# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

**(Arrêté du 25 mai 2016)**

Date de la soutenance : **12 juin 2023**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **M. VELAZCO NAVARRO Diego Alejandro**

Titre de la thèse : *« Du diagnostic au pronostic de l'état de santé des IGBT dans un convertisseur modulaire multiniveaux pour les réseaux HVDC »*

# Résumé

Les réseaux de transport d'électricité doivent s'adapter pour faire face aux défis de la croissance de la demande d'énergie, de la rapide expansion des moyens de production des énergies renouvelables et de l'éloignement des centres de production et consommation. Dans ce contexte, la transmission d'énergie en courant continu à très haute tension (HVDC) commence à s'imposer comme la technologie privilégiée pour les applications de forte puissance.

Dans les systèmes de transmission HVDC, le convertisseur de puissance joue un rôle majeur. Cet équipement réalise la conversion du courant continu (DC) en courant alternatif (AC), pour pouvoir interfacer le lien HVDC au réseau de puissance existant en AC. Parmi les différents types des technologies des convertisseurs pour les réseaux HVDC, les convertisseurs à source de tension (VSC) supplantent peu à peu les convertisseurs à source de courant (LCC). En effet, ils fournissent des fonctionnalités améliorées comme un meilleur encombrement et une meilleure compatibilité avec un futur réseau maillé HVDC.

En ce qui concerne les topologies VSC, le convertisseur MMC est aujourd'hui la topologie de référence. Il s'agit d'une structure modulaire, composée principalement de piles de sous-modules (SMs). Chaque SM est composé en lui-même d'un condensateur et de modules IGBT utilisés pour l'insertion ou le bypass du condensateur.

Etant donné que le transport d'énergie est une application critique, les systèmes HVDC sont soumis à des normes de fiabilité et de disponibilité très exigeantes et le MMC ne fait pas l'exception. C'est pourquoi ce travail aborde la surveillance de l'état de santé et le pronostic de la durée de vie restante des IGBT présents dans les SMs du convertisseur. Ce travail se focalise sur les IGBT car ils ont été identifiés comme l'un des composants les plus fragiles dans les convertisseurs de puissance.

Une approche par analyse de la physique de la défaillance a été choisie pour mettre au point une méthodologie de pronostic de la vie restante du convertisseur. Cette démarche utilise le profil thermique subi par les semiconducteurs pour calculer la consommation de la durée de vie écoulée dans la période évaluée et en déduire la durée restante. Par ailleurs, cette démarche permet de faire des calculs de la fiabilité des SMs en considérant la consommation de la durée de vie et la fonction de fiabilité des éléments qui le composent. En outre, des calculs des niveaux de redondance à installer, pour répondre aux besoins de disponibilité, sont réalisés grâce à cette méthodologie.

Un autre sujet important abordé dans cette recherche est le suivi de la dégradation des modules IGBT. Pour étudier cela, un banc de cyclage actif a été développé. La tension $V_{CE(on)}$ a été choisie comme paramètre de surveillance pour suivre la dégradation du module tout au long des tests de cyclage. Par conséquent, une carte de mesure de cette tension a été développée et cette carte a permis de développer une méthode pour estimer la température de jonction des IGBT. Elle se base sur un filtre de Kalman, dont le réglage est réalisé en utilisant la méthode ALS qui permet d'obtenir le réglage optimal du filtre. Les essais ont aussi permis de tracer l'évolution d'autres paramètres sensibles à la dégradation.