

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique,
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : *Génie électrique*

Par

Jérémy BLANC

**Accumulateurs lithium-ion utilisés en régime impulsionnel :
modélisation thermoélectrique et prise en compte du vieillissement
pour la détermination de leur état de fonction
par une approche modèle.**

Thèse présentée et soutenue à Saint-Nazaire le 20 mars 2024

Unité de recherche : Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique (IREENA)

Rapporteurs avant soutenance :

Thierry POINOT
Demba DIALLO

HDR, Professeur des universités, Université de Poitiers
HDR, Professeur des universités, Université Paris-Saclay

Composition du Jury :

Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

Président : Prénom Nom
soutenance)

Examineurs : Nadia YOUSFI STEINER
Jean-Eric TORLAY

Dir. de thèse : François AUGER

Co-dir. de thèse : Emmanuel SCHAEFFER

Co-dir. de thèse : Jean-François COUSSEAU

Fonction et établissement d'exercice (8)(à préciser après la

Professeure des universités, Université de Franche Comté
Docteur, Thalès DMS, Brest

Professeur des universités, Nantes Université

Maître de conférences, Nantes Université

Dirigeant, One-sixone, Sainte-Luce sur Loire

Titre : Accumulateurs lithium-ion utilisés en régime impulsionnel : modélisation thermoélectrique et prise en compte du vieillissement pour la détermination de leur état de fonction par une approche modèle.

Mots clés : Batterie Li-ion, Modélisation, Identification, Diagnostic, État de fonction (SoF), État de santé (SoH), Courbe OCV-SOC, Méthodes de Monté Carlo.

Résumé : L'objectif de la thèse est d'estimer l'aptitude d'une batterie Li-ion à fournir la puissance électrique requise pour la mission à venir d'un système embarqué, sans sortir de son domaine de fonctionnement autorisé en température, état de charge, courant et tension. Une technique classique consiste à estimer la probabilité de succès de la mission par une méthode de Monté Carlo, en ayant recours à de multiples simulations de la batterie sur l'horizon d'observation. La difficulté de l'exercice tient ici au profil de puissance de type impulsionnel qui décharge la batterie en quelques minutes. Le cœur du travail de recherche a donc consisté à évaluer diverses structures de modèles thermo-électriques présentant le meilleur compromis

possible en termes de coût calculatoire et de fidélité de la simulation des phénomènes de diffusion. Deux structures de modèles ont retenu notre attention, toutes les deux issues de la réduction d'un modèle électrochimique pseudo-2D, mais avec des hypothèses simplificatrices plus ou moins fortes. Une seconde difficulté a consisté à initialiser les paramètres et les états du modèle pour chaque tirage aléatoire selon une loi de probabilité gaussienne. Pour cela, les contraintes de fonctionnement du système embarqué nous ont conduit à développer une méthode originale d'estimation rapide de la courbe reliant la tension à vide à l'état de charge de la batterie, celle-ci évoluant avec le vieillissement.

Title : Li-ion Cells used in Pulsed Mode: Thermoelectric Modeling with Aging Consideration for the Determination of their State of Function by Model Based Approach.

Keywords : Li-ion battery, Modeling, Identification, Diagnosis, State of Function (SoF), State of Health (SoH), OCV-SoC curve, Monte Carlo methods.

Abstract : The objective of the PhD thesis is to estimate the ability of a Li-ion battery to provide the electrical power required for the upcoming mission of an embedded system, without exceeding its allowed operating range in terms of temperature, state of charge, current and voltage. A traditional technique consists of estimating the probability of mission success using a Monte Carlo method, based on multiple simulations of the battery over the observation horizon. The difficulty here lies in the pulse-like power profile that discharges the battery in a few minutes. The core of the research work therefore consisted in evaluating various thermoelectric model structures offering the best

tradeoff in terms of computational cost and fidelity of the simulation of diffusion phenomena. Two model structures caught our attention, both derived from the reduction of a pseudo-2D electrochemical model, but with more or less strong simplifying assumptions. A second difficulty was to initialize the parameters and states of the model for each statistical tests according to a Gaussian probability distribution. To achieve this, the operating constraints of the embedded system led us to develop an original method for rapidly estimating the curve linking the open circuit voltage to the battery's state of charge, which changes as the battery ages.