UNIVERSITA DI CORSICA - PASQUALE PAOLI

ECOLE DOCTORALE "Environnement et Société"

BP 52, 20250 Corti – Tel : 04 95 37 23 22 / 45 02 20 – E.mail : ecole.doctorale@univ-corse.fr
Site : http://ed.univ-corse.fr

FICHE PROJET DE THESE pour ANNEE 2024-2025

Discipline du Doctorat	4200014 – Mécanique des fluides, Energétique, Thermique, Combustion, Acoustique
Mention du Doctorat	Energétique, Génie des procédés – 62°
Domaine scientifique principal	Génie énergétique
Domaines scientifiques secondaires	Energies Renouvelables, Génie électrique, Informatique, Traitement du signal
Entités de rattachement	UMR SPE / ENR
Direction de la thèse	Pr Gilles Notton notton_g@univ-corse.fr Dr Jean-Laurent Duchaud duchaud_jl@univ-corse.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées	Université Technique de Compiègne (UTC) – Pr Manuela Sechilariu
Type de financement visé	Contrat Doctoral
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Génie électrique – Programmation Matlab/Python – Statistique – Méthodes d'optimisation
Titre de la thèse	**Intégration des incertitudes de prévision de production/consommation au sein d'algorithmes de gestion optimale de l'énergie pour un micro-réseau avec stockages**
Abstract 1	Pour gérer l'intermittence de la ressource solaire, il est nécessaire de développer des algorithmes de gestion de l'énergie (EMS) intégrant la prévision de la ressource et de la consommation. Les EMS existants seront améliorés en prenant en compte l'indice de confiance de la prévision dans les processus de décision. Nous évaluerons le gain apporté par l'introduction de cette incertitude par rapport aux EMS existants.
Abstract 2	Ce sujet sera réalisé au sein du projet EnR et s'appuiera sur les travaux de deux autres thèses et d'un post-doctorat. Les algorithmes seront implémentés et testés en conditions réelles sur la plateforme Paglia-Orba. Cette thèse permettra d'améliorer les compétences locales sur la création d'EMS. C'est une problématique essentielle en milieu insulaire où l'intégration d'EnR est contrainte par la petitesse du réseau.
	Explicitation sur page suivante

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse

Finalité : Améliorer les algorithmes de gestion de l'énergie (EMS) en prenant en compte les incertitudes de prévision. Les EMS s'appuient sur des prévisions de la production des énergies renouvelables. En intégrant l'indice de confiance dans le processus de décision, nous espérons développer des algorithmes de gestion plus robustes vis-à-vis des erreurs de prévision. Il conviendra donc d'utiliser des méthodes d'optimisation plus complexes qui, par la même occasion, pourront modéliser plus finement le comportement du micro-réseau.

Problématique :

Afin d'augmenter la part des EnR intermittentes dans le mix énergétique, trois grands axes doivent être développés : le stockage d'énergie, la prédiction des ressources intermittentes et les micro-réseaux intelligents.

Le développement des systèmes photovoltaïques (PV) ou éoliens avec moyens de stockage d'énergie ne peut se faire sans une optimisation de la gestion (EMS) des flux intermittents d'énergie entrant et sortant (i.e. production et consommation) via en particulier des micro-réseaux intelligents.

De nombreuses méthodes d'optimisation peuvent être implémentées au sein des EMS (programmation linéaire, dynamique, intelligence artificielle, etc…) et peuvent prendre en compte plus ou moins de contraintes selon leur niveau de complexité. Nous avons développé un EMS utilisant la programmation quadratique et une prévision déterministe (sans indice de confiance) de la prévision. Au cours de la thèse, nous essayerons de répondre aux questions suivantes :

- Quel est le gain apporté par l'utilisation d'un indice de confiance sur la prévision de la production ?
- Quelle méthode d'optimisation choisir pour intégrer cet indice sans trop augmenter le niveau de complexité et le temps de calcul ?

Une attention particulière sera apportée à la complexité du ou des modèles et sur la possibilité d'implémentation dans un cas réel.

