

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Etude des mécanismes de stockage de charges dans des batteries tout solide et de puissance en couches minces par techniques <i>in situ</i> / <i>operando</i> multimodales et cartographies multi-physiques.	
(Co)-Directeur	Pr Christophe LETHIEN	E-mail : christophe. lethien@univ-lille.fr
(Co)-Directeur		E-mail :
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	CSAM	Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-csam
Projet phare (principal)	Matériaux	
Demande thèse labellisée IEMN	Oui	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) :
Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé du sujet :

Les futures générations de batteries intégreront des matériaux qui permettront d'améliorer leurs performances notamment pour des régimes de charges rapides. Avant de fabriquer ces futures batteries, il est impératif de comprendre et d'investiguer les mécanismes de stockage de charges de ces matériaux d'électrodes. Les films minces sont des matériaux modèles permettant d'étudier leurs propriétés intrinsèques et de comprendre les interactions entre des matériaux d'électrodes et les ions d'un électrolyte. Ce sujet de thèse est donc centré sur l'élaboration de films minces sous vide en phase vapeur à l'IEMN et les caractérisations électrochimiques, structurales, électriques, chimiques associées. Ces films minces incorporeront plusieurs cations électroactifs (matériaux ternaires, quaternaires voire quinaires) et pourront être également intégrés dans les micro-batteries au lithium et les micro-supercondensateurs fabriquées au laboratoire. Le/La candidat(e) développera des films minces par pulvérisation cathodique magnétron sur différents types de substrats (Si, verre...). Des recuits en fours tubulaires à différentes températures et atmosphères (air, Ar, N₂, N₂/H₂) ou des recuits flash à haute température permettront de cristalliser ces films. Une approche par pulvérisation combinatoire sera menée par le candidat afin de balayer un grand nombre de compositions permettant la découverte de nouveaux matériaux fonctionnels. Le candidat bénéficiera de l'environnement de l'IEMN pour développer et caractériser ces matériaux, des moyens de la fédération Chevreul pour la caractérisation avancée (TEM, XPS/TOFSIMS, DRX) et du support scientifique du réseau RS2E et du PEPR batterie. En parallèle de cette recherche de nouveaux matériaux, le candidat mettra au point à l'IEMN des bancs de mesures *operando* couplant une ou deux techniques d'analyse (spectroscopique / structurale / électrique) et une stimulation électrochimique afin de caractériser les mécanismes de stockage de charges en temps réel. Ces bancs compléteront le parc existant. Il utilisera des cellules de tests commerciales ou développées dans l'équipe. Des caractérisations *operando* en rayonnement synchrotron à Soleil ou à ESRF (absorption X et diffraction X) seront planifiées pour compléter les besoins de compréhension fondamentaux. Des analyses par microscopies à rayons X synchrotron pourront être menées en collaboration avec l'APS d'Argonne National Lab. Ces bancs de mesure seront mis au point sur des films minces « simples » et maîtrisés couvrant les matériaux faradiques de type micro-batterie Li-ion (LiFePO₄, Li₄Ti₅O₁₂...) et des matériaux pseudocapacitifs (RuN, VN, W₂N, MoN...) pour micro-supercondensateur. Des mesures seront mises en place en milieu aqueux, en milieu organique et en électrolyte solide dans une boîte à gants. Par ailleurs, le candidat développera également la méthodologie permettant la caractérisation de ces matériaux sur de larges substrats (7 à 10

cm de diamètre) par des techniques de cartographies multimodales (cartographies structurales (Raman et DRX), chimiques (Fluorescence), électriques, mécaniques, électrochimiques).