

## Avis de Soutenance

Monsieur Mauricio GOMES DE QUEIROZ

Electronique, Micro et Nanoélectronique, optique et laser

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*stratégies de conception pour des réseaux neuronaux photoniques efficaces et robustes*

dirigés par Monsieur Alberto BOSIO

Soutenance prévue le **mardi 01 juillet 2025** à 10h00

Lieu : École Centrale de Lyon - Bâtiment W1, 36 avenue Guy de Collongue, 69134 Écully

Salle : Amphi 203

### Composition du jury proposé

M. Alberto BOSIO	École Centrale de Lyon	Directeur de thèse
M. Fabio PAVANELLO	Centre de Radiofréquences, Optique et Micro-nanoélectronique des Alpes	Co-encadrant de thèse
Mme Elena Ioana VATAJELU	Techniques of Informatics and Microelectronics for integrated systems Architecture (TIMA)	Examinatrice
M. Ian O'CONNOR	École Centrale de Lyon	Examineur
M. Guy VAN DER SANDE	Vrije Universiteit Brussel (VUB)	Rapporteur
Mme Leticia Maria BOLZANI PÖHLS	Leibniz Institute for High Performance Microelectronics (IPH)	Rapporteure
<b>Mots-clés :</b>	Photonique,Réseaux neuronaux,Robustesse,Tolérance aux fautes,Efficacité de calcul,	

### Résumé :

Les réseaux de neurones photoniques (PNNs) constituent une plateforme prometteuse pour l'accélération de l'apprentissage automatique, grâce à leur potentiel de parallélisation élevée, de faible latence et d'efficacité énergétique. Cependant, leur mise en œuvre à grande échelle nécessite de relever des défis liés à l'efficacité et à la fiabilité. Cette thèse propose des stratégies de conception visant à améliorer ces deux aspects. L'efficacité des PNNs dépend non seulement de la gestion de l'énergie au niveau matériel, mais aussi de la manière dont l'information est représentée dans le réseau. Nous nous intéressons d'abord à l'optimisation de la consommation énergétique dans les maillages d'interféromètres, qui constituent les composants fondamentaux des multiplicateurs matrice-vecteur photoniques. Ces maillages consomment une quantité significative d'énergie pour contrôler les déphaseurs individuels. Nous proposons un algorithme d'optimisation ascendant qui réduit la consommation d'énergie au niveau des composants tout en analysant le compromis entre l'utilisation énergétique et la fidélité des calculs effectués. Au-delà de la gestion de l'énergie, nous étudions l'impact de l'encodage des caractéristiques sur l'efficacité. En combinant plusieurs caractéristiques dans une seule entrée optique, nous réduisons le nombre de composants nécessaires et diminuons ainsi la consommation d'énergie globale. Notre analyse montre que les stratégies d'encodage influencent non seulement l'efficacité, mais aussi la manière dont le réseau traite l'information, améliorant parfois la précision mais pouvant aussi introduire des biais qu'il convient de maîtriser lors de la conception du modèle. Enfin, nous abordons la robustesse comme un élément essentiel pour une mise en œuvre efficace des PNNs. Ces réseaux reposent sur une mémoire électronique pour stocker les configurations de phase, et des erreurs dans cette mémoire peuvent entraîner une dégradation significative de la précision, avec des baisses dépassant 70 % dans certains cas. Nous menons la première étude systématique sur la vulnérabilité des PNNs aux fautes mémoire et proposons une stratégie d'atténuation qui protège sélectivement les bits critiques. En restructurant l'apprentissage pour localiser les valeurs de phase stockées, nous améliorons la tolérance aux fautes sans augmenter la consommation de mémoire. En traitant conjointement l'optimisation énergétique, l'encodage des caractéristiques et la robustesse matérielle, ce travail contribue au développement de réseaux de neurones photoniques à la fois évolutifs et fiables.