Méthodologie :

Dans le cadre du projet EnR de l'UCPP, de nombreux travaux ont été réalisés sur le contrôle optimal des flux de puissance dans les micro-réseaux et sur le développement de modèles prédictifs de la ressource solaire. L'équipe EnR dispose d'une expérience certaine dans le domaine de la prévision du rayonnement solaire (objet de plusieurs thèses et sujets de nombreux articles) et sur leur intégration au sein des EMS (Plateforme R&D Paglia Orba et Projet Tilos). Nous disposons déjà d'algorithmes de prévision, de gestion d'énergie et de gestion de puissance qui serviront de base de travail.

Le travail du doctorant consistera tout d'abord à identifier les méthodes d'optimisation permettant l'intégration de prévision et de son indice de confiance. Les principales pistes sont la programmation linéaire mixte, la programmation dynamique et les méthodes d'intelligence artificielle comme l'apprentissage par renforcement. En utilisant des méthodes plus complexes que celles implémentés dans l'EMS actuel, le/la doctorant(e) pourra modéliser plus finement le micro-réseau et ses contraintes et quantifier le gain obtenu.

Intérêt Scientifique :

L'intérêt scientifique de ce sujet est multiple :

- Regroupement des connaissances et compétences développées ces dernières années au sein du laboratoire SPE : prédiction des ressources, modélisation des systèmes PV, algorithmes de gestion, …
- Problématique très actuelle et très recherchée par les gestionnaires de réseaux électriques qui doivent limiter la participation des énergies photovoltaïques pour des raisons de stabilité du réseau et de sécurité de l'approvisionnement en électricité ;
- Développement d'algorithmes dans des conditions réelles de fonctionnement en tenant compte des contraintes effectives du gestionnaire de réseau

Caractère innovant :

Le développement de micro-réseaux est en pleine expansion car le visage de la production d'électricité change avec une augmentation des producteurs/consommateurs (prosumers) ; ce développement ne pourra pas se faire sans une gestion efficace et « intelligente ».

Cette gestion « intelligente » ne pourra se passer de l'utilisation de modèles prédictifs de la production et de la consommation. L'intégration des indices de confiance au sein des EMS est une thématique encore nouvelle, notamment si l'on s'intéresse à la gestion de micro-réseaux en milieu insulaire.

2°) Présentation des enjeux de la thèse

Adéquation avec la politique de l'UCPP :

Le sujet entre dans le cadre du projet EnR de l'UCPP. Ce sujet regroupe deux thématiques développées depuis plusieurs années : développement et utilisation de modèle prédictifs et optimisation de la gestion d'énergie au sein des réseaux utilisant des productions intermittentes.

Les travaux seront fortement basés sur ce qui a été développé au sein du laboratoire. Il s'agit d'améliorer les algorithmes actuels et de participer à la montée en compétences de l'équipe EnR sur tout ce qui a trait à la prévision de la ressource renouvelable et à la gestion de l'énergie dans un micro-réseau. Il fait suite aux travaux de thèse de Sarah Ouédraogo (soutenue en Octobre 2023) sur la mise en place d'EMS et intégrera les modèles prédictifs probabilistes développés dans le cadre de la thèse de Mohammed Asloune débutée en Septembre 2023.

La plateforme Paglia-Orba apportera une plus-value conséquente en permettant de valider expérimentalement les travaux du doctorant.

Intérêt pour le développement local :

Du fait de leur petitesse et de leur non-raccordement avec les réseaux continentaux, les réseaux insulaires sont sensibles aux variations de production. De plus, le territoire étant limité, l'effet de foisonnement augmente et rend l'utilisation des systèmes à sources renouvelables d'énergie encore plus contraignante. Un micro-réseau équipé de plusieurs moyens de stockage et piloté intelligemment perturbe moins le réseau électrique. En améliorant la gestion de ces réseaux, ce sujet permettrait d'augmenter le taux d'énergies renouvelable dans le mix énergétique corse. Il est donc en adéquation avec les objectifs du Plan Pluriannuel de l'Energie réactualisé voté par la Collectivité Territoriale de Corse sur l'avenir énergétique de l'île.

De plus, la Corse à tout intérêt à miser sur le numérique pour son développement économique afin d'éviter les coûts de transport. Le développement d'une expertise corse sur les algorithmes de gestion des micro-réseaux, particulièrement ceux insulaires, pourrait être bénéfique au tissu économique local. De telles compétences pourraient facilement s'exporter sur d'autres îles françaises, sur les nombreuses îles de Méditerranée ou à l'international.