

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

Laboratoire d'accueil : CERI MP – Centre d'Enseignement de Recherche et d'Innovation Matériaux et Procédés
Ecole Graduée : SMRE 104 (U-Lille, Centrale Lille Institut, IMT Nord Europe)

THÈSE présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR en Chimie des matériaux – UMET - IPS
 par

SHEN Hui

DOCTORAT de l'IMT NORD EUROPE

Titre de la thèse :

Fabrication de Films Piézoélectriques Hautes Performances à base de Poly(L-lactide): Relations Procédé-Structure-Propriétés et Applications Piézocatalytiques Emergentes

Soutenance prévue le jeudi 18 décembre 2025 à 14h00

Lieu : IMT Nord Europe - 764 Bd Lahure - Bâtiment GCE1 - Amphithéâtre LE CHATELIER - 59500 Douai

Devant le jury d'examen :

Président	(désigné lors de la soutenance)		
Rapporteur	CAPSAL Jean-Fabien,	Maître de conférences/HDR,	Laboratoire de Génie Electrique et Ferroélectricité, INSA Lyon, France
Rapporteur	SOLLOGOUB Cyrille,	Professeur,	Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM), ENSAM Paris, France
Examinateur	DELBREILH Laurent,	Professeur,	Groupe de Physique des Matériaux GPM UMR 6634, Université de Rouen
Examinateur	JINKAI Yuan,	Chargé de recherche,	Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris, LCMCP, Sorbonne Université
Co-encadrant de thèse	CHARLON Sébastien,	Enseignant-Chercheur,	IMT Nord Europe
Directeur de thèse	SAMUEL Cédric,	Professeur,	IMT Nord Europe
Invitée	UGARTEMENDIA Muñoz,	Associate Professor,	University of Basque Country

Résumé

Cette thèse vise à améliorer les propriétés piézoélectriques des films biosourcé de poly(L-lactide) (PLA) afin de remplacer les céramiques électroactives et les fluoropolymères conventionnels, en particulier dans les applications émergentes. Notamment, la piézoélectricité du PLA optiquement actif provient de l'orientation uniaxiale plutôt que d'un procédé de polarisation énergivore, offrant ainsi une méthode de mise en œuvre plus durable et plus facilement industrialisable. Le procédé industriel d'extrusion-orientation (orientation dans la direction machine, MDO), combiné à des post-traitements thermiques, permet la production de films piézoélectriques à fort degré d'orientation. Les relations « procédé-structure-propriétés » ont été étudiées en profondeur. Des mesures piézoélectriques précises et des analyses structurales avancées (spectroscopie infrarouge polarisée et diffraction des rayons X) ont été menées. Ce travail a révélé que la phase amorphe orientée est indispensable, et son coefficient piézoélectrique intrinsèque a été extrapolé pour la première fois à 7 pC/N. Le procédé MDO à vitesse d'étirage élevée s'est avéré bénéfique pour inhiber la relaxation de la phase amorphe orientée. Les cristaux orientés ont montré la plus forte contribution piézoélectrique. Le recuit sous tension au-dessus de 100 °C s'est révélé essentiel pour obtenir des cristaux totalement orientés. Un recuit entre 160 °C et 170 °C a favorisé la formation de 52% de cristaux entièrement orientés, dont 66% étaient des cristaux α' densifiés. Cette forme cristalline présente un coefficient piézoélectrique légèrement supérieur à celui des cristaux désordonnés α' . Dans l'ensemble, les films de PLA produits par MDO et recuits thermiques présentent une piézoélectricité en cisaillement ($d_{14} = 13$ pC/N) supérieure aux valeurs les plus récentes rapportées dans la littérature, soit une amélioration de 30 %. Un modèle à « 4 phases » a été proposé pour des futures optimisations, et l'application piézocatalytique de ces films de PLA à haute piézoélectricité a été démontrée..