

## Offre de thèse

<b>Sujet</b>	<b>Modules PV Haute Tension : Investigation des Modes de Dégradation</b>
<b>Mots clés</b>	Photovoltaïque, matériaux isolants, polymère, isolation électrique, haute tension, dégradation.
<b>Contexte /objectif</b>	<p>Les modules photovoltaïques (PV) jouent un rôle essentiel dans la décarbonation de l'énergie électrique. Dans un système photovoltaïque (PV), les panneaux solaires individuels sont connectés en série pour former des chaînes, dans lesquelles les tensions de chaque module s'additionnent. Depuis 2016, la norme limite la tension maximale par chaîne à 1500 V, ce qui représente une augmentation par rapport aux limites précédentes de 600 V puis 1000 V au début des années 2010. L'augmentation de la tension du système vise à réduire les coûts d'investissement (BOS) afin de diminuer le coût complet sur la durée de vie du système (LCOE). Une augmentation supplémentaire de la tension pourrait continuer à réduire le LCOE et donc davantage favoriser le développement du PV. Les premières étapes vers des systèmes à 2000 V sont déjà en cours au niveau mondial.</p> <p>Le système de 2000 V ne constitue pas une limite physique. Des travaux menés au CEA ont montré que des systèmes photovoltaïques fonctionnant à 3000 V, voire 6000 V, pourraient offrir des avantages économiques plus importants. Cependant, atteindre de telles tensions présente des défis techniques majeurs et nécessite une redéfinition complète de l'architecture du système PV. En effet, les différences de potentiel élevées ont été identifiées comme étant à l'origine de mécanismes de dégradation spécifiques, regroupés sous le terme de Potential Induced Degradation (PID). Plusieurs facteurs propres aux modules ont été identifiés comme influençant la gravité du PID, notamment les propriétés de la cellule solaire, la composition du verre, le type d'encapsulant polymère, et la conception globale du module. L'état de l'art montre aussi les limites de la compréhension de ces phénomènes.</p>
<b>Programme d'étude</b>	<p>L'objectif est d'approfondir la compréhension des phénomènes de PID sous haute tension. La méthode sera d'identifier et de caractériser les exigences nécessaires pour que les modules PV puissent supporter des tensions élevées, en combinant approche expérimentale et simulation.</p> <p>Les principaux axes de travail sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractérisation des matériaux PV sous champ électrique élevé : comportement diélectrique et électrique des matériaux PV sous champ fort dans différents environnements contrôlés.</li> <li>- Caractérisation des matériaux PV vieillissants : impact du vieillissement environnemental sur les propriétés physiques et diélectriques des matériaux PV et leur susceptibilité au PID.</li> <li>- Essais PID sur mini-modules : influence du vieillissement, de la technologie de cellule et des conditions environnementales sur l'apparition et la sévérité du PID.</li> <li>- Simulation numérique des modules PV : modéliser la distribution du champ électrique dans les modules PV et évaluer l'influence des matériaux et de la conception sur l'intensité locale du champ.</li> <li>- Développement de stratégies de mitigation du PID : proposer et valider des méthodes pour réduire ou prévenir le PID, basées sur les résultats expérimentaux et les simulations.</li> </ul>
<b>Lieu</b>	Cette thèse sera effectuée au CEA - INES du Bourget-du-lac, à proximité de Chambéry, et au Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble, G2Elab, à Grenoble. Les essais seront réalisés dans les deux centres de recherche selon les équipements utilisés. Les deux sites sont à 1 h de distance, permettant des échanges fréquents.
<b>Formation</b>	Ingénieur ou Master, de préférence de formation sciences des matériaux
<b>Rémunération</b>	Bourse CEA
<b>Encadrement</b>	Maxime BABICS (Ingénieur de Recherche Photovoltaïque CEA-INES) <a href="mailto:maxime.babics@cea.fr">maxime.babics@cea.fr</a> Pascal RAIN (Professeur / Université Grenoble Alpes) <a href="mailto:pascal.rain@g2elab.grenoble-inp.fr">pascal.rain@g2elab.grenoble-inp.fr</a>