

Modélisation et simulation du comportement mécanique de VER endommagés

Modeling and simulation of the mechanic behavior of damaged RVE

François Rasselet¹, Aurélien Doitrand², Camille Guigon³, Vincent Chiaruttini⁴, Gaëtan Hello⁵, Julien Schneider¹

1 : Safran Aircraft Engines, Service Matériaux Composites (YQMC)
Département de Mécanique des Matériaux et Composites
Rond-point René Ravaud – 77550 Moissy-Cramayel
e-mail : francois.rasselet@safrangroup.com et julien.schneider@safrangroup.com

2 : Université Grenoble-Alpes – CNRS UMR 5266,
Laboratoire SIMaP
1130 rue de la Piscine B.P. 75
F-38402 St Martin d'Hères cedex
e-mail : aurelien.doitrand@grenoble-inp.fr

3 : Safran Composites, Direction R&T Innovation
Safran Tech
33 Avenue de la gare – 91760 Itteville
e-mail : camille.guigon@safrangroup.com

4 : Onera, Université Paris Saclay, Département Matériaux et Structures
29 avenue de la Division Leclerc, F- 92320 Châtillon
e-mail : vincent.chiaruttini@onera.fr

5 : LMEE, Univ Evry, Université Paris-Saclay, 91020, Evry cedex, France.
e-mail : gaetan.hello@univ-evry.fr

Dans le cadre du développement de structures aéronautiques composites, Safran a mis en place une chaîne de modélisation de matériaux composites tissés 3D à l'échelle mésoscopique [1]. Cette démarche permet une étude fine du matériau à l'échelle mésoscopique, *i.e.* du renfort de fibres, dans le cas de chargements thermomécaniques sur des architectures 3D et 2D issues d'images de tomographie X. Devant la complexité des mécanismes d'endommagement de ce type de matériaux, Safran a intégré à sa chaîne de modélisation des outils permettant l'insertion et l'étude de phases de vide (fissures, porosités, etc) à l'intérieur des maillages générés. La validation de cette nouvelle méthode numérique nécessite dans un premier temps la mise en place d'une chaîne de modélisation spécifique, présentée par la (Fig. 1). Ces outils et leurs données d'entrées servent dans un second temps à une analyse du comportement mécanique de volumes élémentaires représentatifs (VER) numériques ou réels. Pour ce faire, des tomographies centrées sur la zone utile d'une éprouvette, sont menées avant et après endommagement de celle-ci. L'image initiale, à t_0 , de la zone utile, sert de référence à la génération d'un maillage, composé d'éléments hexaédriques [2]. Le maillage du VER ainsi constitué est appelé m_0 . L'image endommagée, à t_1 , est quant à elle utilisée pour l'extraction du réseau de fissures grâce à des opérations de traitement d'images. Les voxels obtenus à l'issue de ces opérations de traitement d'images sont ensuite lissés à l'aide d'une approche identiques à celle appliquées sur composite [3], de sorte à obtenir une représentation surfacique des fissures. Ils sont par la suite insérés dans le maillage m_0 à l'aide du module Zcracks de la suite logicielle Zset, suivant une démarche déjà éprouvée pour l'analyse des composites tissés [4].

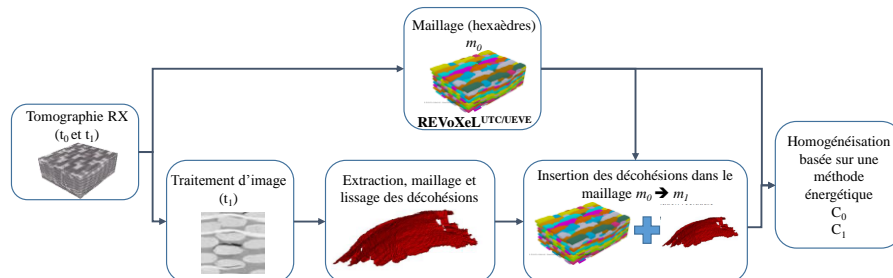


Fig. 1. Chaîne de modélisation spécifique à l'insertion de décohésions et de calcul du comportement homogène équivalent de VER endommagés

Cette opération génère un nouveau maillage m_1 contenant l'ensemble du réseau de fissures qui est finalement converti en modèle pour le calcul thermomécanique sous Abaqus. Ce maillage final étant constitué d'éléments linéaires hexaédriques (c3d8), tétraédriques (c3d4) et pyramidaux (c3d5). La (Fig. 2) présente un toron sain (A) et contenant une décohésion (B), respectivement contenus dans m_0 et m_1 .

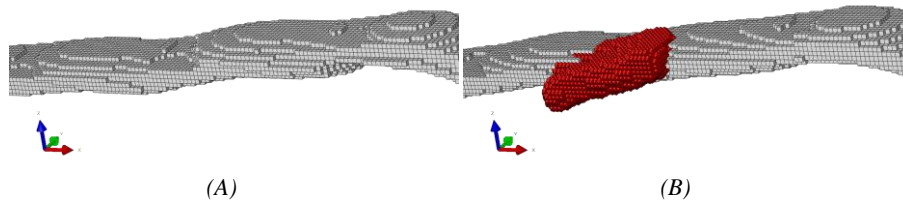


Fig. 2. Maillages d'un toron sain (A) et contenant une décohésion (B)

Une méthode d'homogénéisation basée sur une approche énergétique permet le calcul des propriétés mécaniques macroscopiques du matériau sain (maillage m_0) et endommagé (maillage m_1). Les modules de l'ingénieur obtenus par cette approche pour plusieurs niveaux de densité de fissures sont comparés aux valeurs expérimentales issues de campagnes d'essais menées sur des éprouvettes à partir desquels l'architecture 3D des VER étudiés a été reconstruite. La quantification de l'évolution des propriétés mécaniques en fonction de la densité de fissures au sein du matériau est discutée et démontre la cohérence de l'approche.

Références

- [1] J. Schneider, Y. Wielhorski, S. Goujard, D. Durville et G. Hello, « Développement d'une chaîne de modélisation à l'échelle mésoscopique pour l'homogénéisation de tissages 3D », in : Comptes-rendus des 19èmes Journées Nationales sur les Composites, Lyon.
- [2] G. Hello, J. Schneider, Z. Aboura, « Numerical analysis of the mechanical behavior of 3D woven composite materials with voxel-FE models: homogenization and top-down », TexComp12, 2015.
- [3] A. Rassineux, G. Hello, Z. Aboura, J. Schneider, « From images or voxels to FEM models. Application to the meshing of 3d interlock composite structures », European Community on Computational Methods in Applied Sciences, 2016.
- [4] A. Doitrand, C. Fagiano, F. Hild, V. Chiaruttini, A. Mavel, M. Hirsekorn, « Mesoscale analysis of damage growth in woven composites », Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2017, vol 93, pp 77-88.

