

# EXAMEN DE COMPOSITES

Options PC / ITM

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

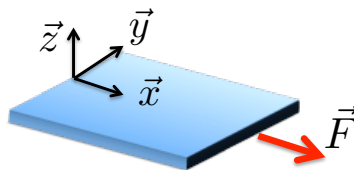
## 1 Questions de cours (6 pts)

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)

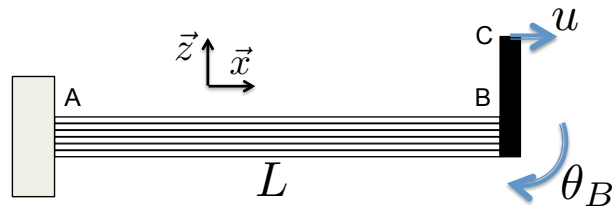
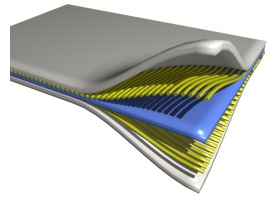
Une plaque composite carrée de côté  $a = 100$  mm, encastrée à une de ses extrémités, est soumise à une résultante  $F = 60$  kN sur la face orientée selon  $\vec{x}$ . Elle est faite d'un empilement de 4 couches unidirectionnelles avec la séquence d'orientation suivante (de bas en haut) :  $45^\circ/0^\circ/0^\circ/45^\circ$ . 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  $L = 30$  cm et de largeur 5 cm, 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  $\theta_B$  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  $\theta_B$ .
- 2) Par analogie avec les poutres, justifier qu'on peut considérer la courbure  $\gamma_x$  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.