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	Energies Renouvelables
Domaines scientifiques secondaires	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 Ghjuvan Antone Faggianelli faggianelli_g@univ-corse.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées	-
Type de financement visé	Contrat doctoral
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Génie électrique - Connaissance en traitement de données et d'images - Programmation
Titre de la thèse	**Développement de stratégies avancées de gestion de l'énergie au sein d'un micro réseau photovoltaïque multi-stockage**
Abstract 1	Le caractère intermittent de la ressource solaire complexifie la gestion des systèmes PV et du réseau de distribution, notamment dans les ZNI. Pour limiter cet inconvénient, les moyens de production sont fréquemment associés à plusieurs stockages d'énergie complémentaires, chacun ayant ses limites. Une telle architecture nécessite des algorithmes de contrôle complexes, organisés hiérarchiquement : un algorithme optimise le fonctionnement à long terme et d'autres pilotent les équipements en temps réel. Nous proposons de concevoir et de valider expérimentalement plusieurs algorithmes de gestion en temps réel Il devra d'autre part être capable de suivre les consignes fournies par l'algorithme de gestion, développé en parallèle par notre équipe.
Abstract 2	Ce sujet entre parfaitement dans le cadre du projet EnR. La problématique soulignée dans l'abstract 1 est d'autant plus importante en milieu insulaire. En effet, le réseau électrique est plus sensible aux variations de puissance. Il faut donc accorder une attention particulière au lissage de la production. La plate-forme Paglia Orba permettra de tester les algorithmes de contrôle développés.
	Explicitation sur page suivante

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse

Finalité : Développer des stratégies avancées de gestion des flux de puissance dans un micro-réseau couplant moyens de stockages primaires et de stockages d'arbitrages.

Problématique :
Le caractère intermittent et aléatoire de la ressource solaire complexifie la gestion des systèmes de production photovoltaïque et celle du réseau de distribution. Un équilibre de chaque instant, entre production et consommation doit être maintenu sous peine d'un défaut sur le réseau qui peut se traduire par un black-out. Ainsi, pour des raisons de sécurité d'approvisionnement en électricité, les gestionnaires de réseau limitent la contribution de cette production « fatale » au sein du mix énergétique à chaque instant. Si cette contrainte est très limitante de manière générale dans les réseaux électriques, elle l'est d'autant plus dans les zones non interconnectées (ZNI) car cet équilibre est plus difficile à atteindre du fait de l'impossibilité d'échanger de l'énergie avec d'autres territoires. À cela s'ajoute le fait que la petitesse de ces ZNI limite le phénomène de foisonnement, c'est-à-dire le lissage qui pourrait être induit par des productions « complémentaires » d'autres systèmes PV répartis sur un large territoire. Pour remédier totalement ou partiellement à ce problème, il est aujourd'hui reconnu internationalement qu'il faut développer les moyens de stockage d'énergie, les réseaux intelligents avec une gestion optimisée des flux d'énergie et les méthodes de prévision de la production et de la consommation. Le sujet de cette thèse touche à ces trois thématiques.
Les différentes technologies de stockage aujourd'hui disponibles ont chacune leur spécificité (capacité énergétique et en puissance, densité énergétique et de puissance, vitesse de démarrage, vitesse de montée en puissance, et domaine de fonctionnement…). Il apparaît clairement qu'il n'existe pas un stockage d'énergie plus adapté qu'un autre et qu'il conviendra d'utiliser une combinaison de ces stockages qui fonctionneront ensemble au sein d'un micro-réseau intelligent. Au cours de la thèse, il conviendra d'identifier les paramètres et les contraintes de différents moyens de stockage afin de pouvoir déterminer, en temps réel, quel stockage doit fournir ou absorber de l'énergie.
Dans le cadre de la mise en place de réseaux intelligents, il convient de minimiser le déphasage entre la consommation et la production, soit en stockant l'énergie produite pour un usage futur, soit en décalant la consommation à des moments où la production solaire est maximale sans nuire ou perturber le confort et le bien-être des usagers. Cela est rendu possible aujourd'hui par le développement et la baisse du coût des moyens de stockage et des postes de consommation intelligents et/ou pilotables Tout ces équipements doivent être gérés par un algorithme afin d'assurer l'équilibre consommation/production et, si possible, assurer la gestion optimale des flux de puissance.
Concevoir un seul algorithme serait trop complexe et peu généralisable. C'est pour cela que la gestion est faite selon une architecture hiérarchique où plusieurs algorithmes communiquent. Ces algorithmes peuvent être catégorisés selon s'ils optimisent les flux d'énergie – Energy Management System (EMS) –, les flux de puissance – Power Management System (PMS) – et la prévision de la production intermittente – Power Forecast System (PFS) –. En règle générale, l'EMS gère le système sur un temps long grâce au PFS et utilise les moyens de stockage pour l'arbitrage. Le PMS pilote en temps réel le système et utilise le stockage pour assurer l'équilibre consommation/production. La thèse que nous proposons est axée sur le développement d'un PMS pour un micro-réseau avec plusieurs stockages. Il devra pouvoir répondre en un temps très court aux variations de production et de consommation en utilisant le stockage le mieux adapté.

