

## EXAMEN DE COMPOSITES

Option Polymères et Composites - Pr. Steven Le Corre

16 décembre 2015 - Nb de pages **2** - *Documents autorisés : 1 recto-verso manuscrit*

---

### 1 Choix de matériaux composites (5 pts)

On considère le cas de matériaux composites constitués 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. Démontrer que sous certaines hypothèses qui seront précisées, le module d'Young du composite suivant la direction des fibres  $E_c$  peut être estimé par la relation :

$$E_c = V_f E_f + (1 - V_f) E_m$$

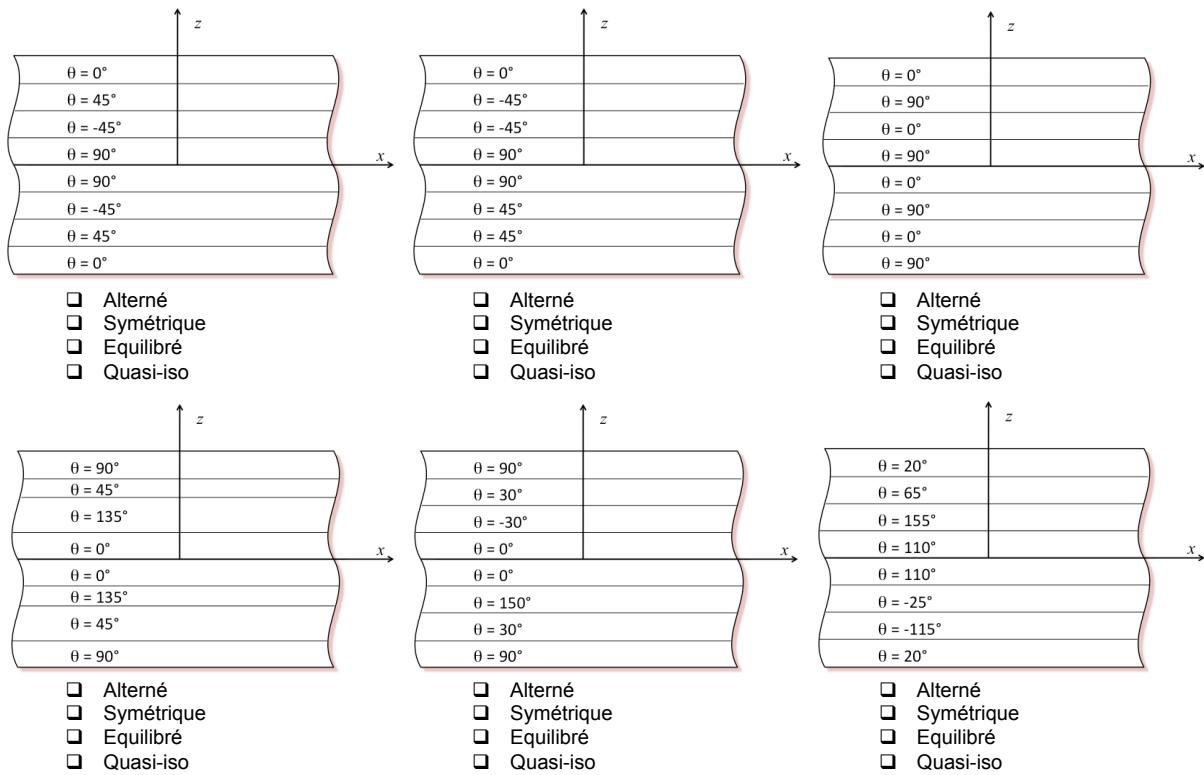
Donner également une expression de la masse volumique (ou densité)  $\rho_c$  du composite. En utilisant les paramètres matériau donnés dans le tableau ci-dessous, évaluer  $\rho_c$  et  $E_c$  pour les composites suivants : (a) fibres de carbone/résine époxy ( $V_f = 0.5$ ) ; (b) fibres de verre/résine polyester ( $V_f = 0.5$ ) ; (c) acier/béton ( $V_f = 0.02$ ).

Calculer les propriétés équivalentes des composites ainsi formés et discuter leur potentiel pour la réalisation de structures mobiles ou portables.

Matériau	Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> )	Module d'Young (GPa)
Fibre de carbone	1900	390
Fibre de verre	2550	72
Acier	7900	210
Résine Epoxy	1150	3
Résine Polyester	1150	3
Béton	2400	45

### 2 Questions de cours (7 pts)

1. Pour un matériau isotrope transverse élastique, combien de constantes sont nécessaires pour définir sa loi de comportement ?
2. Même question pour un matériau triclinique.
3. Comment explique-t-on qu'un composite unidirectionnel à fibres courtes a une rigidité moindre qu'un composite unidirectionnel à fibre longues, dans le sens longitudinal ?
4. Dans la théorie simplifiée de Kirchhoff-Love, quelle est l'hypothèse faire sur l'état de contraintes ? Donner un exemple d'une situation où une telle hypothèse ne serait pas valable.
5. Pour chacun des empilements représentés sur la figure suivante, **cochez un ou plusieurs qualificatifs** adaptés parmi les 4 proposés (répondre sur la feuille et indiquer nom et prénom).



NOM :

PRÉNOM :

### 3 Etude d'un cas de plaque stratifiée (8 pts)

On considère une plaque stratifiée constituée de 4 couches d'UD d'épaisseur  $e = 0.5\text{mm}$ , orientées successivement à  $+30^\circ, -30^\circ, -30^\circ, +30^\circ$ . L'UD est un mélange verre+polyester dont les propriétés sont :  $E_L = 60 \text{ GPa}$ ;  $E_T = 10 \text{ GPa}$ ;  $G_{LT} = 4.5 \text{ GPa}$ ;  $\nu_{LT} = 0.35$ .

- Le stratifié présentera-t'il un couplage membrane/flexion ? Même question par rapport au couplage traction-cisaillement. Justifiez vos réponses.
- Calculer les matrices de la loi de comportement intégrée  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[D]$ .
- Au sein d'une structure complexe, ce matériau est localement soumis à un chargement tel que l'on observe des courbures telles que :

$${}^T \{\hat{\gamma}\} = < 0.1, 0, 0 >$$

Les déformations de membrane  $\{\hat{\varepsilon}_m\}$  sont supposées nulles. Calculer alors les efforts intégrés induits.

- Que peut-on en déduire par rapport au comportement en flexion de ce stratifié ? Si on le soumettait à un moment de flexion tel que :

$${}^T \{\hat{M}\} = < 0, 1000, 0 > (\text{N.m})$$

Quelle serait l'allure de sa déformée ? (Représentez l'allure de la déformée d'une poutre de ce matériau chargée en flexion).

- Pour le chargement de la question 3, calculer l'état de contraintes dans chaque couche.