



STAGE – Amélioration des performances d'un système d'optique adaptative F/H

A pourvoir à Montbonnot-Saint-Martin (38) pour une durée de 5-6 mois

QUI SOMMES NOUS ?

BERTIN TECHNOLOGIES est un groupe industriel européen de l'instrumentation qui conçoit et fabrique des composants, des équipements et des systèmes de mesure, d'observation et de détection pour des applications critiques et scientifiques.

Rejoignez nos **700 collaborateurs** pour participer à notre développement ambitieux !

Avec un chiffre d'affaires de **132 millions d'euros en 2023**, nous répondons au plus près des besoins de nos clients au travers de nos **17 implantations en France et à l'international** (Allemagne, Italie, Royaume-Uni, Suède, Finlande, Etats-Unis, Singapour...). Nous intervenons à la fois sur des projets de recherche et développement pour le compte de nos clients et sur des projets de développement de nos propres lignes de produits. Chaque jour, nous poursuivons les avancées technologiques dans les domaines du Nucléaire, de la Défense, du Spatial, des Grands Instruments Scientifiques, des Sciences de la Vie et de la Santé.

Acteur majeur de l'innovation, Bertin Technologies vous propose de prendre part à une aventure technologique initiée en 1956. Vous y exprimerez vos compétences et votre personnalité au sein d'une structure souple, dynamique et ambitieuse qui valorise l'humain et l'associe à la réussite de la société. Quelle que soit votre expertise, vous trouverez chez nous un environnement de travail stimulant et tourné vers l'excellence !

Visitez notre site www.bertin-technologies.com et abonnez-vous à nos pages LinkedIn et à notre chaîne YouTube Bertin Technologies pour en savoir plus sur nos dernières innovations !

Description du stage

Vous avez le goût du challenge ? Vous êtes curieux(se) et avez envie d'effectuer un stage qui vous aidera à vous développer et à mettre en pratique vos compétences académiques ? Vous souhaitez intégrer une entreprise innovante et agile, pour apporter votre pierre à l'édifice d'une croissance soutenue ?

Pour nous aider à atteindre nos objectifs de performance, notre ambition se poursuit et nous renforçons nos effectifs **au sein de notre filiale Bertin Alpaio**, leader mondial des systèmes d'Optique Adaptative alors **rejoignez-nous** dans le cadre de notre offre de stage intitulée :

Amélioration des performances d'un système d'optique adaptative pour les communications optiques par espace libre grâce à l'apprentissage par renforcement : étude comparative des approches model-free et model-based dans des conditions de bruit élevées

Le stage proposé porte sur les innovations technologiques pour **l'observation à haute résolution angulaire depuis le sol**, avec un accent particulier sur l'Optique Adaptative (OA). Depuis près de 30 ans, l'OA permet de compenser **les effets de la turbulence atmosphérique** et de restaurer la limite de diffraction des grands télescopes terrestres, jouant ainsi un rôle central dans de nombreuses découvertes en astronomie. À titre d'exemple, le prix Nobel de Physique 2020 s'est appuyé en grande partie sur cette technologie.

Le fonctionnement de l'OA repose sur trois éléments clés : **un analyseur de surface d'onde** (ASO) pour mesurer la déformation de l'onde lumineuse ; **un calculateur temps réel** (RTC) pour traiter ces mesures ; et **un miroir déformable** (MD) capable d'ajuster sa surface à l'échelle de la milliseconde pour compenser la turbulence.

Si l'OA a d'abord été développée pour l'astronomie, ses applications s'élargissent désormais à d'autres domaines, comme **les communications optiques en espace libre** (Free Space Optics – FSO). Ces dernières sont en pleine expansion, notamment pour permettre des échanges de données à haut débit entre satellites et stations au sol. Dans le cas **des satellites en orbite basse (LEO)**, **cette technologie pourrait offrir une** alternative aux relais géostationnaires. Cependant, ces nouvelles applications posent des défis supplémentaires, notamment à cause du mouvement rapide des satellites, créant un "vent apparent" et **des conditions de turbulence exacerbées** à faibles angles d'élévation (10-20°).

