

PROPOSITION DE THESE DE DOCTORAT

EQUIPE ESE, LABISEN, NANTES

Gestion d'énergie optimale et contrôle résilient aux défauts d'un microgrid pour site isolé

Optimal energy management and fault-resilient control of a microgrid for remote areas : hybrid energy storage based on batteries and hydrogen

INTRODUCTION :

Yncréa Ouest est un Établissement d'Enseignement Supérieur Privé d'Intérêt Général (EESPIG) sous contrat avec le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. L'établissement est membre d'Yncréa, premier pôle privé associatif à but non lucratif d'écoles d'ingénieurs en France. Yncréa Ouest gère les écoles d'ingénieurs ISEN Yncréa Ouest, implantées sur les villes de Brest, Caen, Nantes, Rennes et Paris. L'école forme des élèves ingénieurs dans les technologies du numérique et notamment les systèmes numériques embarqués, la robotique, l'énergie, les objets connectés (IoT), l'intelligence artificielle, le big data, l'environnement, le développement durable, l'agronomie, les technologies marines et la cybersécurité. Au sein d'Yncréa Ouest, le laboratoire L@bISEN [<https://isen-brest.fr/labisen>] rassemble des activités et des compétences autour d'un projet commun de recherche tourné vers les systèmes autonomes et intelligents. Ce projet est constitué de trois lignes de force : les réseaux de capteurs, le traitement des données et les smartgrids. Le laboratoire compte à ce jour 126 personnes dont 55 enseignants-chercheurs dont 7 HDR. Le L@bISEN a été évalué par le Hcéres en 2021 (vague B, voir site HCERES).

MOTS CLES :

Développement durable/Hydrogène vert/Génie électrique et automatique/Optimisation multi-objectifs/Intelligence artificielle

CONTEXTE :

Le réseau électrique actuel est confronté à plusieurs défis liés principalement à la demande croissante en énergie, les pressions environnementales, le développement de moyens de production intermittents, les nouveaux usages de l'électricité, les exigences de fiabilité élevées et les restrictions en termes de planification [1]. Ainsi, les systèmes de récupération de l'énergie des ressources renouvelables (éoliennes, hydroliennes, systèmes photovoltaïques, etc.) sont actuellement déployés à grande échelle afin de répondre à ses différents enjeux et garantir des bénéfices socio-économiques pour le développement durable. L'intégration de ces ressources d'énergie distribuées dans le réseau de distribution et de transport, l'apparition de nouveau mode de consommation (véhicule électrique (VE), par exemple), l'utilisation des dispositifs de stockage et l'activation de l'intelligence énergétique

dans l'industrie et les bâtiments résidentiels ouvrent la voie aux micro-réseaux électriques intelligents [2]. Ces derniers permettent de répondre aux priorités de la nouvelle économie de l'électricité qui vise une gestion bidirectionnelle du flux d'information et d'énergie et introduisent ainsi la notion de «prosommateurs» [3, 4].

DESCRIPTION DE LA THESE :

Ce projet de thèse vise à répondre aux enjeux des transitions énergétique et environnementale des zones dites non-interconnectés (ZNI) comme les îles en intégrant les énergies renouvelables marines (l'hydrolien et l'éolien en mer) dans le mix énergétique et les moyens de stockage de l'énergie afin de réduire leur dépendance vis-à-vis des livraisons de fioul et minimiser leur impact sur l'environnement. Ce projet est un programme d'anticipation à long terme des microgrids intégrant un fort taux d'énergies marines renouvelables avec stockages d'énergie en intégrant la production de l'hydrogène vert pour alimenter des sites isolés. Trois aspects seront traités qui concernent la gestion de l'énergie, le contrôle tolérant aux défauts et la qualité de l'énergie au sein du micro-réseau. Pour ce faire, nous ferons appel à des techniques à base d'apprentissage automatique (machine learning) pour optimiser à la fois le dimensionnement et la localisation des ressources renouvelables et des moyens de stockage, y compris la production d'hydrogène vert. L'accent sera mis sur la production de l'hydrogène à partir de ressources renouvelables, principalement l'éolien en mer, l'hydrolien et le photovoltaïque et son utilisation dans la mobilité électrique. Dans la cadre de la connexion des ressources marines renouvelables intermittentes au réseau d'une zone non-interconnecté (ZNI) se pose inévitablement la problématique de la gestion optimale des flux énergétiques entre les moyens de stockage d'énergie (batteries et hydrogène), des consommateurs locaux et enfin des producteurs basés sur le renouvelable. L'utilisation de l'intelligence artificielle permettra d'améliorer les prévisions de production énergétique et d'optimiser la gestion de l'énergie en optimisant les flux d'énergie tout en intégrant plusieurs vecteurs énergétiques (électricité et hydrogène). L'objectif étant de développer des algorithmes de gestion d'énergie, communément appelés EMS (Energy Management Systems) conférant au micro-réseau un fonctionnement optimal et résilient aux défauts tout en maximisant l'utilisation des ressources renouvelables et améliorant la fiabilité et la disponibilité. Ainsi, il est plus facile d'anticiper les pics de consommation tout en prenant en compte la part d'énergie produite/stockée par les moyens de stockage ou pour la production d'hydrogène.

