



Gestion de l'énergie et contrôle par mode glissant d'ordre supérieur d'un micro-réseau connecté au réseau électrique implanté sur le site de l'IUT de Bayonne et du Pays Basque

Marwen Bjaoui, Benoît Larroque, Franck Luthon

► To cite this version:

Marwen Bjaoui, Benoît Larroque, Franck Luthon. Gestion de l'énergie et contrôle par mode glissant d'ordre supérieur d'un micro-réseau connecté au réseau électrique implanté sur le site de l'IUT de Bayonne et du Pays Basque. Congrès National de la Recherche des IUT, Mar 2024, Mulhouse, France. hal-04634972

HAL Id: hal-04634972

<https://hal.science/hal-04634972v1>

Submitted on 4 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Gestion de l'énergie et contrôle par mode glissant d'ordre supérieur d'un micro-réseau connecté au réseau électrique implanté sur le site de l'IUT de Bayonne et du Pays Basque

Marwen Bjaoui¹ Benoît Larroque² Lotfi Khmissi³ Franck Luthon⁴ Anis sellami⁵
marwen.bjaoui@univ-pau.fr benoit.larroque@univ-pau.fr lotfi8000@gmail.com
franck.luthon@univ-pau.fr

^{1,2,4} IUT de Bayonne Pays Basque, Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA

³ Centre de recherche et technologies des énergies (CRTEn), Hammam Lif 2050, Tunisie

⁴ Laboratoire d'Informatique LIUPPA, Anglet, EA3000

^{1,2} Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur SIAME, Anglet, EA 4581

⁵ Laboratoire LISIER, Ecole nationale supérieur des ingénieurs de Tunis, Tunisie

Thèmes : *Energie renouvelable – Système de conversion d'énergie – Gestion de l'énergie – Contrôle et commande.*

Résumé – *Cet article porte sur l'étude de l'impact énergétique de l'implantation d'un micro réseau non autonome photovoltaïque / Eolien / Batterie (PV/E/Bat) sur le site géographique de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Bayonne. La production du micro réseau serait vouée à être intégrée au réseau électrique national. Cette étude est basée sur la conception d'un système de contrôle du micro-réseau par une approche de commande par mode glissant (CMG). De plus, un système de gestion de l'énergie (SGE) basé sur des mesures réelles pour une répartition optimale de l'énergie est présenté. Ce système garantit la distribution des flux de puissance et un fonctionnement à moindre coût tout en prolongeant la durée de vie de la batterie face aux changements des conditions climatiques et du prix de l'énergie pour répondre à la demande en électricité du réseau. Le bilan de puissance est évalué en analysant la puissance délivrée par chaque unité de production, le coût d'exploitation et l'état de charge de la batterie (SOC). Des simulations approfondies sous l'environnement Matlab/Simulink sont présentées. Les résultats de simulation prouvent l'efficacité et la robustesse des approches CMG et SGE proposées pour atteindre les objectifs économiques et énergétiques.*

Mots-Clés – *énergie renouvelable ,contrôle mode glissant, système de gestion de l'énergie, micro-réseau.*

1 Introduction

L'utilisation des énergies renouvelables devient incontournable pour la transition énergétique. La nature fluctuante des sources renouvelables est un défi pour s'adapter à l'intégration dans un micro-réseau électrique intelligent [1]. En ce sens, les systèmes de stockage d'énergie (SSE) sont des éléments importants pour faire face à l'intermittence de la production renouvelable, agissant pour maintenir l'imprévisibilité de la demande d'énergie et permettant ainsi de contrôler le flux d'énergie en fonction des besoins de la charge et de la disponibilité réseau [2-3]. La figure (1) illustre un micro-réseau non autonome composé de ressources énergétiques distribuées telles que le photovoltaïque, l'éolien et un système de stockage d'énergie par batterie (SSEB). L'ensemble est connecté via des convertisseurs électroniques de puissance à un bus continu (CC) commun. Ces sources sont connectées au réseau électrique basse tension. Lorsqu'un système hybride à énergie renouvelable (SHER) connecté au réseau électrique (RE) est étudié, un paramètre important à prendre en compte est la méthode de contrôle, qui garantira un flux d'énergie approprié entre les sources et la charge. La méthode retenue ici est le contrôle par mode glissant non linéaire (CMG) car elle permet d'améliorer la surveillance et les performances du système [4]. Pour améliorer la fiabilité de l'approvisionnement énergétique et la durée de vie du système, et préserver la stabilité du micro-réseau, celui-ci doit disposer de moyens de mesure et de contrôle en temps réel appelé SGE, comme le montre la figure (1) [5].

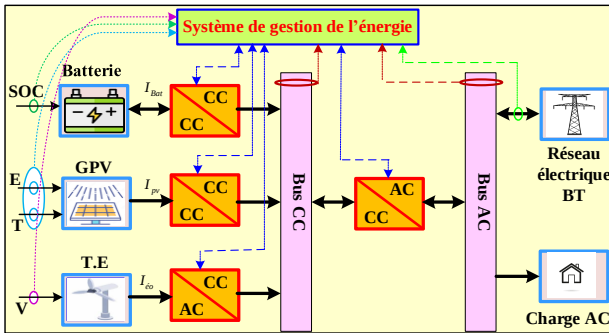


Figure 1 – Configuration typique du micro-réseau.

