

CS91 - Calcul de Structure

TP - Homogénéisation du comportement de matériaux composites

Consignes :

- tout document (cours, internet...) autorisé,
- travail en groupe de TP,
- le compte-rendu détaillera de manière concise et pertinente la démarche de modélisation et proposera des commentaires critiques sur les résultats,
- pour toute question ou remarque : gaetan.hello@ufrst.univ-evry.fr

1/ Etude de convergence

On considère un matériau composite constitué de renforts fibreux longs en bore ($E = 379.3$ GPa, $\nu = 0.1$, ou encore $C_{1111} = C_{2222} = C_{3333} = 387.92$ GPa et $C_{1122} = C_{1133} = C_{2233} = 43.10$ GPa) et d'une matrice en aluminium ($E = 68.3$ GPa, $\nu = 0.3$, ou encore $C_{1111} = C_{2222} = C_{3333} = 91.94$ GPa et $C_{1122} = C_{1133} = C_{2233} = 39.40$ GPa). Un Volume Élémentaire Représentatif de l'architecture peut être décrit comme un rectangle de côtés $L_1=10$ mm et $L_2=10$ mm, d'origine $(0,0)$ et contenant un disque central (fig. 1). La fraction volumique de renfort est ici fixée : $\phi_R = 0.47$.

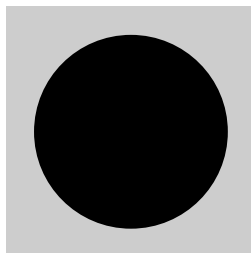


FIGURE 1 – Géométrie du VER bore/aluminium

L'objet de ce premier problème consiste à déterminer un maillage suffisamment précis pour réaliser des études ultérieures. On réalisera donc une étude de convergence en maillage sur une (ou des) quantité(s) mécanique(s) d'intérêt pertinentes. Les conditions-limites considérées sont ici :

$$\begin{aligned}u_1(0,0) &= 0 \\u_2(0,0) &= 0 \\u_2(x_1,0) &= 0 \\u_2(x_1,10) &= 1\end{aligned}\tag{1}$$

Les influences de la nature des mailles (triangulaire ou quadrangulaire) et de leur taille seront ainsi mises en évidence. Les résultats seront présentés sous forme de tableaux, de graphiques et de quelques images pertinentes. Le script APDL commenté sera également reporté dans le compte-rendu.

2/ Détermination des propriétés élastiques homogénéisées

On considère désormais 3 variantes du matériau composite précédent avec des fractions volumiques de renfort de 0.3, 0.5 et 0.7 (différents rayons de disque). Il s'agit pour chacune d'entre elles de réaliser une estimation de leur comportement élastique homogénéisé.

2.1

De combien de paramètres libres dépend la loi de comportement 2D homogénéisée du matériau composite (cf symétries) ?

2.2

Pour les différentes fractions volumiques considérées, encadrer les modules C_{1111} et C_{2222} au moyen des bornes de Voigt et Reuss.

Les conditions-limites Kinematic Uniform Boundary Conditions appliquées au VER conduisent à une estimation majorée du comportement homogénéisé. Dans le cas de la mécanique du solide, les CL KUBC imposées sur le contour s'écrivent :

$$\underline{u} = \langle \underline{\underline{\varepsilon}}^0 \rangle \cdot \underline{x} \quad (2)$$

avec \underline{u} le champ de déplacements, $\langle \underline{\underline{\varepsilon}}^0 \rangle$ l'état moyen de déformations macroscopique imposé, \underline{x} la position du point

2.3

On considère à présent un état moyen de déformations $\langle \underline{\underline{\varepsilon}}^0 \rangle = \varepsilon_{11}^0 \cdot \underline{e}_1 \otimes \underline{e}_1$. Dans ce cas, donner les expressions analytiques des déplacements pour chacune des 4 arêtes du VER en fonction de (x_1, x_2, x_3) , (L_1, L_2) et ε_{11}^0 (pour rappel, on note $\underline{u} = (u_1, u_2, u_3)$ et $\underline{x} = (x_1, x_2, x_3)$).

2.4

Pour chacune des fractions volumiques de renfort considérées, imposer les CL cinématiques KUBC précédemment décrites dans votre modèle en prenant $\varepsilon_{11}^0 = 1$. Calculer alors les déformations moyennes $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ et $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ ainsi que la contrainte moyenne $\langle \sigma_{11} \rangle$ dans le VER. En déduire une estimation de la composante C_{1111} de la loi de comportement. Inclure le script APDL au compte-rendu.

Remarques

Au delà des keywords Ansys habituels, il est possible d'utiliser CIRCLE, AL, AGLUE pour la géométrie ainsi que ETABLE, *GET, *DO pour récupérer et parcourir les informations sur les contraintes et déformations.