

Modélisation et caractérisation de modules photovoltaïques bifaciaux – performances en milieu enneigé

Les performances des modules photovoltaïques (PV) n'ont pas cessé d'évoluer depuis quelques années pour atteindre des valeurs supérieures à 20%. Ceci a été possible par un effort important réalisé sur l'architecture des cellules solaires au travers des gains sur l'absorption de la lumière et une meilleure collecte des charges photogénérée, notamment pour les cellules bifaciales. Il faut souligner d'une part que ces modules ont été imaginés et améliorés dans un but de fonctionner dans une configuration extérieure sous forme de champ PV, d'autre part, leur optimisation est réalisée sous conditions standards ou la température est fixée à 25°C.

L'utilisation des modules dans les conditions d'enneigement peut considérablement modifier leurs performances. Ceci est lié à l'ombrage lié à la neige en surface des modules, mais également au microclimat autour du module (température, rayonnement diffus environnant, rayonnement réfléchi par le sol) et à l'orientation et à l'inclinaison des composants. De plus, des conditions d'installation non optimisées ont pour effet de favoriser la présence de neige sur les modules ou d'augmenter la température, ce qui peut dégrader la production électrique (estimée à -0,4% par degré).

Le laboratoire INL a développé des modèles multiphysiques couplant les effets thermiques et électriques dans les cellules solaires et les modules. Par ailleurs, le LN2 opère un champ photovoltaïque d'1MWc composé de modules mono et bifaciaux, dans un environnement nordique.

En s'appuyant sur la modélisation et les données expérimentales, ce projet de thèse vise à expliciter l'impact de la neige sur la production électrique des modules PV mono et bifaciaux, et à proposer des modes d'installation maximisant la production d'électricité annuelle.

1 Objectifs scientifiques et applications visées

L'objectif général de ce projet de recherche est de contribuer à lever les différents verrous scientifiques limitant la production photovoltaïque en conditions de fort enneigement. Ceci relève principalement du manque de connaissance des mécanismes physiques régissant le comportement de tels composants dans les conditions réelles de fonctionnement :

- Comment prendre en compte les conditions aux limites thermiques et radiatives réelles : albédo de la neige, spectre et variation de la position du soleil ?
- Comment les matériaux composant les modules PV, réagissent aux fluctuations de température dans le temps ?
- Comment les composants des modules PV et les structures sur lesquelles les modules sont installés, interagissent avec un couvert neigeux, et peuvent favoriser ou prévenir le déneigement ?

Dans ce cadre, de nombreux problèmes scientifiques se posent et font appel à une modélisation multiphysique (voir figure 1).

L'évolution des propriétés des matériaux du module va avoir un impact sur ses performances et sur sa capacité à résister aux attaques du temps. Ces dégradations dépendent fortement de l'architecture des modules. L'objectif de la modélisation est de permettre un criblage des matériaux candidats à la composition du module sans nécessiter la réalisation de centaines de prototypes avant d'identifier une solution viable dans le temps. De plus, le modèle permettra de déterminer les conditions favorisant la fonte de la neige à la surface du module photovoltaïque, en fonction de ses caractéristiques (mono ou bifacial, installation portrait ou paysage, avec ou sans cadre ...) La partie expérimentale reposera sur les données de production du parc solaire du LN2 (voir figure 2), et sur des expérimentations à échelle 1 qui seront installées et monitorées sur la plateforme du LN2 à Sherbrooke (figure 3).