Le but de cet article est de concevoir des outils de commande et de supervision qui visent à valoriser le micro-réseau en augmentant sa fiabilité, minimiser le coût énergétique et favoriser la production des énergies renouvelables.

2 Description du système énergétique hybride de micro-réseau proposé

Le système de production d'énergie hybride conçu se compose d'un générateur photovoltaïque (GPV), d'une turbine éolienne (TE) et d'un système de stockage à batteries. L'ensemble des sources est connecté au réseau électrique via des convertisseurs de puissance. Chaque unité de production est d'abord modélisée mathématiquement [3]. Par souci de simplicité, une

modélisation du courant est utilisée, dans laquelle la sortie et l'entrée de chaque unité de production sont exprimées en termes de courant. La représentation schématique du système d'alimentation hybride est présentée sur la figure (2). La demande considérée est une charge alternative. La production combinée des sources d'énergie solaire et éolienne est appelée production d'énergie renouvelable. Le GPV et la TE sont connectés au bus continu, comme le montre la figure (2) via un hacheur survolteur et un redresseur commandé triphasé, respectivement. Les batteries sont chargées et déchargées par des courants continus, à l'aide d'un convertisseur bidirectionnel en courant conformément à la stratégie de répartition envisagée. Toutes les sorties de courant continu sont converties en courant alternatif par un onduleur triphasé à deux niveaux avant d'alimenter la charge.

3 Commande et gestion de l'énergie du SHER

La figure (2) montre les différentes structures de commande par mode glissant d'ordre supérieur de type supertwisting (ST) synthétisées pour le contrôle du SHER. Chaque convertisseur de puissance est contrôlé par une loi de commande $u(t)$ qui dépend de l'ordre du système [4]. Elle est formée d'une partie discontinue et d'une partie continue définie par:

$$u(t) = u_{eq} - \lambda |s|^{\alpha} \text{sign}(s) - \beta \int \text{sign}(s) dt$$

où s désigne la surface de glissement, λ et β sont deux constantes positives, u_{eq} la partie de la loi de commande définie par la dérivée de s par rapport au temps est nulle et $\alpha=0.5$.

La figure (1) présente l'interconnexion entre les différents systèmes de conversion d'énergie et le SGE. En fait, il collecte les données nécessaires, réalise un traitement et prend des décisions afin d'équilibrer le déficit d'énergie entre la somme des puissances produites et la puissance consommée par la charge électrique. De plus, le SGE génère le courant de référence pour le contrôle des convertisseurs PV, batterie et TE pendant les fluctuations des conditions climatiques du site IUT de Bayonne et de la demande de charge. Aussi, le SGE est conçu avec les limites du SOC de la batterie : $20\% \leq \text{SOC} \leq 80\%$. Deux autres facteurs de décision sont introduits : le coût d'achat d'électricité du réseau et le coût de décharge d'une batterie [2,4]. Ces deux facteurs permettent de garantir la distribution des flux de puissance et un fonctionnement à moindre coût tout en prolongeant la durée de vie de la batterie face aux variations des conditions climatiques, du prix du kilowattheure (kWh) et de la demande de charge. En cas de demande plus faible et de production d'énergie renouvelable élevée, le SSEB reçoit le surplus de puissance jusqu'à ce qu'il atteigne sa limite de charge. Puis, en cas de faible énergie renouvelable et en fonction de la comparaison du coût du kWh vendu et du coût de décharge du SSEB, le SGE décide de fournir la puissance nécessaire à partir du SSEB jusqu'à la limite inférieure du SOC ou du réseau électrique. Aussi, le SGE assure la continuité de service en fournissant la puissance nécessaire lorsque le SSE atteint sa limite du SOC inférieure.

