



Avis de Soutenance

Monsieur Bei LI

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **lundi 24 septembre 2018** à 10h00

Lieu : UTBM, rue Thierry Mieg, F-90010 Belfort Cedex, France
salle Amphi I 102

Titre des travaux : Dimensionnement et gestion de micro-réseaux électriques et multi-énergies intégrant de l'hydrogène

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 63

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Abdellatif MIRAOUI

Codirecteur de thèse : Robin ROCHE HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Abdellatif MIRAOUI	Professeur des Universités	UTBM, Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de these
M. Robin ROCHE	Maître de Conférences	FEMTO-ST, UTBM, Université Bourgogne - Franche-Comté	CoDirecteur de these
M. Damien PAIRE	Maître de Conférences	FEMTO-ST, UTBM, Université Bourgogne - Franche-Comté	CoDirecteur de these
M. Xavier ROBOAM	Directeur de Recherche	LAPLACE, Université de Toulouse	Rapporteur
M. Serge PIERFEDERICI	Professeur des Universités	LEMMA, ENSEM, Université de Lorraine	Rapporteur
M. Lhassane IDOUMGHAR	Professeur des Universités	IRIMAS, Université de Haute Alsace	Examineur
Mme Ionela PRODAN	Maître de Conférences	LCIS, Grenoble INP, Université Grenoble Alpes	Examineur

Résumé de la thèse (en français) :

Avec le développement de la production décentralisée d'électricité à partir de sources renouvelables, il est fort probable que les micro-réseaux joueront un rôle central dans les réseaux du futur, non seulement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et maximiser l'utilisation d'énergie produite localement, mais également pour améliorer la résilience du système global. Du fait de l'intermittence et de l'incertitude sur la production renouvelable (par exemple, photovoltaïque ou éolien), des systèmes de stockage de l'énergie doivent être intégrés. Cependant, déterminer leur dimensionnement et comment les contrôler pose plusieurs défis, en particulier parce que le dimensionnement optimal dépend de la stratégie de gestion utilisée, ou encore lorsque différents types d'énergie sont utilisés. Cette thèse contribue à résoudre les problèmes de dimensionnement et de gestion de micro-réseaux électriques et multi-énergies (électricité, gaz, chaleur, froid et/ou hydrogène) intégrant du stockage. Tout d'abord, à l'aide des caractéristiques des différents composants, un modèle mathématique de micro-réseau est développé. Le problème de sa gestion est ensuite formulé comme un problème de programmation linéaire (MILP), utilisant une fonction objectif (minimiser le coût de fonctionnement) et différentes contraintes (puissance maximum, durée de démarrage/arrêt, limites d'état de charge, etc.). Ensuite, une structure permettant une co-optimisation est présentée pour résoudre le problème du dimensionnement à l'aide d'un algorithme génétique. Cette structure permet de explorer l'espace des valeurs de dimensionnement en fonction des résultats de la stratégie de gestion, ce qui permet de tendre vers le meilleur dimensionnement possible pour la stratégie sélectionnée. A l'aide de la méthode ci-dessus, quatre problèmes spécifiques sont étudiés. Le premier s'intéresse au dimensionnement d'un micro-réseau îloté entièrement électrique, combinant stockage par batteries et hydrogène-énergie pour du stockage à court et long terme, respectivement. Les résultats pour deux stratégies de gestion sont comparés : l'approche proposée (MILP) et une stratégie basée sur des règles. Une simulation à horizon glissant d'une heure sur un an est ensuite utilisée pour vérifier la validité du dimensionnement obtenu. Un second problème s'intéresse un à micro-réseau multi-énergies îloté avec différents types de charges. L'influence de trois facteurs sur les résultats du dimensionnement est en particulier étudiée : la stratégie de gestion, la précision des prévisions de consommation et de production renouvelable, ainsi que la dégradation des moyens de stockage. Une troisième partie de la thèse traite du dimensionnement d'un micro-réseau connecté aux réseaux de gaz, électricité et chaleur. La résilience du réseau est étudiée de façon à maximiser la résistance à une panne ou un défaut. La notion de centralité intermédiaire est utilisée pour déterminer le cas le plus défavorable pour une contingence et analyser son impact sur le dimensionnement. Deux systèmes de test de tailles différentes sont utilisés pour valider l'application de la méthode proposée et sa sensibilité à différents paramètres. Enfin, une quatrième application s'intéresse à un ensemble de micro-réseaux multi-énergies connectés entre eux et à un réseau principal. L'algorithme proposé est alors appliqué à la détermination du prix utilisé pour les échanges d'énergie entre les micro-réseaux et des fournisseurs de service en interaction avec le réseau principal. L'algorithme détermine alors le prix qui maximise les bénéfices pour l'ensemble des participants. Des simulations sur un réseau montrent que le prix obtenu retourne de meilleurs résultats qu'une tarification classique de type heures creuses-heures pleines et permet de réduire le coût global de fonctionnement. Pour réduire le temps de calcul, un réseau de neurones est proposé pour accélérer la modélisation de la gestion du système et permet d'obtenir un gain de temps tout en ayant un impact limité sur la performance. Enfin, un algorithme de dimensionnement pour les micro-réseaux multi-énergies connectés au réseau à différents prix est présenté. Les résultats obtenus sur ces différentes applications montrent l'utilité de la méthode proposée, qui constitue une contribution prometteuse pour la création d'outils de conception avancée de tels micro-réseaux.