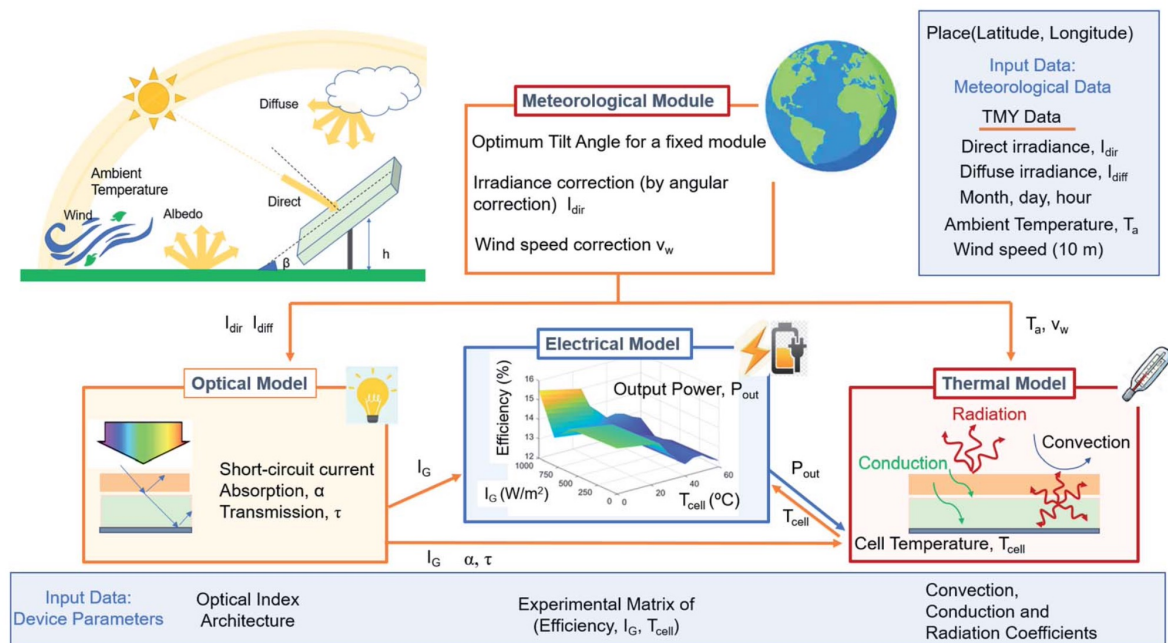


Figure 1: Organigramme général du modèle multi-physique.

2 Profil de la personne candidate et environnement de travail

Passionnée par les énergies renouvelables et le photovoltaïque, la personne candidate devra posséder un solide bagage scientifique en physique ou en génie électrique. Combinant un goût pour le travail de modélisation et expérimental, elle devra faire preuve d'autonomie et de flexibilité pour évoluer au sein d'un environnement de travail collaboratif et international.

Le travail se déroulera à temps équivalent au sein du laboratoire INL à Lyon, France, et LN2 à Sherbrooke, Québec, Canada. Il sera sanctionné par un double diplôme de docteur des Universités de Lyon et de Sherbrooke.



Figure 2 : Photo d'une partie du parc solaire du LN2

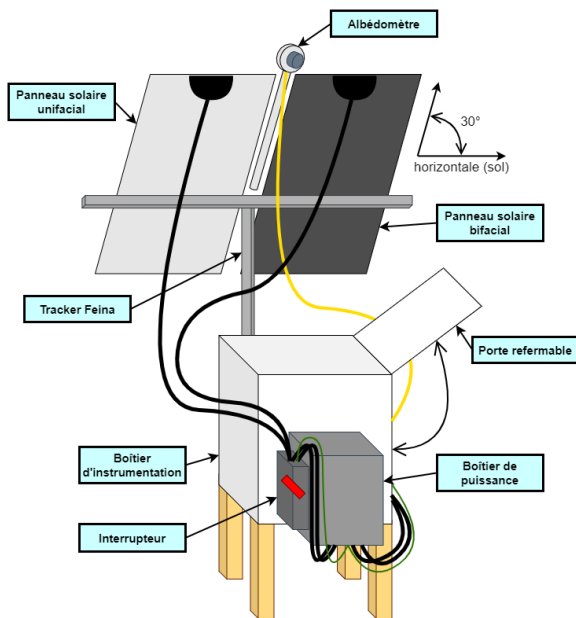


Figure 3 : Exemple de dispositif expérimental permettant d'étudier l'enneigement des modules photovoltaïques (gauche) : schéma ; (droite) système actuellement en place