

N° d'ordre : D -

THESE

présentée

devant l'Institut National des Sciences Appliquées de Rennes

en vue de l'obtention du

DOCTORAT

Spécialité : Electronique

Par : M. **BOULAL Anis**

Intitulé : **Gestion optimale des flux d'énergie dans un micro réseau hybride**

Directeurs de Thèse : M. **BESNIER Philippe** - M. **Hamid OUADI**

17 Janvier 2023 - 10h00 - INSA Rennes - Amphi Bonnin

Membres du jury (nom, prénom, titre et établissement de rattachement, fonction)

Examinatrice : Mme Malika ZAZI Professeur de l'Enseignement Supérieur,
Université Mohammed V de Rabat, Ecole
Nationale Supérieure des Arts et Métiers
(ENSAM), Maroc

Rapporteurs : M. Amadou SEIDOU H. MAIGA Professeur à l'Université
Gaston Berger, Sénégal

M. Emmanuel SIMEU Maître de Conférence à l'Ecole
Polytechnique, Université
Grenoble Alpes

Dir. de thèse : M. Philippe BESNIER Directeur de Recherche, CNRS,
Directeur Adjoint de l'IETR, INSA de
Rennes

Co-dir. de thèse : M. Hamid OUADI Professeur de l'Enseignement
Supérieur, Université Mohammed V de
Rabat, Ecole Nationale Supérieure des
Arts et Métiers (ENSAM), Maroc

RESUME DE LA THESE

Cette thèse traite de la gestion des flux de puissances actives et réactives dans un micro-réseau. Le micro-réseau étudié est constitué d'un générateur photovoltaïque, d'un système de stockage, d'une micro-turbine à gaz, l'ensemble raccordé au réseau principal. L'objectif visé est double : minimiser d'une part la facture énergétique au profit des consommateurs, et d'autre part, réduire les émissions de CO₂. Pour atteindre ces objectifs, nous nous sommes attelés dans nos travaux, au développement de stratégies de gestion optimales du flux de puissance active et réactive dans le micro-réseau.

Pour développer ces stratégies, nous avons, dans un premier temps, réalisé la modélisation technico-économique des différentes sources présentes dans le micro-réseau. Cette modélisation s'est faite sur la base d'une planification à long terme (Off-Line). Cette dernière impose à chacune des sources distribuées de suivre un profil optimal en puissance active/réactive établi la veille pour le lendemain (J-1). Chaque profil consiste en un ensemble de consignes de puissance active/réactive à appliquer au convertisseur des sources via des boucles de commande locale. Ces consignes sont élaborées en fonction des prévisions météorologiques, des prévisions de la consommation, de l'état de charge et de l'état de santé des batteries, ainsi que des tarifs d'électricité en vigueur. Un ensemble de contraintes pertinentes a ainsi été fixé pour chaque source, en fonction de ses caractéristiques intrinsèques.

Le modèle et les contraintes du système étant posés, une stratégie de gestion optimale de la puissance active dans notre micro-réseau a ensuite été élaborée. Cette stratégie, basée sur l'algorithme de Bellman a démontré son efficacité comparativement à une gestion restreinte, basée sur des règles préétablies. L'algorithme de Bellman, reconnu pour son efficacité dans la résolution des problèmes d'optimisation non linéaires, a permis d'intégrer de façon simultanée dans une même approche, l'ensembles des contraintes du système. Les simulations effectuées ont montré une économie d'environ 19% sur la facture énergétique par rapport à la gestion restreinte et une réduction qui avoisine 40 kg de la masse CO₂ équivalent.

La seconde stratégie de gestion optimale développée dans le cadre de cette thèse, prend en compte simultanément la puissance active et la puissance réactive dans la gestion du flux de puissance. En effet, la prise en compte du flux d'énergie réactive dans le micro-réseau constitue un des apports majeurs de notre étude. L'approche développée a été conçue également sur l'algorithme de Bellman. Les simulations effectuées ont produit des résultats très intéressants. En effet, la comparaison entre la « gestion optimale » proposée et une « gestion classique », fondée uniquement sur la puissance active, s'est traduite par un gain d'environ 22% sur la facture énergétique. Quant au flux de puissance réactive, elle est répartie entre les différentes sources dans la « gestion optimale » alors qu'elle est intégralement imputée au réseau principal dans la « gestion classique ». Un autre résultat pertinent à relever, est l'impact significatif de notre stratégie sur les émissions de CO₂. A ce niveau, nous avons obtenu une baisse d'environ 30% de la masse CO₂ équivalent par rapport à la « gestion classique ». Cette baisse se justifie par une sollicitation plus faible de la micro-turbine à gaz dans le mix énergétique.