Une des principales limitations de l'OA dans les FSO est liée à l'erreur temporelle. Alors que la solution classique consiste à **augmenter la cadence du système** pour améliorer la bande passante, une approche alternative consiste à utiliser des algorithmes de prédiction **pour réduire l'erreur sans augmenter la fréquence**. Nos équipes (LAM – ALPAO) explorent cette voie en utilisant l'apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning – RL), avec **des résultats prometteurs** obtenus par simulation.

L'objectif de ce stage est d'explorer et de comparer deux approches d'apprentissage par renforcement pour améliorer le contrôle des systèmes d'optique adaptative dans le contexte des communications optiques en espace libre. Vous travaillerez avec une simulation développée par notre équipe de recherche, et vous vous concentrerez sur l'aspect algorithmique.

En nous rejoignant, vos principales missions seront les suivantes :

1. Découvrir et implémenter des algorithmes d'apprentissage par renforcement sans modèle (model-free RL), tels que SAC et PPO, pour le contrôle d'un système d'OA. Vous comparerez ensuite leurs performances avec l'approche basée sur un modèle (model-based) déjà implémentée par l'équipe.
2. Étudier comment le bruit affecte les performances de ces algorithmes dans des conditions réalistes.
3. Analyser de manière critique les avantages et les limites des approches sans modèle et avec modèle dans le contexte spécifique des communications optiques par espace libre.

Méthodologie :

- Étude bibliographique sur l'OA, le RL appliqué aux systèmes de contrôle, et les spécificités des approches model-free et model-based
- Implémentation d'algorithmes RL model-free (ex: SAC, PPO)
- Tests en conditions réalistes (vent apparent fort, turbulences fortes, faibles angles d'élévation).

Idéalement, ce stage basé à **Montbonnot-Saint-Martin (38)** d'une durée de **5-6 mois commencera en février 2025** (la période est communiquée à titre indicatif et pourra être revue).

Votre tuteur vous accompagnera dans la réussite de votre stage afin de faciliter votre intégration et votre montée en compétences.

Ce stage peut ouvrir la voie à **une opportunité de thèse doctorale** dans la continuité du projet.

Ce que nous recherchons chez vous

Vous êtes actuellement en dernière année d'école d'Ingénieur ou en Master 2 Physique – Machine Learning ou Traitement du Signal et vous recherchez un **stage de fin d'études** ?

Votre parcours vous a permis de développer des connaissances et compétences dans **les domaines techniques suivants** :

- Connaissance en Machine Learning/Deep Learning et de préférence : Reinforcement Learning.
- Solides compétences en programmation Python.
- Familiarité avec des frameworks d'apprentissage profond (PyTorch).

Vous êtes reconnu(e) pour votre curiosité, votre esprit d'analyse et votre rigueur scientifique ?

Vous avez un **bon niveau d'anglais** qui vous permettra d'évoluer dans notre contexte international ?

Vous aimez travailler en équipe, **de manière autonome** au sein d'un univers challengeant ?

Enfin, vous partagez **nos valeurs essentielles** que sont le courage, la confiance, le talent et l'esprit d'équipe ?

Alors n'hésitez plus et postulez chez nous !

Ce que nous pouvons vous apporter

Des possibilités d'embauche et d'évolutions, de découverte de différents domaines, de proposer des idées (primes contractuelles de dépôt de brevets).

Un environnement riche en perpétuel évolution, **une communauté de passionnés** évoluant dans une culture du partage d'informations.

Plus de 90 % de nos collaborateurs apprécient leur travail et leurs missions, l'autonomie qui leur est accordée au quotidien et l'esprit d'équipe qui règne au sein de l'entreprise (Enquête de satisfaction interne 2023).

Nous accordons une importance particulière à nos stagiaires pour les accompagner au mieux dans leur formation et les faire **participer à des projets ambitieux**.

Quels que soient votre profil et vos objectifs de carrière, **découvrez la diversité de nos métiers et libérez avec nous votre potentiel !**

Vous bénéficierez d'**une gratification mensuelle**.