

## Sujet de Stage M2 :

### Pronostic de l'état de santé en ligne de modules électroniques de puissance pour des applications d'énergies renouvelables

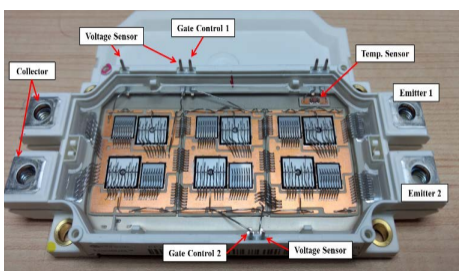
#### Contexte

Dans le contexte de la transition énergétique et de l'insertion massive d'énergie renouvelable, le recours aux technologies à base d'électronique de puissance est appelé à se multiplier dans les infrastructures de réseau.

En cohérence avec la stratégie du groupe EDF et de sa R&D, EDF cherche à développer des solutions de "Health monitoring" et de pronostic de durée de vie afin de répondre aux enjeux du groupe EDF en matière de maîtrise et d'optimisation de la gestion de ses actifs tout au long de leur durée de vie en opération.

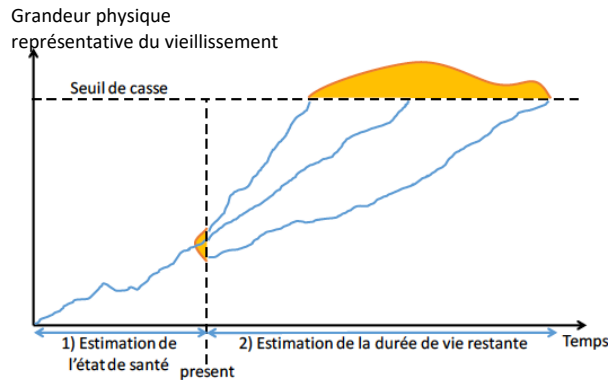
Les modules semi-conducteurs de puissance de type IGBT sont les éléments clés de la chaîne de conversion de puissance. De nos jours, ils sont largement utilisés dans les applications transports ou encore pour la conversion d'énergie renouvelable (convertisseurs HVDC, EnR photovoltaïque, éolien, Stockage par batteries, H<sub>2</sub>...). Dans ces derniers types d'applications, lors de leur fonctionnement, les modules de puissance sont exposés à des contraintes environnementales et fonctionnelles qui peuvent être sévères (température ambiante, cyclage thermique, humidité, environnements marins ou désertiques...) qui impactent leur durée de vie. En effet, ces composants restent les éléments les plus fragiles des systèmes de conversion d'énergie électrique. Il est donc nécessaire d'établir une surveillance fiable de leur état de santé d'autant que ces systèmes de conversion sont souvent isolés et parfois difficiles d'accès. Au-delà de la simple surveillance, il est également nécessaire de disposer d'outil de prédiction (pronostic) de leur état de santé dans le futur et pouvoir estimer des durées de vie restantes pour des besoins de maintenance prédictive.

La technologie des modules IGBT est cependant considérée mature et les modes de défaillance sont connus et concernent principalement le packaging. Les deux types de dégradations possibles sont les fils d'interconnexions internes et les brasures (voir la figure ci-dessous) et ne dépendent donc que des conditions d'utilisation, des conditions environnementales et de la technologie des modules.



#### Mission

L'objectif du stage est d'identifier et mettre en place la méthode la plus adaptée au problème de la prédiction en ligne de durée de vie restante (*RUL*, "*remaining useful lifetime*") des modules de puissance avec un indicateur de confiance.



Dans un premier temps il s'agira de réaliser un travail bibliographique afin de faire :

- i) une acquisition de connaissances sur les profils de missions des modules de puissance à IGBT pour différentes applications et faire une analyse des profils de stress types;
- ii) un état de l'art sur les paramètres précurseurs de dégradation des IGBT afin d'identifier les indicateurs de suivi de l'état de santé les plus pertinents au regard des profils de stress;
- iii) un état de l'art général des techniques de pronostic avec un focus sur celles basées sur les modèles.

Dans un deuxième temps, moyennant quelques hypothèses sur les dégradations, il s'agira de choisir, construire et tester une méthode de pronostic basé sur un modèle d'évolution de l'indicateur de vieillissement le plus pertinent défini dans la première étape. Le choix du modèle sera à faire parmi un ensemble restreint issu de l'état de l'art. Un modèle déjà développé au laboratoire sera analysée particulièrement. Le test de la méthode se fera sur un ensemble de données issu de tests accélérés de vieillissement sous différentes conditions de stress et déjà disponibles au laboratoire. Une partie des données d'essais de vieillissement permettront de construire le modèle, le reste servira à tester sa robustesse.

#### Références bibliographiques :

- 1) N. Degrenne, J. Ewanchuk, E. David, R. Boldyrjew, S. Mollov "A Review of Prognostics and Health Management for Power Semiconductor Modules," in PHM society 2015
- 2) A. Alghassi, "Prognostics and Health Management of Power Electronics", PhD Thesis, Cranfield University, 2016
- 3) N. Dornic et al., " Stress-Based Model for Lifetime Estimation of Bond Wire Contacts Using Power Cycling Tests and Finite-Element Modeling", IEEE Jour. Of emerging and selected topics in power electronics, vol. 7, n°3, 2019
- 4) C. Chen et al., " PHM Application of Power Converters Using Health Precursor of Power MOSFETs", PHM Conference-Beijing, 2015.

#### Profil souhaité :

Elève d'une grande école d'ingénieurs ou Master 2 dans le domaine de l'électricité, de l'électrotechnique et plus particulièrement de l'électronique de puissance, vous savez faire preuve d'autonomie, d'initiative et de rigueur. Vous avez l'esprit synthétique. Vous possédez de bonnes compétences organisationnelles et rédactionnelles. Vous maîtrisez les techniques et les outils de simulation pour l'électronique de puissance.

Bon niveau d'anglais (littérature scientifique et rapports techniques).

Vous aimez les challenges ? Envoyez votre candidature (CV, lettre de motivation et relevés de notes des 2 dernières années)

**Informations pratiques :**

Le stage est rémunéré

Le stage débutera idéalement en mars/avril 2023 à temps plein pour une durée de 5 à 6 mois.

Le stage se déroulera au sein du laboratoire SATIE, sur son site de Versailles, dans le cadre d'une collaboration avec EDF R&D.

Possibilité de prolongation en thèse CIFRE avec EDF R&D

**Contacts :**

- Ali IBRAHIM, labo SATIE, e-mail: [ali.ibrahim@univ-eiffel.fr](mailto:ali.ibrahim@univ-eiffel.fr), tel: 0130843990
- Zoubir KHATIR, labo SATIE, e-mail: [zoubir.khatir@univ-eiffel.fr](mailto:zoubir.khatir@univ-eiffel.fr), tel: 0130843976
- Sébastien CORNET, EDF R&D, e-mail : [sebastien.cornet@edf.fr](mailto:sebastien.cornet@edf.fr)