

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596

Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences

Spécialité : Sciences des Matériaux

Par

Côme ARCHINARD

Synthesis and advanced multiscale characterization of solid-solid phase change crystalline lamellar hybrid materials for thermal management

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 19 janvier 2026

Unité de recherche : UMR 6502 Institut des Matériaux Jean Rouxel - Sciences
Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, F-38000 Grenoble, France

Rapporteurs avant soutenance :

Nathalie AUDEBRAND
Marie DUQUESNE

Professeure des universités – Université de Rennes
Professeure des universités – La Rochelle Université

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom Fonction et établissement d'exercice (8)(à préciser après la soutenance)

Examineurs : Olivier HERNANDEZ (encadrant)
Elena PALOMO DEL BARRIO

Professeur des universités – Nantes Université
Ikerbasque research professor – CIC energiGUNE

Dir. de thèse : Thomas DEVIC
Co-dir. de thèse : Grégory LARGILLER

Directeur de recherche CNRS – CNRS-IMN
Ingénieur de recherche – CEA LITEN

Titre : Synthèse et caractérisation multi-échelle avancée de matériaux hybrides cristallins lamellaires à transition solide–solide pour la gestion thermique

Mots clés : Matériaux lamellaires, relations structure-propriétés, gestion de l'énergie thermique, transition de phase, diffraction des Rayons X

Résumé : La demande croissante en batteries lithium-ion (Li-ion) haute performance, qu'il s'agisse d'applications dans l'électronique portable ou les véhicules électriques, exige la mise au point de systèmes de gestion thermique efficaces afin de garantir la sécurité, d'améliorer les performances et de prolonger la durée de vie des dispositifs. Les solutions conventionnelles de gestion thermique demeurent limitées par leur faible densité énergétique, leur instabilité thermique et des contraintes de mise à l'échelle, soulignant la nécessité de nouvelles stratégies. Les matériaux à changement de phase solide-solide (MCP-SS) constituent une classe de candidats prometteuse, grâce à leur maintien en phase solide et leur capacité réversible de stockage de chaleur. Cependant, leur déploiement à grande échelle reste freiné par le

manque de connaissances solides reliant la structure moléculaire aux propriétés de transition de phase. Dans ce travail, nous présentons une étude approfondie de matériaux hybrides cristallins lamellaires considérés comme des MCPs-SS modulables. Grâce à une approche multi-échelle et multi-technique, combinant synthèse en solution, analyses structurales avancées et caractérisations thermo physiques, nous mettons en évidence comment la composition chimique gouverne l'organisation structurale, les mécanismes de transition, la densité énergétique, ainsi que des propriétés physiques clés, notamment la conductivité thermique et la résistance mécanique, essentielles pour les applications de gestion de l'énergie thermique.

Title : Synthesis and advanced multiscale characterization of solid-solid phase change crystalline lamellar hybrid materials for thermal management

Keywords : Lamellar materials, structure-property relationships, thermal energy management, phase transition, X-ray diffraction

Abstract : The rapidly increasing demand for high-performance lithium-ion (Li-ion) batteries, from portable electronics to electric vehicles, calls for efficient thermal management systems to ensure safety, improve performance, and extend service life. Conventional thermal management solutions remain constrained by limited scalability, low energy density, and thermal instability, underscoring the need for innovative material strategies. Solid-solid phase change materials (SS-PCMs) represent a promising class of candidates due to their intrinsic shape stability and reversible heat storage capacity, yet their widespread application remains limited by the lack of design

rules linking molecular structure to phase-transition properties. Here, we present a comprehensive study of crystalline lamellar hybrid materials as tuneable SS-PCMs. Through a multiscale and multi-technique approach, combining solution synthesis, advanced structural analysis and thermophysical characterization, we elucidate how chemical composition governs structural arrangement, transition mechanisms, energy density and key physical properties, including thermal conductivity and mechanical resilience, that are critical for thermal energy management applications.