



# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **21 février 2020**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur EL HAYEK Antoine**

Titre de la thèse : « Analyse du vieillissement, estimation de la durée de vie et méthode de surveillance de l'état de santé des condensateurs électrolytiques »

**Mots clés** : Condensateurs électrolytiques, Vieillissement, Durée de vie, État de santé, Diagnostic, Pronostic, Maintenance préventive conditionnelle, Maintenance prédictive

## Résumé



Avec l'émergence de nouvelles technologies, nous assistons au développement de techniques permettant d'améliorer la sûreté de fonctionnement et notamment la maintenabilité des convertisseurs statiques d'énergie et de leurs composants. Dans ces systèmes de conversion, les condensateurs électrolytiques, assurant un réseau DC stable, représentent un élément important de la chaîne de conversion de l'énergie électrique AC/DC et/ou DC/AC. En fonctionnement, ils sont sujets à des contraintes électriques et environnementales (température ambiante, ondulation de courant, tension appliquée, humidité, vibrations, etc.). Ces condensateurs subissent des réactions d'oxydo-réductions, qui consomment et évaporent de l'électrolyte. La durée de vie du condensateur en est alors affectée. Dès lors, il est intéressant d'estimer l'état de santé de ces composants afin de pouvoir programmer des opérations de maintenance. Il est donc utile d'élaborer des outils permettant d'appliquer une maintenance préventive conditionnelle. C'est dans ce cadre que nous avons effectué ces travaux dont l'objectif est de proposer un système de surveillance de l'état de santé des condensateurs électrolytiques. Nous avons donc développé des

modèles d'évolution de leurs indicateurs de vieillissement qui sont les variations de la résistance équivalente série ESR et de la capacité équivalente C. L'algorithme de prédiction se base sur l'évolution de ces indicateurs pour estimer l'état de santé et la durée de vie restante du module de condensateurs. Le système de surveillance en temps réel développé ne comporte pas de capteurs supplémentaires à ceux déjà existants dans les convertisseurs d'énergie considérés et ne nécessite pas d'essais de vieillissement accéléré préalables. Dans ce manuscrit, nous détaillons d'abord la procédure expérimentale de vieillissement accéléré, les différentes étapes de la caractérisation, le processus de vieillissement et les résultats associés. Nous proposons une méthode simple et efficace pour identifier les indicateurs de vieillissement ESR et C en temps réel. L'algorithme proposé est basé sur une mise à l'échelle temporelle et sur un référentiel de contraintes en température et en tension. Par la suite, les résultats de la simulation du système de surveillance et de la prévision de l'état de santé retenu sont présentés. Des essais expérimentaux ont été menés sur des condensateurs intégrés au sein d'un variateur de vitesse industriel de puissance 15 kW. Les algorithmes mis en œuvre et leurs contraintes d'implémentation respectives, pour une application temps réel, sont détaillés.