Méthodologie :

Dans le cadre du projet EnR de l'UCPP, des travaux ont été réalisés sur le contrôle optimal des flux de puissance dans les micro-réseaux. Ces travaux ont montré un intérêt à coupler plusieurs moyens de stockage. Afin de réaliser les expérimentations associées, il est nécessaire de développer des algorithmes de pilotage en temps réel des moyens de stockage permettant de décider quel stockage doit absorber les pics de puissance et selon quel profil.

Les algorithmes de gestion (EMS et en moindre mesure PMS) ont besoin de connaître une estimation de la production et de la consommation future. Différentes méthodes ont été développées au sein du laboratoire, notamment à base de réseaux de neurones pour la prévision court terme. Le développement de ces méthodes ne sera pas abordé durant la thèse mais elles devront être utilisées dans l'algorithme de gestion.

L'algorithme devra détecter les variations de grandeurs électriques et prendre les actions requises afin de maintenir ces paramètres dans des niveaux acceptables. En fonction des technologies de stockage et de leurs performances, l'algorithme devra piloter l'électronique de puissance associée afin de gérer les flux de puissance.

Il devra tenir compte des contraintes d'usure et de cyclage, notamment pour les batteries.

La thèse présentée ici proposera des réponses aux questions suivantes :

- Comment choisir quel stockage utiliser ?
- Comment piloter l'électronique de puissance en conséquence ?
- Que faire lorsqu'un des stockages est vide et que l'autre n'a pas le temps de réponse nécessaire ?

- Comment limiter la dégradation du stockage due aux appels de puissance ?

Cet algorithme sera une composante essentielle du système de gestion de l'énergie et de la puissance de la plateforme Paglia-Orba et permettra l'interfaçage de moyens de production intermittents et de stockage.

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 et éoliennes 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 ne pourra pas se faire en n'utilisant qu'un seul moyen de stockage. Il apparait donc nécessaire de coupler plusieurs technologies afin de prendre en compte les spécificités de chacune d'elles. Les systèmes intégrant des stockages multiples sont encore peu répandus. De plus la contrainte de temps de réponse complexifie la problématique.

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. En effet, nous avons développé des algorithmes de gestion optimale de l'énergie qu'il faudrait coupler avec un nouvel algorithme de gestion de puissance à implémenter sur la plateforme Paglia-Orba.

Intérêt pour le développement local :

Du fait de leur petitesse et de leur non-raccordement avec les réseaux continentaux, les réseaux insulaires sont fragiles et la problématique présentée dans le paragraphe précédent est d'autant plus importante. 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. Ainsi, la démocratisation de ce type d'algorithme pourrait faciliter l'intégration de systèmes de production d'énergie renouvelable avec stockage.

Ce projet est en adéquation avec les objectifs du Plan Pluriannuel de l'Energie 2023 voté à la Collectivité Territoriale de Corse sur l'avenir énergétique de l'île.