

Maillage de structures complexes par voxélisation lissée

Alain Rassinoux, laboratoire Roberval

Les travaux présentés concernent l'obtention de modèles éléments-finis de géométries particulièrement complexes pour lesquelles on ne possède pas une représentation analytique permettant d'utiliser des techniques de maillages « classiques ».

La première application de ces techniques est l'étude par éléments finis à l'échelle mésoscopique (de l'ordre du centimètre) d'un volume représentatif élémentaire d'un matériau composite constitué par un tissage orthogonal 3D imprégné par de la résine. L'étude du comportement du matériau avec défaut nécessite une représentation fidèle de la géométrie et des taux de toron et de fibre réalistes qu'un modèle géométrique idéalisé ne peut fournir. Le recours à l'imagerie numérique permet après segmentation d'obtenir une grille de voxels 3D et donc un premier maillage conforme prenant en compte les défauts géométriques ou encore la présence de porosités. L'utilisation de cette grille crée néanmoins des concentrations de contraintes purement numériques au niveau des interfaces et ne permet pas l'étude de phénomènes locaux comme l'amorçage ou la propagation de l'endommagement. Une approche basée sur un lissage des voxels par une technique de subdivision de surfaces étendue à des volumes multiples est proposée. Le lissage doit respecter les taux de fibres et de résine et permettre ensuite le maillage des fines couches de résines au niveau des milliers de surfaces tangentes en contact, la principale difficulté de ces travaux. Une technique de déraffinement multi-volumes vient ensuite réduire considérablement le nombre de degrés de liberté des maillages en tétraèdres.

La seconde application est la modélisation, cette fois à l'échelle de la structure entière, d'un réservoir à hydrogène fabriqué par enroulement filamentaire. Il s'agit d'une structure de révolution en plastique renforcée par des bandes (55) de fibre de carbone à matrice thermoplastique. Les seules données d'entrée sont les trajectoires de la tête du robot qui dépose les bandes. Le nombre de couches superposées au niveau du dôme est de l'ordre de 300. Il est nécessaire de prendre en compte la désorientation de la bande due à l'épaisseur cumulée au cours du drapage pour modéliser correctement le comportement de la structure. L'objectif est donc de « reproduire » le procédé de fabrication. Une approche basée sur une grille axisymétrique de voxels associée à des techniques de lissage permet d'obtenir une représentation géométrique réaliste en hexaèdres transformé ensuite en tétraèdres. La taille du modèle éléments-finis avec une seule couche dans l'épaisseur est de l'ordre de plusieurs centaines de millions de degrés de libertés.



Fourrier, G., Rassinoux, A., Leroy, F. H., Hirsekorn, M., Fagiano, C., & Baranger, E. (2023). Automated conformal mesh generation chain for woven composites based on CT-scan images with low contrasts. *Composite Structures*

Rassinoux, A. (2021). Robust conformal adaptive meshing of complex textile composites unit cells. *Composite Structures*