



**HAL**  
open science

## Caractérisation électromécanique d'un composite tissé intégrant des matériaux piézoélectriques

Olivier Thierry, Olivier de Smet, Jean-François Deü, Marion Gruin

### ► To cite this version:

Olivier Thierry, Olivier de Smet, Jean-François Deü, Marion Gruin. Caractérisation électromécanique d'un composite tissé intégrant des matériaux piézoélectriques. 12e Colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2015, Giens, France. hal-01706213

**HAL Id: hal-01706213**

**<https://hal.science/hal-01706213v1>**

Submitted on 10 Feb 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

# Caractérisation électromécanique d'un composite tissé intégrant des matériaux piézoélectriques

O. Thierry<sup>1,2</sup>, O. de Smet<sup>1</sup>, J-F. Deü<sup>1</sup>, M. Gruin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LMSSC, Cnam Paris, {olivier.thierry, olivier.de\_smet, jean-francois.deu}@cnam.fr

<sup>2</sup> SNECMA, Villaroche, {olivier.thierry, marion.gruin}@sneema.fr

**Résumé** — Dans le cadre de la réduction de vibration d'une aube de soufflante, ce travail concerne la caractérisation d'un composite tissé intégrant des matériaux piézoélectriques. Une méthode d'homogénéisation numérique est développée pour déterminer les propriétés mécaniques et électriques du milieu homogène équivalent.

**Mots clés** — matériau composite tissé, homogénéisation périodique, couplage électromécanique, piézoélectricité

## 1. Introduction

Cette étude concerne la réduction des vibrations de flexion en basse fréquence d'une aube de rotor de soufflante en matériau composite à partir de dispositifs piézoélectriques. Les solutions envisagées consistent à utiliser des éléments piézoélectriques connectés à des circuits électriques passifs ou semi-passifs [1].

L'utilisation de matériaux composites tissés à matrice organique pour les aubes des nouveaux moteurs du groupe Safran permet d'envisager l'intégration d'éléments piézoélectriques, par exemple sous forme de fibres, au sein de la préforme tissée. L'intérêt de cette intégration est double : elle permet de respecter les contraintes aérodynamiques imposées pour ce type de structure et de limiter les problèmes de tenue mécanique des composants additionnels.

L'objectif du travail présenté dans cet article est de développer une méthode d'homogénéisation qui permette de déterminer à la fois les propriétés mécaniques et électriques linéaires d'un composite tissé intégrant des fibres piézoélectriques. À plus long terme, il s'agira d'optimiser l'architecture du composite pour maximiser le couplage électromécanique et ainsi l'amortissement apporté par le dispositif piézoélectrique, tout en préservant des caractéristiques mécaniques admissibles.

## 2. Comportement électromécanique

Dans les matériaux piézoélectriques, les comportements élastiques et diélectriques sont couplés. Les déformations  $\varepsilon$  et contraintes  $\sigma$  sont liées au champ électrique  $E$  et aux déplacements électriques  $D$  par la loi de comportement suivante [2] :

$$\begin{pmatrix} \sigma \\ D \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} c^E & -e^T \\ e & \epsilon^\varepsilon \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon \\ E \end{pmatrix}$$

avec  $c^E$  le tenseur d'élasticité à champ électrique constant,  $e$  le tenseur de couplage piézoélectrique et  $\epsilon^\varepsilon$  le tenseur diélectrique à déformation nulle.

Pour estimer les propriétés élastiques d'un matériau composite, différentes méthodes d'homogénéisation analytiques ou numériques sont classiquement utilisées dans la littérature [3]. Nous proposons dans ce travail d'étendre l'utilisation d'une méthode d'homogénéisation périodique par éléments finis au cas de matériaux composites tissés intégrant des fibres piézoélectriques.

Dans cette étude, les caractéristiques mécaniques et électriques sont évaluées à partir du Volume Élémentaire Représentatif (VER) du composite tissé constitué de fibres de carbone, de fibres de verre, d'éléments piézoélectriques et d'une matrice époxy (Figure 1).

