

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 :

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

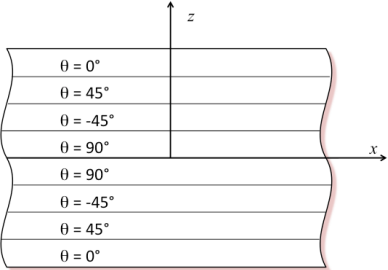
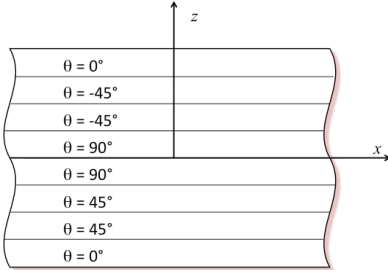
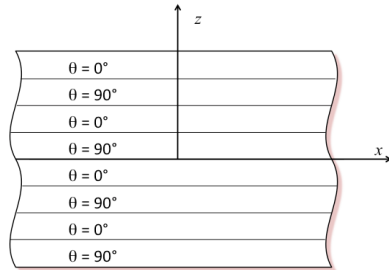
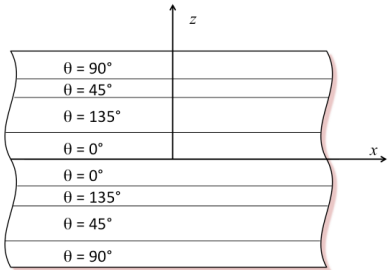
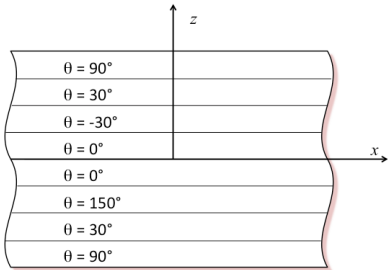
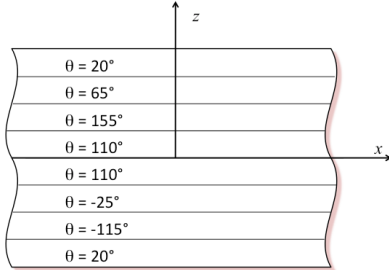
Donner également une expression de la masse volumique (ou densité) ρ_c du composite. En utilisant les paramètres matériau donnés dans le tableau ci-dessous, évaluer ρ_c et E_c pour les composites suivants : (a) fibres de carbone/résine époxy ($V_f = 0.5$); (b) fibres de verre/résine polyester ($V_f =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

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^{-3})	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 faite 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).

 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>
 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Alterné <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Equilibré <input type="checkbox"/> Quasi-iso </div>

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° , -30° , $+30^\circ$. L'UD est un mélange verre+polyester dont les propriétés sont : $E_L = 60\text{ GPa}$; $E_T = 10\text{ GPa}$; $G_{LT} = 4.5\text{ GPa}$; $\nu_{LT} = 0.35$.

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

$$^T \{\hat{\gamma}\} = \langle 0.1, 0, 0 \rangle$$

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

4. 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 :

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

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

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