

## Offre de thèse

Calcul neuromorphique pour l'exploration et la catégorisation robuste d'environnement visuel et multimodal dans les systèmes embarqués.

### Sujet

Tandis que la quête pour des systèmes de calcul toujours plus puissants se confronte à des contraintes matérielles de plus en plus fortes, des avancées majeures en termes d'efficacité de calcul sont supposées bénéficier d'approches non conventionnelles et de nouveaux modèles de calcul tels que le calcul inspiré du cerveau. Le cerveau est une architecture de calcul massivement parallèle avec des interconnexions denses entre les unités de calcul. Les systèmes neurobiologiques sont donc une source d'inspiration naturelle pour la science et l'ingénierie informatiques. Les améliorations technologiques rapides des supports de calcul ont récemment renforcé cette tendance à travers deux conséquences complémentaires mais apparemment contradictoires : d'une part en offrant une énorme puissance de calcul, elles ont rendu possible la simulation de très grandes structures neuronales comme les réseaux profonds, et d'autre part en atteignant leurs limites technologiques et conceptuelles, elles ont motivé l'émergence de paradigmes informatiques alternatifs basés sur des concepts bio-inspirés. Parmi ceux-ci, les principes de l'apprentissage non supervisé retiennent de plus en plus l'attention. Nous nous intéressons ici plus particulièrement à deux grandes familles de modèles neuronaux, les cartes auto-organisatrices et les champs neuronaux dynamiques. Inspirées de la modélisation de l'auto-organisation des colonnes corticales, les cartes auto-organisatrices ont montré leur capacité à représenter un stimulus complexe sous une forme simplifiée et interprétable, grâce à d'excellentes performances en quantification vectorielle et au respect des relations de proximité topologique présentes dans l'espace d'entrée. Davantage inspirés des mécanismes de compétition dans les macro-colonnes corticales, les champs neuronaux dynamiques autorisent l'émergence de comportements cognitifs simples et trouvent de plus en plus d'applications dans le domaine de la robotique autonome notamment. Outre leurs intérêts applicatifs respectifs, ces deux types de modèles neuronaux se caractérisent par une robustesse élevée, qui peut s'avérer prépondérante dans le cadre d'une utilisation dans des systèmes autonomes embarqués, qu'il s'agisse de robustesse vis-à-vis de la variabilité et de la qualité des entrées, ou encore de robustesse vis-à-vis de supports matériels partiellement défectueux.

Dans ce contexte, le premier objectif de cette thèse est de **combiner cartes auto-organisatrices et champs neuronaux dynamiques pour l'exploration et la catégorisation d'environnements réels** perçus au travers de capteurs de différentes natures, à commencer par des capteurs visuels. Le second objectif est de **quantifier et de maximiser la robustesse des modèles obtenus**, selon les différents critères de robustesse adoptés. Enfin, le troisième objectif est de **porter ce calcul de nature neuromorphique sur un substrat matériel numérique**.

L'ensemble de ces objectifs vise à définir un dispositif de calcul matériel qui pourra être couplé à différents capteurs de manière à permettre à un système autonome de construire de manière robuste sa propre représentation de l'environnement perceptif dans lequel il évolue.

### Thématiques

- auto-organisation, auto-apprentissage non supervisé
- neuro-inspiration (champs neuronaux, carte auto-organisatrices)
- perception/représentation autonome de l'environnement
- implantations embarquées (prototypage sur FPGA)
- robustesse (entrées dynamiques, bruit, défauts capteurs, fautes matérielles)

### Contacts

#### Direction de thèse LORIA



**Bernard Girau**, Professeur des Universités, section 27, Université de Lorraine  
Responsable de l'équipe Biscuit, Département « Systèmes complexes, Intelligence Artificielle et Robotique », LORIA.  
Responsable du Département Informatique, FST, Université de Lorraine  
Email : [bernard.girau@loria.fr](mailto:bernard.girau@loria.fr)  
<http://www.loria.fr>

#### Codirection de thèse ISL



**Pierre Raymond**, chercheur ISL, Dr Ingénieur ENSPS  
Responsable du laboratoire ELSI-ISL  
Enseignant Unistra/TPS-ENSPS. HDR Unistra  
Email : [pierre.raymond@isl.eu](mailto:pierre.raymond@isl.eu)

**Nicolas Hueber**, chercheur ISL, Dr Ingénieur ENSISA  
Enseignant TPS Unistra/FST et IUT UHA.  
Email : [nicolas.hueber@isl.eu](mailto:nicolas.hueber@isl.eu)  
<http://www.isl.eu>