



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **6 décembre 2018**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **EL GHOSSEIN Nagham**

Titre de la thèse : « **Étude et modélisation du fonctionnement et du vieillissement des « Lithium-Ion Capacitors » (LiC) »** »



Le « Lithium-Ion Capacitor » (LiC) est un supercondensateur hybride dont les caractéristiques peuvent être placées entre un condensateur à double couche électrique (supercondensateur) et une batterie lithium-ion. Il possède des densités d'énergie et de puissance intermédiaires grâce à sa composition hybride à base d'une électrode positive en charbon actif identique à celle d'un supercondensateur et d'une électrode négative en carbone pré-lithié identique à celle d'une batterie lithium-ion. L'objectif de cette thèse est d'étudier le vieillissement des LiC industrialisés aussi bien dans le cadre d'un vieillissement en stockage (calendaire) qu'en utilisation (cyclage). Une de leurs spécificités principales concerne l'évolution particulière de leur capacité en fonction de la tension à leurs bornes (C(V)). Le premier type de vieillissement qu'est le vieillissement calendaire permet de représenter le comportement des LiC lorsqu'ils sont stockés avant utilisation ou lorsqu'ils sont en veille. La dégradation de leurs paramètres liée au vieillissement, est alors essentiellement influencée par leur tension et la température. Des essais de vieillissement à trois tensions caractéristiques et deux températures différentes sont étudiés. L'évolution des impédances des cellules a été suivie tout au long du vieillissement afin d'identifier un modèle électrique de suivi du vieillissement dont les paramètres sont liés aux phénomènes électrochimiques. Par ces essais, la meilleure tension de stockage des LiC, permettant la prolongation de leur durée de vie a été mise en évidence. Par ailleurs, des mécanismes de vieillissement différents d'une tension caractéristique à l'autre sont révélés et soulignent la spécificité de fonctionnement des LiC. Ces résultats ont été confirmés par des analyses post-mortem. Le second type de vieillissement étudié est le vieillissement par cyclage qui prend en compte l'impact du courant sur la durée de vie des LiC. Le choix des profils de courant de cyclage a été effectué en considérant le principe de fonctionnement électrochimique des LiC. Les évolutions des impédances et des courbes C(V) des cellules sont comparées et interprétées. Les mécanismes de vieillissement prenant naissance lors du cyclage continu sont abordés. Ils dépendent de la fenêtre de potentiel sur laquelle les LiC fonctionnent pendant leur utilisation. La fenêtre de tension optimale qui assure une longue durée de vie des LiC est aussi mise en évidence.