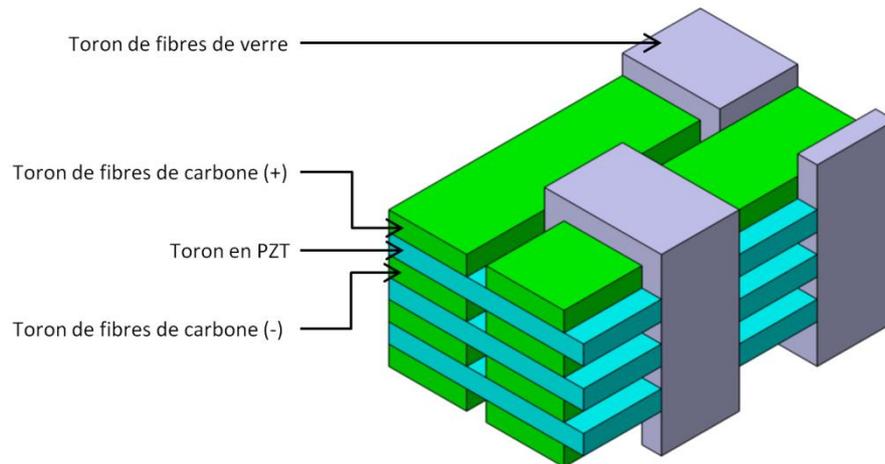


Figure 1 – Géométrie du VER (matrice non représentée)

### 3. Détermination des propriétés électromécaniques du VER

Dans un premier temps, pour obtenir les propriétés élastiques homogénéisées du matériau équivalent, des conditions aux limites périodiques sont appliquées en liant les degrés de liberté des surfaces opposées du VER. Les déplacements des nœuds sont liés pour chaque couple de surfaces qui s'opposent. Six cas de charge en contrainte permettent de déterminer l'ensemble des caractéristiques mécaniques homogénéisées du matériau orthotrope équivalent après avoir effectué un post-traitement sur les déformations. Ce travail a été réalisé sur le VER précédent (Figure 2). L'étude de convergence associée est présentée sur la Figure 3.

Dans un second temps, pour obtenir les coefficients piézoélectriques, les chargements consistent à imposer uniquement des différences de potentiel au niveau des surfaces des fibres piézoélectriques en contact avec les électrodes. L'obtention des paramètres électriques nécessite un post-traitement adapté [4]. L'étude de convergence des paramètres complets électromécaniques est en cours.

Cette étude permet d'envisager l'optimisation du couplage électromécanique pour différentes géométries et positions de fibres piézoélectriques dans le VER. De plus, à partir des caractéristiques obtenues, des simulations peuvent être réalisées pour évaluer l'atténuation apportée à l'aide de dispositifs piézoélectriques sur une structure complexe.

