

## Avis de Soutenance

Monsieur Charbel NOUHRA

Energétique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Etude expérimentale des transferts de chaleur et de masse mis en jeu lors de l'emballage thermique d'une cellule Li-ion.*

dirigés par Madame STEPHANIE DE PERSIS et Nabiha CHAUMEIX

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : ICARE - Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité, Environnement

Soutenance prévue le **vendredi 12 décembre 2025** à 9h30

Lieu : ICARE Campus CNRS, 1C avenue de la Recherche Scientifique - CS 50060, 45071 Orléans Cedex 2

Salle : de conférence ICARE

### Composition du jury proposé

Mme STEPHANIE DE PERSIS	Université d'Orléans/ICARE	Directrice de thèse
M. Olivier MATHIEU	Texas University	Rapporteur
M. Gilles CABOT	Université de Rouen/CORIA	Rapporteur
M. Pierre Xavier THIVEL	Grenoble INP - UGA/LEPMI	Examinateur
M. Benoit CAGNON	Université d'Orléans/ICMN	Examinateur
Mme Nabiha CHAUMEIX	CNRS ICARE	Co-directrice de thèse
M. Alain BENGAOUER	CEA Grenoble	Co-encadrant de thèse
Mme Sophie TRÉLAT	DEND	Examinateuse

**Mots-clés :** Batterie Lithium-ion, Emballement Thermique, Calorimétrie, Analyse des Particules, Analyse des gaz, Combustion

### Résumé :

Les batteries Li-ion offrent de nombreux avantages, notamment une densité énergétique et une puissance élevées, un rendement important et une longue durée de vie. Ces qualités les ont rendues indispensables dans divers domaines, tels que les transports, les appareils portables et les systèmes de stockage destinés à stabiliser la production de l'énergie renouvelable. Cependant malgré leur déploiement et leurs performances remarquables, elles peuvent présenter des risques lors de leur fabrication, transport, utilisation ou recyclage. Le risque principal est celui de l'emballage thermique (ET). Celui-ci peut être déclenché par un abus externe (mécanique, thermique ou électrique) ou par un défaut de fabrication. Dans tous les cas, ces conditions provoquent une élévation de température et de pression interne, entraînant une série de réactions exothermiques incontrôlées. Si la puissance thermique produite dépasse la capacité de dissipation vers l'environnement, la batterie entre en emballage thermique. Ses conséquences ne se limitent pas à un fort dégagement de chaleur : il s'accompagne également d'éjection de gaz, de particules solides et de liquides, souvent toxiques, inflammables ou explosifs. Garantir la sécurité des batteries Li-ion est donc un enjeu critique, qui concerne autant les fabricants que les utilisateurs. Elle doit être assurée à toutes les échelles, de la chimie des matériaux jusqu'aux packs de batteries. Dans cette thèse, l'attention est portée sur l'étude de l'ET à l'échelle de la cellule. Une première étape a consisté en une revue bibliographique des méthodes de caractérisation et des dispositifs expérimentaux permettant d'analyser les transferts de chaleur et de masse associés à ce phénomène. L'analyse de la littérature montre que de nombreux paramètres influencent l'ET : la chimie de la cellule, son état de charge et de santé, la méthode d'initiation ou encore le type de dispositif. Bien que de nombreuses études aient été publiées, peu d'études se sont intéressées à l'influence de la configuration expérimentale sur la caractérisation de l'ET. De plus, la forte variabilité des résultats rend les comparaisons difficiles et empêche d'aboutir à des conclusions claires sur la sécurité des cellules. Il est donc essentiel de déterminer l'impact de dispositif expérimental sur la caractérisation de l'ET. L'objectif central de cette thèse est de définir un protocole et une méthodologie capables d'identifier ces effets. Cette méthodologie consiste à appliquer le même type d'abus sur une même cellule, à tester cette cellule dans différents dispositifs expérimentaux sous différentes conditions environnementales. Elle inclut également l'étude du rôle des gaz (quantification et analyse de la composition) et des particules solides (morphologie, taille, composition chimique). En parallèle, une approche numérique est développée à partir d'un modèle thermochimique simplifié basé sur la minimisation de l'énergie de Gibbs. Enfin, une étude est menée sur l'impact des particules sur les propriétés de combustion des gaz afin de mieux comprendre les phénomènes de combustion hybride. L'ensemble de ce travail vise à aboutir à une évaluation complète des risques associés à la cellule testée et à établir une cartographie de son comportement en situation d'emballage thermique.