

LABO-Institut Pascal, Axe PHOTON

Directeur de thèse : Prenom Kambiz Nom TEHRANI (MCF-HDR), email : kambiz.tehrani@uca.fr

Co-encadrant : Prenom Nom (fonction), email

Titre du sujet de thèse

Modélisation et conception d'un système énergétique multisource et multistockage pour nanogrid

Résumé du sujet de thèse :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la transition énergétique et représente un enjeu majeur pour les systèmes de stockage d'énergie, en particulier dans le domaine des énergies renouvelables. Ces dernières sont intermittentes et dépendent de plusieurs paramètres tels que l'ensoleillement, la température, la vitesse du vent, la direction du vent etc. Il est donc essentiel d'adapter les stratégies de gestion de l'énergie afin d'optimiser l'utilisation des énergies renouvelables, notamment en ce qui concerne le stockage. Ce projet sera le premier, à l'échelle nationale, à proposer un système de stockage multi-vecteurs au service de nanogrids, reposant sur des batteries, des supercondensateurs et des batteries de sable. L'objectif est d'optimiser le stockage de l'énergie et de minimiser les pertes énergétiques liées à l'intermittence, en particulier lors des pics de production. Les batteries de sable constituent un dispositif de stockage thermique innovant, développé pour la première fois en Finlande. Elles permettent de convertir l'électricité excédentaire issue des énergies renouvelables en chaleur. Cette chaleur est ensuite utilisée pour augmenter la température du sable contenu dans la cuve. Enfin, des réseaux de transfert thermique installés à l'intérieur de la cuve assurent le transport de l'énergie stockée vers le système de chauffage raccordé. Dans ce projet, le système de stockage principal reposera sur des batteries reconditionnées (seconde vie) et des supercondensateurs, tandis que l'excédent d'énergie verte sera stocké dans les batteries de sable, considérées comme un système de stockage auxiliaire. La plateforme constituera une petite installation expérimentale permettant de faire cohabiter un système de stockage multi-vecteurs au service de nanogrids intelligents. Le terme « intelligent » renvoie à la gestion énergétique avancée qui sera développée dans le cadre de cette thèse pour de très petits réseaux locaux.

En résumé, ce système de stockage combine des technologies électrochimiques, électrostatiques et thermiques pour les nanogrids. Une recherche bibliographique montre qu'à ce jour, un tel système de stockage au service de nanogrids n'existe pas. Quelques articles récents présentent les avantages des systèmes multi-stockages. Les deux articles ci-dessous abordent la notion de système multi-vecteurs, mais il ne s'agit pas d'une combinaison de plusieurs technologies de stockage pour des nanogrids.

1) Sampson Tetteh, Gabriel Juul, Mika Järvinen, Annukka Santasalo-Aarnio, "Improved effective thermal conductivity of sand bed in thermal energy storage systems", Journal of Energy Storage, Volume 86, Part B, 2024, 111350, ISSN 2352-152X, <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111350>.

2) Abdollah Younesi, Hossein Shayeghi, Adriano Sciacovelli, Pierluigi Siano, "Scenario-based sensitivity-driven energy storage optimization for economic and carbon efficiency in multi-vector energy communities", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 171, 2025, 111007, ISSN 0142-0615, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2025.111007>.

Ce projet constituera un excellent point de départ pour évoluer vers des capacités de stockage de grande ampleur, en combinant plusieurs approches de stockage à grande échelle. Il contribuera indéniablement à la concrétisation de ce concept innovant au service des nanogrids. À l'issue de cette thèse, un projet de plus grande envergure pourra être envisagé. Les travaux menés permettront à l'Institut Pascal de valider le concept grâce à des résultats expérimentaux.

Une telle thèse représente un atout majeur dans le domaine du stockage des énergies renouvelables et constitue un défi scientifique important pour la diversification de solutions de stockage innovantes adaptées aux énergies intermittentes. De plus, ce projet pourrait ouvrir de nouvelles perspectives à l'échelle industrielle, tant en matière de technologies associées que de méthodes de mise en œuvre, de maintenance ou de contrôle.

Dans ce projet, une collaboration avec l'Université de Picardie sera envisagée pour la partie expérimentale et certains équipements, afin de valider le concept d'un système multi-stockages de petite capacité (de quelques centaines de watts à quelques kilowatts). L'objectif de cette thèse est de développer une petite plateforme (TRL 3 ou 4) permettant de valider le concept dans un premier temps, avant de viser une échelle de stockage plus importante dans le cadre d'un futur appel à projets régional, national, européen ou industriel.