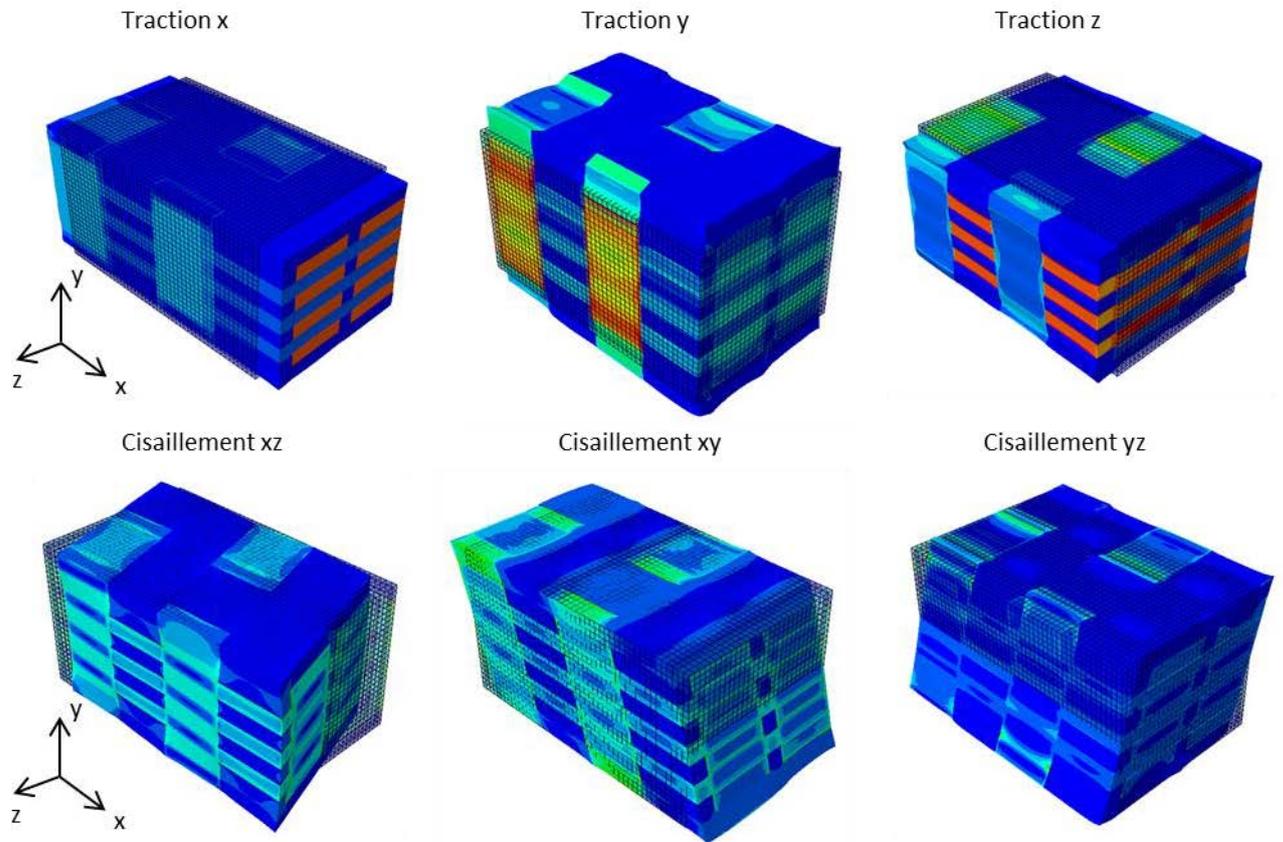


Figure 2 – Carte des contraintes de Von Mises et déformées pour les différents cas de charges sur le VER

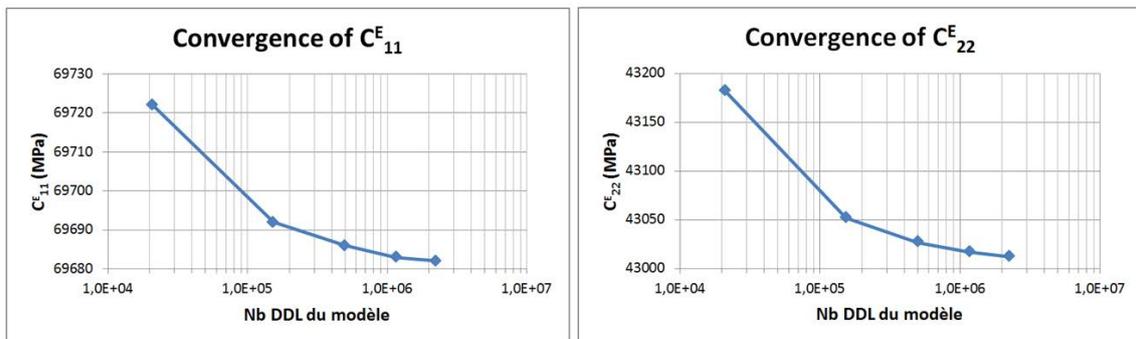


Figure 3 – Courbes de convergence pour les coefficients de rigidité  $C_{11}^E$  et  $C_{22}^E$

## Références

- [1] A. Sénéchal. *Réduction de vibrations de structure complexe par shunts piézoélectriques. Application aux turbomachines*. PhD thesis, Conservatoire National des Arts et Métiers, 2011.
- [2] O. Thomas, J-F. Deü, J. Ducarne. *Vibration of an elastic structure with shunted piezoelectric patches : Efficient finite element formulation and electromechanical coupling coefficients*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 80 (2), 235-268, 2009.
- [3] M. Bornert, T. Bretheau, P. Gilormini, D. Jeulin, J-C. Michel, H. Moulinec, P. Suquet, A. Zaoui. *Homogénéisation en mécanique des matériaux*, Hermès Sciences, 2001.
- [4] M. A. Trindade, A. Benjeddou. *Finite element homogenization technique for the characterization of  $d_{15}$  shear piezoelectric macro-fibre composites*. Smart Material and Structures, 20, 2011.