

Développement et caractérisation de fibres piézoélectriques à âme métallique pour applications aéronautiques

Aurélien Dolay

Soutenance le 17 décembre 2013 à 13 h 00 devant le jury composé de :

M. Benkhouja Khalil,	Professeur des Universités à l'Université d'El Jadida au Maroc, (Rapporteur)
M. Nogarede Bertrand,	Professeur des Universités à l'université de Toulouse, (Rapporteur)
M. Courtois Christian,	Professeur des Universités à l'UVHC, (Directeur de thèse)
Mme Leriche Anne,	Professeur des Universités, LMCPA, (Examineur)
M. Berton Benoît,	Docteur au département DGT/DTA de Dassault Aviation , (Examineur)
M. Petitniot Jean-Luc,	Ingénieur d'étude et de recherche à l'ONERA Lille, (Co-encadrant)
M. Sausseureau Gérard,	Ingénieur Matériaux et Procédés, MBDA Le Plessis Robinson, (Examineur)
M. Lévasseur Bénédicté,	Responsable d'Etude Contrôle Non Destructif, DGA Techniques Aéronautiques, Balma (Examineur)
M. Lefebvre Laurent,	Ingénieur, ONERA, (Invité)
Mme D'Astorg Sophie,	Maître de Recherche, LMCPA, (Invitée)
M. Rguiti Mohamed,	Maître de Recherche, LMCPA, (Invité)

Pour les applications aéronautiques, les fibres en céramique piézoélectrique à âme métallique permettent d'imaginer des solutions pour avoir des dispositifs actifs et des capteurs complètement intégrés dans des structures, telles que les composites renforcés par des fibres.

La démarche de cette étude est d'élaborer et de caractériser de telles fibres qui présentent de nombreux avantages : l'activation en mode radial permet d'utiliser de faibles tensions de commandes, l'utilisation d'un cœur et d'une matrice conducteurs permet de s'affranchir du dépôt d'électrodes et de garantir leur continuité, la présence d'un cœur métallique améliore la résistance mécanique de la fibre, l'utilisation sous forme de fibres fines et longues permet de l'intégrer à des profils de formes complexes sur de grandes longueurs.

Dans un premier temps, le procédé d'enduction est utilisé pour la réalisation de ces fibres en déposant des particules céramiques à base de titano-zirconate de plomb (PZT) sur des fils de platine. Le développement et l'optimisation d'un procédé multicouche permet de réaliser des fibres avec des épaisseurs parfaitement contrôlées pour obtenir les capacités de déformations optimales en alternant des cycles dépôt/traitement thermique avant une opération de frittage finale. La caractérisation d'échantillons massifs traités dans les mêmes conditions permet de s'assurer des propriétés piézoélectriques atteintes pendant les différents traitements thermiques. Les caractérisations électromécaniques réalisées sur les fibres permettent de vérifier le comportement en tant qu'actionneur et que capteur, bien qu'il s'avère difficile de remonter aux caractéristiques intrinsèques des fibres.

Dans un second temps, une réflexion est menée sur les moyens à mettre en œuvre pour envisager un développement à grande échelle de ce type de fibre. Dans ce sens, des expérimentations sur la mise en place du procédé continu de coextrusion avec un polymère chargé sont menées, de même que sur la réduction de la température de frittage à l'aide d'additifs pour substituer les fils en platine, mais aussi sur la réduction du temps de frittage à l'aide de techniques non conventionnelles comme le frittage laser et le frittage micro-ondes.

Ces investigations ouvrent des pistes sérieuses pour imaginer une production continue de fibres piézoélectriques à âme métallique.

Enfin, des travaux de modélisation par éléments finis du comportement de ces fibres, intégrées ou non dans une structure, permettent de mettre en évidence l'influence du dimensionnement des fibres sur les déformations résultantes, en fonction notamment de l'épaisseur du matériau actif déposée et des propriétés élastiques des différents éléments. Différentes configurations sont imaginées pour utiliser ces fibres dans des structures en tant qu'actionneur et capteur.