

EXAMEN DE COMPOSITES

Options PC / ITM

22 novembre 2017 - Nb de pages **2** - *Documents autorisés : 1 recto-verso manuscrit*

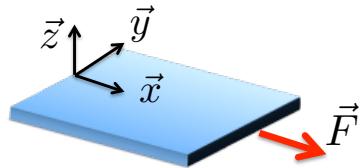
1 Questions de cours (6 pts)

1. Elasticité linéaire - symétries élastiques : Pourquoi peut-on réduire de 81 à 21 le nombre de constantes nécessaire à la définition d'une loi élastique générale. Comment est réduit ce nombre en présence d'un plan de symétrie matérielle ? de deux plans orthogonaux de symétrie matérielle ? d'une symétrie de révolution de la microstructure ?
2. Quelles caractéristiques mécaniques d'un matériau sont améliorées par l'ajout de fibres.
3. Décrire (illustrer à défaut) l'hypothèse cinématique de Kircchoff-Love. Justifier l'utilisation de l'hypothèse de contraintes planes dans cette théorie.
4. Réflexion : proposez une ou plusieurs solutions d'empilement qui permettrait d'obtenir un composite stratifié (fait de plis UD) dont le comportement **en flexion** serait isotrope ou presque le cas échéant. (*Il n'y a pas de solution unique.*)

2 Cas de traction (7 pts)

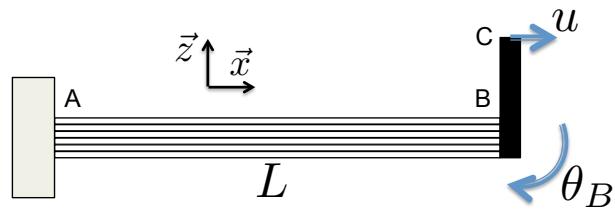
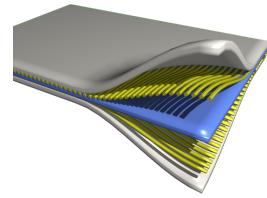
Une plaque composite carrée de côté $a = 100$ mm, encastrée à une de ses extrémités, est soumise à une résultante $\vec{F} = 60kN$ sur la face orientée selon \vec{x} . Elle est faite d'un empilement de 4 couches undirectionnelles avec la séquence d'orientation suivante (de bas en haut) : $45^\circ/0^\circ/0^\circ/45^\circ$. Chaque couche possède les caractéristiques suivantes : $E_L = 60$ GPa, $E_T = 15$ GPa, $G_{LT} = 6$ GPa, $\nu_{LT} = 0.35$, épaisseur 0.5mm.

- 1) Que peut-on dire de cet empilement ?
- 2) Calculer les matrices de rigidité de chaque pli.
- 3) En déduire la matrice de rigidité en membrane $[A]$.
- 4) Calculer les déformations générées par le chargement appliqué.
- 5) En déduire le déplacement du point central de la face chargée. Commenter. Comment obtenir un comportement plus acceptable ?



3 Plaque composite en flexion (7 pts)

On considère une plaque stratifiée de longueur $L = 30cm$ et de largeur 5cm, constituée de couches d'UD d'épaisseur $e = 0.25$ mm, et dont les propriétés mécaniques sont $E_L = 150$ GPa ; $E_T = 20$ GPa ; $G_{LT} = 7$ GPa ; $\nu_{LT} = 0.25$. L'empilement des couches est le suivant ($90^\circ, 45^\circ, -45^\circ, -45^\circ, 45^\circ, 90^\circ$).



Elle est encastrée en A , et liée en B à une plaque indéformable de hauteur $h = BC$ à laquelle on impose un déplacement u au point C . En B , ce chargement se traduit essentiellement par une rotation θ_B de l'extrémité droite.

- 1) Dans le cadre de déplacements et rotations faibles et en négligeant l'allongement de la plaque selon \vec{x} , donner la relation entre u et θ_B .
- 2) Par analogie avec les poutres, justifier qu'on peut considérer la courbure γ_x constante. On prendra par la suite $\gamma_x = \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\theta_B}{L}$.
- 3) En déterminant les matrices de rigidité intégrées nécessaires, calculer alors le vecteur moment intégré $\{\hat{M}\}$. On prendra $h = 5$ cm et $u = 5$ mm. Commentez ce résultat.
- 4) Si maintenant un moment selon \vec{y} était imposé en B au lieu de la rotation, donnez qualitativement la forme que prendrait cette plaque.
- 5) En utilisation l'hypothèse cinématique de Kirchhoff-Love, calculer la contrainte maximale dans le pli supérieur.
- 6) Proposer une solution simple qui améliorerait nettement la rigidité de flexion de cette plaque.