

## 12 – Katherine ALVINO

Titre : Validation d'une approche globale de modélisation couplée thermique électrique de bâtiments intégrant un système photovoltaïque. Algorithme d'aide à la conception de projet d'installations photovoltaïques

DT : Maroun Nemer, MT Boutros Ghannam

CIFRE BBS

### Contexte et enjeux\*

L'intégration de sources de production d'énergie renouvelable et l'utilisation des matériaux de construction à faible impact environnemental deviennent les deux éléments incontournables dans les nouveaux projets de construction. Parmi ces solutions, l'intégration de solution PV associée à la notion d'un pilotage intelligent et d'objets connectés ainsi que le stockage constituent des opportunités majeures pour la gestion locale de l'énergie à l'échelle de bâtiments ou bien d'îlots. Les besoins énergétiques étant de nature multiples (chauffage, froid, électrique), il est primordial d'avoir une vision systémique de la demande en énergie et en puissance. L'intégration de la notion du stockage devient également un enjeu clé pour l'optimisation globale des projets.

On s'intéresse ici particulièrement à la mise au point et à la validation d'une approche de modélisation permettant la prise en compte de l'ensemble de la chaîne énergétique d'un système photovoltaïque intégrant l'ensemble de la chaîne considérée depuis le potentiel de production, en passant par les panneaux, la chaîne de conversion et de stockage jusqu'à l'utilisation. Le volet utilisation doit prendre en compte les multiples types d'usage (thermique et électrique).

Pour se faire, la thèse doit comporter les étapes suivantes :

- Fiabilisation d'un outil de modélisation rapide de la production des panneaux photovoltaïques.
- Intégration des paramètres de vieillissement des panneaux afin d'évaluer l'évolution dans le temps de la production photovoltaïque.
- Couplage avec un modèle thermique dynamique intégrant les usages électriques dans le bâtiment. Application à l'optimisation de dimensionnement des installations.
- Analyse multicritères de sensibilité en vue de la garantie des performances.

Une validation systématique étape par étape sera effectuée afin d'évaluer la précision des résultats obtenus.

### Objectifs scientifiques

La thèse vise la mise en place d'une approche de modélisation fiabilisée d'une installation de panneaux photovoltaïques couplée au bâtiment. La démarche permettra de simuler à la fois l'offre et la demande en énergie (thermique et électrique).

Pour ce qui est de la production PV, la démarche vise à mettre en place et à valider un outil d'aide à la conception et de simulation permettant d'évaluer, à partir de données de localisation des zones d'intégration des panneaux et de la météo locale, la puissance nette produite (intégrant le vieillissement des panneaux mais également la chaîne de conversion).

La demande intégrera à la fois les besoins de chauffage et de climatisation mais également les autres besoins et particulièrement les besoins électriques.

L'originalité scientifique réside dans le développement d'une approche globale à partir de briques logicielles qui doivent être validées successivement en comparant pour chacune de ces briques les résultats avec ceux issus de logiciels de référence.

Une fois finalisé, l'outil sera couplé à des algorithmes permettant la réalisation des études de sensibilité systématique. Ce couplage permettra d'exploiter la chaîne logicielle dans l'optique de réaliser des optimisations de dimensionnement mais également d'évaluer les intervalles de confiance pour un projet d'installation photovoltaïque.

### **Approche - Méthodes**

La méthode proposée se décline donc en trois grandes étapes précédées par un état de l'art exhaustif :

- La mise en place des briques de modélisation et leur validation étape par étape en comparant les résultats avec des outils de référence, en particulier pour l'étape de modélisation des flux solaires et les aspects multi-réflexions. Pour ce faire, les logiciels de référence seront définis au début des travaux ainsi que les cas de validation. A noter également que cette phase permettra de disposer d'outils de simulation de la demande en énergie. Dans cette partie également, nous intégrerons les aspects vieillissement des panneaux ainsi que d'autres éléments clé de modélisation qui s'avèrent d'une importance majeure.
- Couplage des outils avec des logiciels de calcul de sensibilité, nous utiliserons deux familles d'outils dont une de référence basée sur des approches de type Monte-Carlo et l'autre utilisant des approches plus rapide (optimisation bayésienne ou MILP ou MINLP).
- La dernière étape consiste en l'application de la démarche validée précédemment. Elle permettra, par exemple, de mettre à profit l'outil pour proposer un dimensionnement optimal des panneaux dans un contexte donné ou bien de définir l'intervalle de confiance d'une solution d'intégration et de dimensionnement proposée. Il s'agit avant tout d'une étape d'exploitation de l'outil sur un ou plusieurs cas d'étude. Ces cas seront définis en s'inspirant de cas pratiques d'utilisation voire même permettant de représenter des projets passés ou en cours de réalisation. Une validation expérimentale pourrait également être envisagée.

### **Résultats attendus**

Les résultats attendus en trois catégories :

- D'abord des algorithmes validés de modélisation rapide du rayonnement avec prise en compte de l'effet de l'ombrage. D'autres algorithmes seront également développés (vieillissement des panneaux, prise en compte de la chaîne de conversion, autres).
- Chainage logiciel et couplage avec des outils d'optimisation et de calcul de sensibilité. Exploitation des outils développés et validés pour des applications type conception d'installation et fiabilisation d'installation. Une première extension sur la garantie des performances des installations (au moins sur la définition des intervalles de confiance).