

IA frugale pour une estimation systématique de l’empreinte environnementale des réseaux de neurones

Laboratoire d’Informatique et des Systèmes - Équipe QARMA

Sujet de doctorat 2026-2029

Mots-clés : intelligence artificielle, apprentissage automatique, consommation énergétique, impact environnemental, réseaux de neurones.

Direction de thèse : Constance DOUWES (Centrale Méditerranée, LIS) et Valentin EMIYA (Aix-Marseille Université, LIS). Email : prénom.nom@lis-lab.fr.

Équipe d’accueil : équipe d’Apprentissage de MARseille (QARMA)¹ du LIS, sur le Technopôle de Château-Gombert à Marseille.

1 Motivations et objectifs

Les modèles d’apprentissage profonds sont de plus en plus volumineux et le nombre de calculs à l’entraînement a explosé ces dernières années [1], provoquant une consommation électrique insoutenable des datacenters. Selon les dernières estimations du ShiftProject, la consommation mondiale des datacenters devrait quadrupler entre 2023 et 2035. Or le GIEC recommande une réduction des émissions de CO₂ de moitié d’ici 2030 si l’on veut espérer maintenir le réchauffement climatique sous la barre des 2°, ce qui va à l’encontre des tendances observées dans le domaine de l’apprentissage automatique. Il devient donc indispensable de calculer les impacts environnementaux des modèles que nous développons afin d’estimer les émissions liées à leur développement et leur utilisation en vue les limiter [2] [3].

Néanmoins, l’estimation des émissions d’un modèle d’apprentissage est loin d’être triviale car elle dépend de nombreux paramètres comme l’architecture du modèle (taille et coût computationnel), du temps d’exécution et de type de matériel utilisée à l’entraînement ou à l’inférence. Cette estimation est actuellement réalisée à petite échelle soit par les auteurs eux-mêmes pendant la phase de conception via des outils dédiés [4, 5, 6, 7], soit par des travaux dédiés à l’étude d’un ou plusieurs modèles existants.

Objectif 1 : passer à l’échelle. Le premier objectif de ce doctorat est de fournir une méthodologie et des outils pour passer à l’échelle, en systématisant l’estimation de l’empreinte environnementale des réseaux de neurones via des méthodes automatiques d’analyse des publications scientifiques et des codes informatiques associés. De tels outils permettraient non seulement une estimation plus exhaustive et détaillée de ces impacts environnementaux —par exemple en analysant tous les actes d’une conférence, année par année—, mais également une amélioration des pratiques de publications, par les auteurs et les comités éditoriaux, en encourageant la diffusion des données importantes pour ces estimations.

Objectif 2 : limiter l’empreinte environnementale du projet. Les outils développés relèvent eux-mêmes de modèles d’apprentissage automatique dédiés à l’analyse des articles et des codes, et aux estimations d’impact. Au premier abord, il semble naturel de recourir aux grands modèles de langage (*Large Language Models*, LLM), dont l’avènement récent révolutionne les tâches d’extraction d’information. Ce faisant, le projet contribuerait à l’explosion de ces usages que l’on souhaite précisément enrayer. Le second objectif est d’inscrire la conception des modèles du projet dans le cadre d’approches frugales. Il s’agira en particulier de proposer des modèles frugaux alternatifs aux grands modèles de langage (LLM) génériques sous la forme de

1. <https://qarma.lis-lab.fr/>

modèles spécialisés originaux ainsi que des architectures matérielles frugales, reposant sur des processeurs graphiques embarqués et à faible consommation alimentés par une installation photovoltaïque.

2 Encadrement et environnement de recherche

Le doctorat se déroulera sous la direction de Constance Douwes et Valentin Emiya, au sein de l'équipe QARMA du Laboratoire d'Informatique et des Systèmes (LIS) à Marseille.

