

SUJET: réseaux de neurones profonds pour l'analyse de performance et la gestion de microréseaux électriques intelligents

1-Contexte

L'Union Européenne a adopté des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, et d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix électrique. Le système électrique européen connaît une évolution importante due à une consommation en hausse et à une pénétration croissante des sources d'énergie renouvelables. Du fait de l'intermittence des sources renouvelables, des capacités de stockage supplémentaires sont nécessaires, et les problèmes de coordination des différents acteurs se complexifient.

Ce besoin croissant de capacités d'analyse des systèmes électriques pour la planification, ou le maintien en condition opérationnelle qui ont lieu à différentes échelles de temps en fonction du problème (à la journée pour l'optimisation de la production, à la seconde pour la détection de défauts, etc...) a été adressé de plusieurs manières au cours des dernières décennies.

Tout d'abord, par l'instrumentation des systèmes électriques, qui produisent quotidiennement de grands volumes de données. Ensuite par le recours au machine learning en complément des modèles classiques issus du génie électrique. Les performances dans les domaines de l'imagerie des réseaux de neurones profonds, tels que les convolutional neural networks (CNNs), generative adversarial networks (GANs), ou autoencoders (AEs) ont suscité l'intérêt dans le domaine du génie électrique.

Récemment, les techniques d'apprentissage profond y ont été adoptées pour de nombreuses tâches : prédiction de séries temporelles (comportement des charges électrique, irradiance, production des sources intermittentes), détection de défaut, [Kod21].

Les laboratoires LISSI (spécialisé dans l'apprentissage machine et ses applications) et le CERTES (spécialisé dans la Thermique, l'Énergétique, l'Environnement et les Matériaux) proposent un stage en co-encadrement sur le thème de l'application des réseaux de neurones profonds pour l'analyse de microréseaux électriques intelligents et la transition énergétique.

2-Problématique du stage

Le CERTES utilise de nombreuses techniques d'apprentissage machine [Ark21] et dispose d'une plateforme technologique de micro-réseaux modulaires et multifonctionnels. Cette plateforme permet d'étudier différents scénarios d'agrégation

de plusieurs sources énergétiques (éolien, solaire, stockage, réseau électrique, charges de consommation variable, ...) avec la possibilité de générer différents types de défauts mais aussi d'utiliser de contrôler certaines sources énergétiques pour fonctionner selon des profils imposés, en plus des sources soumises aux conditions climatiques réelles.

Le but de ce stage est d'évaluer l'intérêt de deux types de réseaux de neurones pour l'analyse des microréseaux électriques :

- Les Graph Neural Networks (GNN) sont spécifiquement adaptés aux données sous forme de graphe [Liao22], et sont donc particulièrement pertinents pour les réseaux électriques.
- Les PINN (Physics-Induced Neural Networks) imposent des contraintes représentant des lois physiques lors de l'apprentissage afin de réduire la dimension de l'espace latent des paramètres.

Le LISSI dispose d'une expertise dans l'analyse de données sur graphe et sur plusieurs types de réseaux de neurones profonds [Haz21, Aha24]. Les performances de ces réseaux de neurones seront testées avec plusieurs tâches d'intérêt pour le CERTES [Ark21, Tan24]:

- Prédiction de séries temporelles de charge électrique de micro-réseau avec un graph récurrent neural networks (GRNN), comparaison avec d'autres architectures de type LSTM.
- Prédiction de puissance générée par des panneaux photovoltaïques.
- Calcul approché de flux de puissance (power-flow) et analyse de scénario lors de l'adjonction d'une flotte de véhicules électriques à un petit réseau de distribution industriel.

Dans chaque cas, le stagiaire comparera les performances obtenues avec celles développées précédemment au CERTES, les performances state-of-the-art dans la littérature, et évaluera les avantages et inconvénients.

3- Profil du candidat.e

Etudiant.e en M2 sciences de l'ingénieur, génie électrique, énergie, machine learning, deep learning.

Compétences (modélisation systémique (Matlab, PSIM, ...), calcul de power flow, ML, programmation Python.

4- Encadrement

- LISSI: aurelien.hazan@u-pec.fr, <https://hazan.xyz>

- CERTES: jura.arkhangelski@u-pec.fr, mahamadou.abdou-tankari@u-pec.fr
- Lieux: l'alternance entre les sites se fera en fonction de l'évolution du stage et des besoins en expérimentation.
- LISSI: site de Sénart, IUT de Sénart-Fontainebleau, 36-37 rue Georges Charpak, 77 567 Lieusaint
- CERTES: site de Créteil: Bâtiment L5, 61 Avenue du Général De Gaulle, 94000 CRETEIL

Références:

[Ark21] [Arkhangelski](#), "Autoconsommation et optimisation de la gestion énergétique des bâtiments", thèse, UPEC, 2021.

[Haz22] [Hazan](#), "Production process networks: a trophic analysis", Journal of Physics: Complexity, 4,1, 2022.

[Aha24] [Ahamada](#), [Hazan](#), [Vigneron](#), "Deep Learning and Tensor Decomposition", in preparation.

[Tan24] [Simarro-García](#), [Villena-Ruiz](#), [Tankari](#), [Honrubia-Escribano](#), [Gómez-Lázaro](#), [Lefebvre](#), "Fast and Extreme Fast Charging Integration for Electric Vehicles: Impact on an Industrial Distribution Network", International journal of engineering science and application, Vol.8, No.2, 2024.

[Lia22] [Liao et al.](#) "A Review of Graph Neural Networks and Their Applications in Power Systems", Journal of modern power systems and clean energy, vol. 10, no. 2, 2022.

[Kho21] [Khodayar et al.](#) "Deep Learning in Power Systems Research: A Review", Csee journal of power and energy systems, vol. 7, no. 2, march 2021.