms target latency reduction by compensating delays.

Scientific challenges: The work will address the following research questions:

(1) Computational principles: how do retinal mechanisms (gain control, lateral connectivity, direction selectivity) produce anticipation, and how can they be interpreted as implicit predictive processes within a dynamical systems framework? To what extent do these mechanisms approximate predictive coding without explicit error representations?

(2) Event-based anticipation models: can anticipation emerge from local, asynchronous interactions in event streams without explicit motion estimation or frame reconstruction, and how do such models compare to predictive coding architectures that rely on explicit prediction-error loops?

(3) Bridging anticipation and predictive coding: how can retinal-inspired models be extended toward predictive coding formulations, for instance by introducing local prediction errors or hierarchical structures? Conversely, can predictive coding be simplified into local, event-driven mechanisms compatible with neuromorphic constraints?

(4) Performance and metrics: how can anticipation and prediction be jointly quantified in event-based vision (e.g., prediction horizon, latency reduction, prediction error, robustness), and what are the trade-offs between implicit (retinal-like) and explicit (predictive coding) approaches?

The developed models will be evaluated on tasks such as motion prediction, tracking, collision avoidance, and visual servoing using standard event-based datasets and real robotic platforms. A central objective is to quantify anticipation in terms of latency reduction, prediction horizon, and energy efficiency, and compare retinal-inspired implicit prediction mechanisms with explicit predictive coding approaches.

Expected contributions include novel algorithms for anticipatory event-based perception, and a formal connection between retinal computation and predictive coding. This work may lead to publications in major venues in neuromorphic vision and machine learning and contribute to a deeper understanding of how prediction can emerge from efficient, event-driven computation.

[Souihel et al. 2021] S. Souihel, B. Cessac, “On the potential role of lateral connectivity in retinal anticipation”, *Journal of Mathematical Neuroscience*, BioMed Central, 11, (10.1186/s13408-020-00101-z). 2021.

[Rao and Ballard 1999] R. P. Rao and D. H. Ballard, “Predictive coding in the visual cortex: A functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects,” *Nature neuroscience*, vol. 2, no. 1, pp. 79–87, 1999.

ACTIVITES CONFIEES A L'APPRENTI.E

L'apprenti chercheur- apprentie chercheuse approfondira les savoirs et savoir-faire suivants :

- Comprendre le contexte de la recherche scientifique dans divers domaines disciplinaires (vision par ordinateur, informatique neuromorphique, neurosciences computationnelles), méthodologie scientifique et interactions entre la science et la société. Éthique de la recherche scientifique.
- Acquérir des connaissances sur le sujet scientifique visé par le projet, analyser l'état de l'art, compiler une bibliographie, publier des résultats scientifiques, faire face à l'évaluation du travail scientifique par des pairs et présenter l'activité scientifique à un public spécialisé.
- Planification, réalisation et analyse d'expériences scientifiques.
- Environnement scientifique, collaborations et interaction entre les institutions académiques et l'industrie.

COMPETENCES REQUISES POUR REALISER LES ACTIVITES

Pour mener à bien cette mission d'alternance de recherche, il sera nécessaire de disposer des compétences suivantes :

- Compétences en vision par ordinateur et intelligence artificielle (Machine Learning)
- Connaissance de Python
- Capacité d'analyse et de proposition.
- Organisation, capacité de travailler d'équipe, bonne communication écrite et orale en Français et en Anglais.

PERSPECTIVES APRES LA PERIODE D'APPRENTISSAGE

Ce poste d'apprenti chercheur – apprentie chercheuse a vocation à préparer le candidat ou la candidate à une éventuelle poursuite en doctorat.

Le travail de recherche qui sera mené pendant le contrat d'apprentissage pourra donner lieu à des publications scientifiques, où l'apprenti.e pourra être co-auteur dans la perspective d'une thèse.