2026-2027
Sujet de stage M1/M2
Titre: Approximations polynomiales efficaces pour réseaux Kolmogorov-Arnold

Contexte

Les réseaux Kolmogorov-Arnold (KAN) constituent une alternative aux perceptrons multicouche (MLP) et réseaux de neurones artificiels profonds (DNN) classiques. Alors que l'entraînement d'un DNN joue sur les poids des parties linéaires de ces réseaux, dont les fonctions non-linéaires dites d'activation sont fixes, l'entraînement des KANs n'agit sur ces fonctions d'activation, gardant la partie linéaire fixée et souvent réduite à l'opération "somme" [5]. Théoriquement reliés au théorème de Kolmogorov-Arnold [2], dont ils portent le nom, les KANs peuvent avoir certains avantages par rapport aux MLPs: meilleure explicabilité, stabilité plus haute par rapport au réentraînement, consommation moindre en énergie pour les passes d'inférences et, possiblement, pour l'entraînement [5, 4, 3, 6]. La raison pourquoi les KANs sont moins utilisés que les MLPs pour l'Intelligence Artificielle (IA) est avant tout technique: les accélérateurs de calcul (GPUs) utilisés dans l'IA commerciale ont été optimisés pour les MLPs et non pour les KANs et l'écosystème logiciel MLP est plus riche que celui pour les KANs [1].
Le matériel des accélérateurs de calcul est vectoriel et souvent bien spécialisé au calcul de produits scalaires, comme opération de base des opérations tensorielles requise pour les MLPs. Les suites logicielles pour les KANs sont incapables d'exploiter ces unités vectorielles spécialisées car elles font le choix de représenter l'élément de base des KANs, la fonction d'activation, sous forme d'un B-spline ou d'un polynôme de degré et de base fixés trop tôt dans la chaîne de travail. Ce stage s'attaque à ce goulot d'étranglement dans le but d'améliorer les performances pratiques pour les KANs.

Objectifs

L'objectif principal du stage est la modélisation des fonctions d'activation dans les KANs ainsi que les algorithmes d'entraînement des KANs agissant sur ces fonctions d'activation et, finalement, l'approximation de ces fonctions d'activation avec des polynômes, valides dans des sous-domaines choisis de facon optimale ou quasi-optimale.

- Modélisation de fonctions d'activation dans les KANs, comme objet logiciel et/ou mathématique opaque.
- Conception d'algorithmes d'entrainement pour KANs, agissant sur les fonctions mathématiques opaques.
- Conception d'algorithmes et d'approches pour l'approximation polynomiale de fonctions d'activation apprises, permettant une évaluation efficace sur machines vectorielles.
- Prototypage d'une chaîne logicielle, tests et évaluation.

Les travaux du/de la stagiaire pourront donner lieu à des publications dans des conférences et revues nationales et internationales, ainsi qu'à des présentations lors des séminaires de l'équipe. La soutenance

de stage aura lieu à l'institution d'origine de l'étudiant(e), avec une présence des encadrant(e)s de stage en visioconférence. Les encadrant(e)s américain(e)s délivreront un certificat de réussite de stage détaillé, ainsi que des lettres de recommandation pour la suite des études du/de la stagiaire. Les stages M2 peuvent donner lieu à des propositions de continuation en thèse, sous condition d'adéquation des compétences, des financements disponibles et des règles d'admission de l'École doctorale locale.

Etablissement d'accueil

L'Université du Texas à El Paso (UTEP) est une université publique américaine classée **R1** (à activité de recherche de haute catégorie) par la classification Carnegie, qui distingue les établissements ayant une très forte activité de recherche. Située au Texas, à la frontière entre les États-Unis et le Mexique, elle accueille plus de 26000 étudiants et propose 169 formations de licence, de master et de doctorat. Elle se distingue par son engagement en faveur de l'égalité des chances et de l'accès à un enseignement supérieur de qualité. L'UTEP figure parmi les 5% d'universités américaines les mieux classées en matière de recherche. Son département d'informatique, rattaché au *Miguel A. Loya College of Engineering*, propose des formations en informatique du niveau licence au doctorat, et collabore avec des partenaires académiques et industriels. Ses principaux axes de recherche couvrent le génie logiciel, la cybersécurité, l'intelligence artificielle et les fondements théoriques de l'informatique.

