

Apprentissage Incrémental pour Capteurs Intelligents à Ressources Limitées

1 Présentation de Edge Spectrum

Edge Spectrum est une startup française spécialisée dans la conception, le développement et la commercialisation de solutions de maintenance prédictive end-to-end destinées au secteur industriel. Elle a pour objectif d'accompagner les industriels dans l'anticipation des pannes, l'optimisation de la durée de vie de leurs équipements et la réduction des coûts liés aux arrêts non planifiés.

Les solutions proposées reposent sur l'intégration de capteurs communicants intelligents, capables de collecter, d'analyser et de transmettre des données en temps réel. Elles s'appuient sur des technologies avancées d'intelligence artificielle embarquée et de calcul frugal, permettant de rendre les capteurs plus autonomes, performants et adaptés aux environnements industriels exigeants. Grâce à cette approche, Edge Spectrum offre à ses clients la possibilité d'améliorer leur performance opérationnelle, de maîtriser leurs coûts et de progresser vers une industrie plus durable.

Pour en savoir plus : <https://www.edge-spectrum.com>

2 Contexte du stage

L'intelligence artificielle, et notamment le Machine Learning (ML) et le Deep Learning (DL), suscitent un intérêt grandissant dans le monde industriel. Chaque jour, de nouveaux cas d'usage émergent et la maintenance prédictive en est l'un des plus prometteurs. Grâce aux microcontrôleurs de dernière génération, comme la série STM32N6, qui intègrent des unités de calcul optimisées pour l'inférence, il est aujourd'hui possible d'embarquer directement un modèle de DL pré-entraîné dans un capteur. Cependant, plusieurs obstacles freinent encore l'adoption à grande échelle de ces systèmes :

- L'entraînement de modèles complexes comme les réseaux de neurones convolutifs (CNN) nécessite un volume de données très important et des ressources de calcul supérieures aux capacités des microcontrôleurs embarqués.
- Transférer ces grandes quantités de données du capteur vers le Cloud pour l'entraînement est difficile en raison de la bande passante limitée et du temps requis.

Pour surmonter ces contraintes, la startup explore une approche prometteuse, l'apprentissage incrémental, qui permet de mettre à jour un modèle progressivement à mesure que de nouvelles données sont collectées, sans le réentraîner complètement à chaque fois. Cette méthode réduit également la quantité de données à transférer et à stocker.

Le but de ce stage est de développer de nouvelles méthodes d'apprentissage adaptées aux systèmes embarqués afin de rendre les capteurs plus intelligents et autonomes. Ces méthodes devront également apporter des bénéfices dans un contexte Cloud classique, en

optimisant l'utilisation des ressources et en limitant l'espace nécessaire pour stocker les jeux de données. Cette approche s'inscrit dans une logique d'**IA frugale**, plus sobre et plus efficiente.

3 Objectifs

Ce stage de Master II constitue le premier jalon d'une étude approfondie sur l'apprentissage incrémental en environnement contraint. Les objectifs sont :

1. Réaliser une revue complète de l'état de l'art des méthodes d'apprentissage incrémental, afin d'en comprendre les fondements, les avantages et les limites. Une étude comparative avec les méthodes traditionnelles devra être effectuée.
2. Réaliser une maquette d'un cas pratique de prédiction de série temporelle (ex. température) en utilisant une ou plusieurs approches d'apprentissage incrémental, à la fois sur PC (Python) et sur une carte d'essai STM32, pour évaluer les performances et les écarts potentiels.
3. Élaborer un plan d'actions clair et structuré pour servir de base aux recherches à venir.

4 Processus de Candidature

Le stage se déroulera au sein du département LII (Laboratoire d'Informatique Interactive) de l'ENAC, situé à Toulouse.

- Dates : à définir, avec une durée hebdomadaire flexible de 30 à 40 heures.
- Gratification mensuelle : environ 640 €.

Pour postuler, veuillez envoyer les documents suivants aux adresses : **frederic.zbierski@edge-spectrum.com** et **dorra.ben-khalifa@enac.fr**

- CV à jour
- Lettre de motivation
- Relevés de notes