Les grandes lignes du programme de travail s'articulent autour des points ci-dessous :

- Mettre en œuvre un système intelligent de gestion d'énergie et de contrôle avancé d'un parc hybride constitué d'éoliennes, d'hydroliennes et de panneaux photovoltaïques et d'un système de stockage d'énergie constitué de batteries et d'électrolyseur pour la production d'hydrogène pour l'alimentation de site proche du littoral ou de site isolé.
- Proposer des algorithmes de commande non-linéaires et robuste vis-à-vis des différentes perturbations externes (vent et ensoleillement variables) ou internes (défauts machines, convertisseurs, cellules photovoltaïques) ou des incertitudes de modèle.
- Etudier l'amélioration de la qualité de l'énergie et de la stabilité des micro-réseaux.
- Mettre en œuvre les algorithmes développés sur une manipulation expérimentale à échelle réduite pour la validation des approches proposées dans les conditions les plus proches

possibles de la réalité. Possibilité de faire appel à de la simulation temps réel (Power Hardware In the Loop).

PROFIL ET COMPETENCES DU CANDIDAT :

FORMATION INITIALE :

Master recherche ou dernière année d'école d'ingénieur dans un cursus orienté génie électrique, optimisation des systèmes énergétiques et intelligence artificielle.

COMPETENCES REQUISES :

- Architecture des réseaux électriques ;
- Energies marines renouvelables ;
- Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau ;
- Méthodes d'optimisation multi-objectifs ;
- Intelligence artificielle ;
- Programmation (Python, Matlab) ;
- Rédaction en Anglais.

INFORMATIONS PRATIQUES :

- **Type de contrat :** CDD de 36 mois ;
- **Laboratoire d'accueil :** Equipe ESE du LABISEN ;
- **Lieu de travail :** ISEN Yncréa Ouest, Campus de Nantes ;
- **Financement :** Le financement du projet de thèse est acquis ;
- **Date de prise de poste :** 1^{er} octobre 2023 ;
- **Date limite de candidature :** 31 juillet 2023 ;
- **Divers :** Le doctorant s'engage à conduire des actions en faveur du dialogue « sciences-société » durant la période de la thèse.

AVANTAGES SOCIAUX :

- Mutuelle (possibilité d'ajouter les membres de la famille sans surcoût)
- Prévoyance
- Carte Tickets Restaurant (7€/par jour)
- Prise en charge partielle des frais de transports
- Avantages CSE (Comité Social et Economique)
- Aide à la mobilité / déménagement

MODALITES DE CANDIDATURES

Le candidat doit envoyer un email aux personnes suivantes en précisant comme objet «Thèse2023LABISEN-ESE» :

- elhousin.elbouchikhi@isen-ouest.yncrea.fr
- franck.le-gall@isen-ouest.yncrea.fr
- zhibin.zhou@isen-ouest.yncrea.fr

Cet email devra contenir les documents suivants:

- un CV détaillé ;
- une lettre de motivation ;
- des lettres de recommandation (professeurs, encadrant de stage...);
- les relevés de notes des deux dernières années (S7, S8 et S9).

REFERENCES :

[1] Smart Energy Grid Design for Island Countries – Challenges and Opportunities, F.M. Rabiul Islam, Springer, 2017

[2] M. F. Zia, Elhoussin Elbouchikhi, and M. E. H. Benbouzid, “Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects,” *Applied Energy*, vol. 222, pp. 1033–1055, July 2018.

[3] LIU, Xiong, ZHAO, Tianyang, DENG, Hui, *et al.* Microgrid energy management with energy storage systems: A review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 2022.

[4] AMRY, Youssef, ELBOUCHIKHI, Elhoussin, LE GALL, Franck, *et al.* Optimal sizing and energy management strategy for EV workplace charging station considering PV and flywheel energy storage system. *Journal of Energy Storage*, 2023, vol. 62, p. 106937.