Visa et mobilité

La réalisation du stage à l'Université du Texas à El Paso (UTEP) nécessite l'obtention d'un visa J-1. L'établissement pourra accompagner le/la candidat(e) dans ses démarches administratives, mais les frais liés à la demande de visa et aux formalités associées resteront à sa charge. L'accueil en stage est conditionné à l'obtention du visa requis.

Durée, rémunération et frais de scolarité

Le stage, d'une durée de quatre à six mois, n'est pas rémunéré. Aucun frais de scolarité (tuition fees) ne sera demandé par l'UTEP au stagiaire dans le cadre de ce stage, et une attestation de stage sera délivrée à l'issue de ce dernier cf. ci-dessus). Les encadrant(e)s aideront le/la stagiaire pour toute démarche pour obtenir une bourse de mobilité internationale.

Encadrement

Le (la) stagiaire sera encadré(e) par :

- Christoph Lauter – Maître de conférences en informatique (Associate Professor), HDR, à l'Université de l'UTEP (`https://www.christoph-lauter.org/`)
- Martine Ceberio – Professeure en Informatique à l'UTEP (`https://expertise.utep.edu/profiles/mceberio`)
- Hanane Benmaghnia – Post-Doctorante en validation numérique au LIP6, Sorbonne Université – CNRS, future Chargée de recherche à l'UTEP, (`https://hanane-benmaghnia.github.io/`)

Profil recherché

Le stage s'adresse à des étudiant(e)s (M1 ou M2) en informatique, mathématiques appliquées, électronique ou dans un domaine connexe en premier lieu, mais est ouvert aussi aux étudiant(e)s d'autres disciplines

s'ils/elles peuvent démontrer une forte capacité de travail interdisciplinaire. Les compétences recherchées sont :

- Modélisation de problèmes découlant des différentes disciplines des science à l'aide d'outils mathématiques et informatiques.
- Compréhension générale des approches modernes des sciences des données et de l'Intelligence Artificielle, y compris pour les modèles moins repandus commes les modèles de Kolmogorov-Arnold.
- Curiosité d'attaquer un problème de recherche interdisciplinaire dans un contexte international et ouverture d'esprit pour la découverte de la langue anglaise utilisé dans un contexte universitaire de recherche.
- Compétences basique en programmation et en génie logiciel basique.

La curiosité scientifique, l'autonomie, la rigueur et la capacité à analyser des résultats expérimentaux seront particulièrement appréciées.

Modalités de candidature

Les candidatures doivent être envoyées à Christoph Lauter (cqlauter@utep.edu), Martine Ceberio (mceberio@utep.edu) et Hanane Benmaghnia (hanane.benmaghnia@lip6.fr). Elles doivent inclure :

- un curriculum vitae,
- une lettre de motivation,
- des liens vers des projets personnels, professionnels ou universitaires représentatifs, par exemple des dépôts Git (si disponibles) ou publications antérieures.
- une ou deux personnes référentes à contacter.

References

[1] Athanasios Delis. FasterKAN. `https://github.com/AthanasiosDelis/faster-kan/`, 2024.

[2] Alexander B. Givental, Boris A. Khesin, Jerrold E. Marsden, Alexander N. Varchenko, Victor A. Vassiliev, Oleg Ya. Viro, and Vladimir M. Zakalyukin, editors. *On the representation of functions of several variables as a superposition of functions of a smaller number of variables*, pages 25–46. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009.

[3] Andrew Lee, Heitor Murilo Gomes, Yaxin Zhang, and W. Bastiaan Kleijn. Kolmogorov–Arnold networks still catastrophically forget but differently from MLP. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, volume 39, pages 18053–18061, 2025.

[4] Ziming Liu, Pingchuan Ma, Yixuan Wang, Wojciech Matusik, and Max Tegmark. KAN 2.0: Kolmogorov–Arnold networks meet science, 2024. arXiv:2408.10205.

[5] Ziming Liu, Yixuan Wang, Sachin Vaidya, et al. KAN: Kolmogorov–Arnold networks. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2025.

[6] M. M. Rahman, G. Wang, K. Zhou, M. Chen, and F. Yang. Catastrophic forgetting in Kolmogorov–Arnold networks. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, volume 40, pages 25082–25089, 2026.