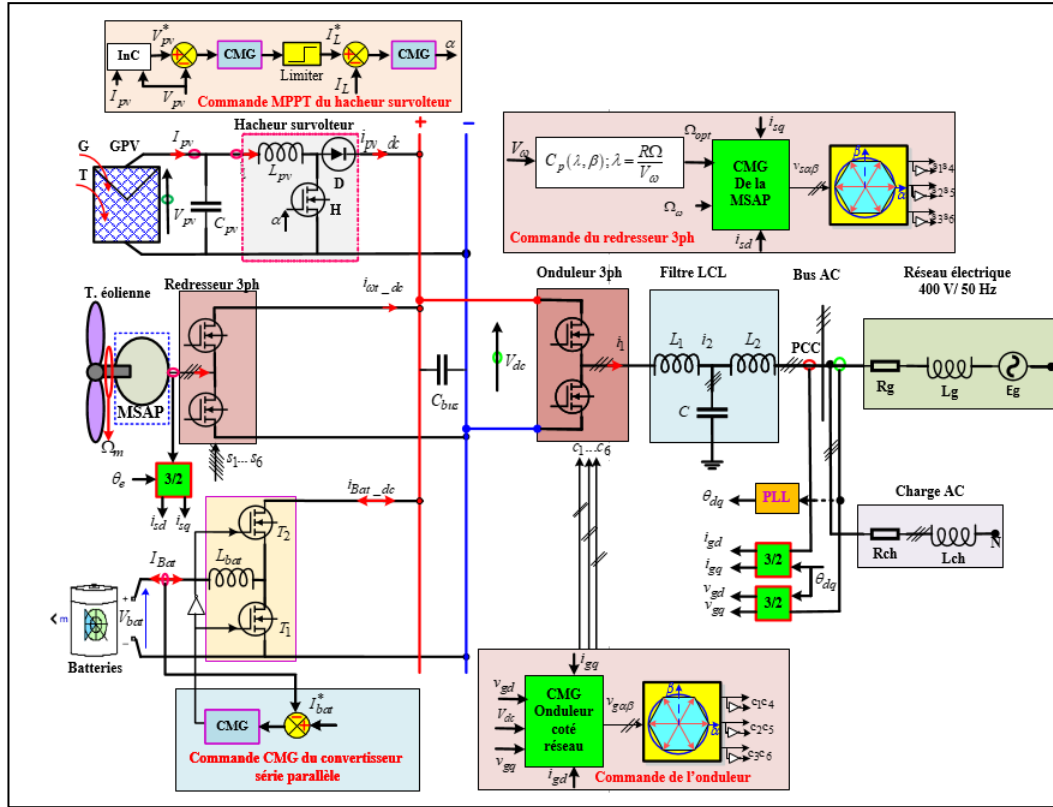


Figure 2 – Commande par mode glissant du SHER

4 Résultats de simulation et discussion

Les résultats de simulation du système proposé sont présentés et validés sous l'environnement MATLAB/Simulink. Les courbes de puissance générées par le SHER ont été déterminées en fonction des décisions du SGE. La figure (3) montre la distribution de puissance active lors du fonctionnement avec le SGE proposé. Pendant l'intervalle de temps de 5 à 10 h, les sources PV et éolien ne fournissent pas assez de puissance (ligne violette et bleue), pour respecter le bilan de puissance.

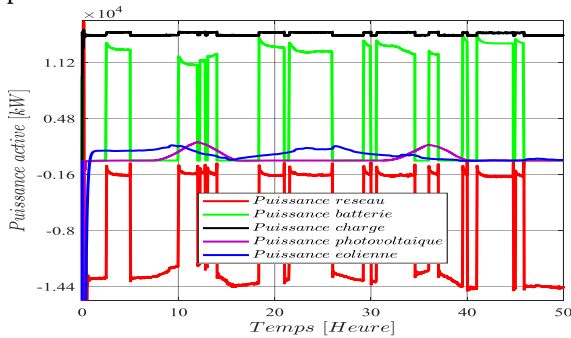


Figure 3 – Distribution de la puissance active des différentes sources.

5 Conclusion et perspective

L'intégration de ressources renouvelables dans le réseau électrique permet de contribuer à un développement énergétique durable. Cependant, La nature intermittente des énergies renouvelables nécessite des algorithmes de

contrôle et des systèmes de gestion de l'énergie performant. Un SGE proposé a été mis en œuvre pour assurer la meilleure gestion de l'énergie afin d'ajuster tout écart entre la puissance de la charge et de la source. Ainsi, des structures de commande robuste sont synthétisées pour le contrôle du SHER afin de garantir un fonctionnement performant et stable même dans des conditions climatiques et de charge variables.

Les résultats de simulation prouvent la robustesse des contrôleurs proposés et l'efficacité du SGE. Dans le cadre de travaux futurs, il sera très intéressant de valider les performances du système étudié en intégrant des observateurs par mode glissant ainsi que d'implanter les stratégies de commande adoptées sur un site pilote.

Références

- [1] Hadi Taghavifar, Hamid Taghavifar, *Adaptive robust control-based energy management of hybrid PV-Battery systems with improved transient performance*, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 10, 8 February 2021, Pages 7442-7453.
- [2] Dorahakia S, Dashtia R, Reza Shaker H, *Optimal energy management in the smart microgrid considering the electrical energy storage system and the demand-side energy efficiency program*, Journal Energy Storage 2020, 28, 101229.
- [3] Armghan A, Azim M, Armghan H, Yang M, Alenezi F., Hassan M, *Dynamical Operation Based Robust Nonlinear Control of DC Microgrid Considering Renewable Energy Integration*, Energies 2021(mdpi), 14, 3988.
- [4] Hammad Armghan, Ming Yang, Naghmesh Ali, Ammar Armghan, Abdulaziz Alanazi, *Quick reaching law based global terminal sliding mode control for wind/hydrogen/battery DC microgrid*, Applied Energy, volume 316, 15 June 2022, 119050.