Abstract (in English)

With the development of distributed, renewable energy sources, microgrids can be expected to play an important role in future power systems, not only to reduce emissions and maximize local energy use, but also to improve system resilience. Due to the intermittence and uncertainty of renewable sources (such as photovoltaics or wind turbines), energy storage systems should also be integrated. However, determining their size and how to operate them remains challenging, especially as the adopted control strategy impacts

sizing results, and for systems considering multiple, interdependent forms of energy. This thesis therefore contributes to solving the sizing and operation problems of full-electric and multi-energy (electricity, gas, heat, cooling and/or hydrogen) microgrids integrating storage systems. First, based on the characteristics of different components, a mathematical model of a microgrid is built. Then, the operation problem is formulated as a mixed integer linear problem (MILP), based on an objective function (minimize the operation cost) and different constraints (maximum power, startup/shutdown times, state-of-charge limits, etc.). Next, a co-optimization structure is presented to solve the sizing problem using a genetic algorithm. This specific structure enables to search for sizing values based on the operation results, which enables determining the best sizing for the selected operation strategy. Using the above method, four specific problems are then studied. The first one focuses on sizing a full-electric islanded microgrid combining battery and hydrogen storage systems for short and long-term storage, respectively. Results for two types of operation strategies are compared: the MILP approach and a rule-based strategy. A one-hour one-year rolling horizon simulation is used to check the validity of the sizing results. Second, a multi-energy islanded microgrid with different types of loads is studied. Specifically, the influence of three factors on sizing results is analyzed: the operation strategy, the accuracy of load and renewable generation forecasts, and the degradation of energy storage systems. Third, the work focuses on a grid-connected microgrid attached to a gas, electricity and heat hybrid network. Specifically, the resilience of the network is considered in order to maximize resistance to contingency events. Betweenness centrality is used to find the worst case under contingency events and analyze their impact on sizing results. Two test systems of different sizes are used with the proposed method and a study of its sensitivity to various parameters is carried out. Fourth, a structure with multiple grid-connected multi-energy-supply microgrids is considered, and an algorithm for determining electricity prices is developed. This price is used for energy exchanges between microgrids and load service entities interacting with the utility. The proposed co-optimization method is deployed to search for the best price that maximizes benefits to all players. Simulations on a large system show that the obtained price returns better results than a basic time-of-use price and helps reduce the operation cost of the whole system. To reduce the computation time, a neural network is presented to estimate the operation of the whole system and enable obtaining results faster with a limited impact on performance. At last, a sizing algorithm for grid-connected multi-energy supply microgrids operating under different prices is presented. The obtained results on these different applications show the usefulness of the proposed method, which is a promising contribution toward the creation of advanced design tools for such microgrids.