Constance Douwes (co-directrice, LIS, Centrale Méditerranée) est maîtresse de conférences en informatique à Centrale Méditerranée. Sa thèse, soutenue en 2023 à l'Ircam, porte sur l'étude des impacts environnementaux des modèles d'IA générative pour la musique, et plus spécifiquement sur le rapport entre performance et consommation énergétique des systèmes. Dans le prolongement de ces travaux, elle a étudié les relations entre les coûts de calcul et la consommation énergétique des modèles de détection sonore lors d'un postdoctorat à l'Inria (Nancy). Ses recherches actuelles portent sur l'estimation des impacts environnementaux des modèles d'apprentissage automatique de manière plus globale, et leur passage à l'échelle.

Valentin Emiya (co-directeur, LIS, Aix-Marseille Université) est maître de conférences en informatique, habilité à diriger les recherches. Il a développé une expertise en apprentissage automatique et traitement du signal et oriente actuellement ses recherches sur le thème IA et environnement. Il a encadré 4 doctorats et 4 postdoctorats.

Équipe de recherche. L'équipe d'apprentissage de Marseille (QARMA) du LIS est composée d'environ 10 membres permanents et 15 membres non permanents aux compétences complémentaires qui mènent des travaux de recherche dans le domaine de l'apprentissage automatique, notamment la théorie, les modèles, les algorithmes et les applications. Elle fait partie du département Sciences des Données du Laboratoire d'Informatique et des Systèmes (LIS), qui compte environ 400 membres répartis dans 20 équipes de recherche.

3 Procédure de candidature

Les candidats doivent avoir des compétences générales en mathématiques et en informatique, avec une formation/expérience en apprentissage automatique et apprentissage profond et une bonne pratique de programmation en Python. Une sensibilité pour les questions environnementales est également souhaitable.

Le **dossier de candidature** comporte : un CV, une lettre de motivation, les notes détaillées de niveaux licence et master ou équivalent, des possibles lettres de recommandation et/ou les coordonnées de référents, les rapports des projets et stages effectués, et tout élément permettant d'apprécier la candidature. **Les candidatures doivent être envoyées à Constance Douwes et Valentin Emiya (prénom.nom@lis-lab.fr).**

Le calendrier prévisionnel pour les candidatures est le suivant :

- **19 mars : date limite d'envoi des dossiers de candidatures** à C. Douwes et V. Emiya
- 26 mars : fin des entretiens avec les candidats sélectionnés
- 2 avril : publication du classement des candidats retenus

Deux demandes de financement sont en cours, chacune pouvant déboucher sur le financement du doctorat :

- un financement par Centrale Méditerranée, dont la demande est déposée en février 2026 (sujet seul sans le dossier du candidat).

- un financement par l'université d'Aix-Marseille/ED184² : la demande sera envoyée au plus tard le 17 avril avec le dossier du candidat retenu ; des auditions sont prévues les 19-20 mai ; les résultats seront publiés début juillet.

Le début du doctorat est prévu pour octobre 2026.

2. <https://ecole-doctorale-184.univ-amu.fr/fr/futur-doctorant/funding>

Références

- [1] Jaime SEVILLA et al. « Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning ». In : *2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. 2022, p. 1-8.
- [2] Ermao CAI et al. « Neuralpower : Predict and deploy energy-efficient convolutional neural networks ». In : *Asian Conference on Machine Learning*. PMLR. 2017, p. 622-637.
- [3] Constance DOUWES et Romain SERIZEL. « From Computation to Consumption : Exploring the Compute-Energy Link for Training and Testing Neural Networks for SED Systems ». In : *Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events 2024*. 2024.
- [4] Victor SCHMIDT et al. « CodeCarbon : estimate and track carbon emissions from machine learning computing (2021) ». In : (2021).
- [5] Lasse F. Wolff ANTHONY, Benjamin KANDING et Raghavendra SELVAN. *Carbontracker : Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models*. ICML Workshop on Challenges in Deploying and monitoring Machine Learning Systems. Juill. 2020.
- [6] Alexandre LACOSTE et al. « Quantifying the Carbon Emissions of Machine Learning ». In : (2019).
- [7] Loïc LANNELONGUE, Jason GREALEY et Michael INOUE. « Green algorithms : quantifying the carbon footprint of computation ». In : *Advanced science* 8.12 (2021), p. 2100707.