

EXAMEN DE MÉCANIQUE DES COMPOSITES

Département Thermique-Energétique-Mécanique, option CTMF

17 novembre 2021 - Nb of pages **2** - *Tous documents autorisés*

1 Questions courtes (4 pts)

1. Pourquoi l'allongement à rupture A_c d'un composite unidirectionnel dans le sens des fibres est-il égal l'allongement à rupture des fibres A_f ? /1
2. Rappeler les hypothèses cinématique de Kircchoff-Love. /1
3. Quels sont les constantes d'élasticité pour un matériau orthotrope ? /1
4. Comment peut-on obtenir un comportement quasi-isotrope pour un stratifié fait de couches UD identiques ? /1

2 Choix de matériaux (6 pts)

Un composite est constitué de fibres parallèles (module d'Young E_f) incluses dans une matrice de module d'Young E_m . Soit V_f la fraction volumique de fibres. Exprimer le module d'Young du composite suivant la direction des fibres E_c , en fonction de E_f , E_m et V_f . Donner également une expression de la masse volumique (ou densité) ρ_c du composite.

En utilisant les paramètres matériau donnés dans le tableau ci-dessous, évaluer ρ_c et E_c pour les composites suivants : (a) fibres de carbone/résine époxy ($V_f=0,5$) ; (b) fibres de verre/résine polyester ($V_f=0,5$) ; (c) acier/béton ($V_f=0,02$).

Matériau	Densité (Mg/m ³)	Module d'Young (GPa)
Fibre de carbone	1,90	390
Fibre de verre	2,55	72
Résine époxy	1,15	3
Résine polyester	1,15	3
Acier	7,90	210
Béton	2,40	45

FIGURE 1 – Propriétés de matériaux constitutifs de composites.

Discuter le potentiel de ces trois composites pour la réalisation de structures mobiles ou portables.

3 Plaque composite en flexion (10 pts)

On considère une plaque stratifiée de longueur $L = 30\text{cm}$ et de largeur 5cm, constituée de couches d'UD d'épaisseur $e = 0.25\text{mm}$, et dont les propriétés mécaniques sont $E_L = 150\text{ GPa}$;

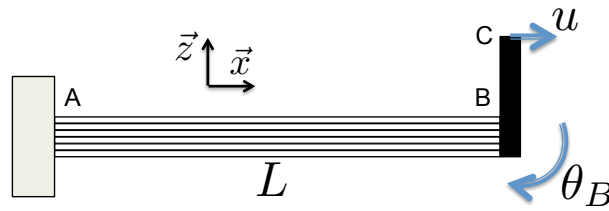
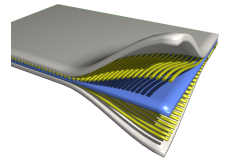


FIGURE 2 – Stratifié soumis à une rotation à son extrémité.

$E_T = 20$ GPa; $G_{LT} = 7$ GPa; $\nu_{LT} = 0.25$. L'empilement des couches est le suivant (90° , 45° , -45° , -45° , 45° , 90°).

Elle est encastree 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} , montrer que l'on a $\theta_B = \frac{u}{H}$. /0.5
2. Par analogie avec les poutres, justifier qu'on peut considérer la courbure γ_x constante. On prendra par la suite $\gamma_x = \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\theta_B}{L}$. /0.5
3. Déterminer les matrices de raideur $[Q^k]$ de chaque couche. /2
4. En déterminant les matrices de rigidité intégrées nécessaires, calculer alors le vecteur moment intégré $\{M\}$. On prendra $H = 5$ cm et $u = 5$ mm. Commentez ce résultat. /3
5. Si maintenant un moment selon \vec{y} était imposé en B au lieu de la rotation, donnez qualitativement la forme que prendrait cette plaque. /1
6. En utilisation l'hypothèse cinématique de Kirchhoff-Love, calculer la contrainte maximale dans le stratifiée. /2
7. Proposer une solution simple qui améliorerait nettement la rigidité de flexion de cette plaque pour cette configuration de chargement. /1