

# Devoir surveillé de Composites

Option Polymères et Composites, Polytech'Nantes, 2012-2013.

Documents autorisés : 2 pages de notes manuscrites et les formulaires sur l'anisotropie.

14 janvier 2013.

## 1 Questions de cours (8 pts)

1. Pour un composite UD, rappeler l'expression du module d'élasticité longitudinal en fonction de la fraction de fibre  $V_F$ . Sur quel hypothèse repose ce modèle simple.
2. Qu'est-ce qui détermine l'allongement à rupture d'un UD en traction dans le sens des fibres ? Rappeler l'expression de la résistance maximale du composite en fonction des données matériau de chaque constituant.
3. Rappeler les hypothèses utilisées dans la théorie simplifiée des stratifiés, en terme de contrainte et de déplacement (théorie de Kirschhoff-Love). Quand un tel modèle peut-il s'avérer insuffisant ?
4. La plaque stratifiée représentée ci-dessous est encastrée à gauche et soumise à une traction uniforme sur la face droite. Elle présente alors la déformée représentée sur la figure 1. Proposez une stratification à partir de couches unidirectionnelles de même nature pouvant conduire à une telle déformée. Justifier brièvement ce résultat à partir de considérations sur la matrice de comportement intégrée. Proposez une solution pour éviter ce type de comportement.

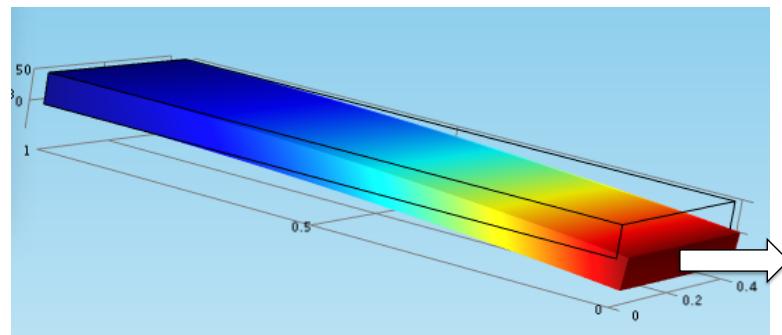


Figure 1: Plaque stratifiée en traction.

## 2 Symétries élastiques (4 pts)

Feuille à rendre avec votre copie : merci d'y indiquer votre nom.

Pour chacun des matériaux dont la microstructure est représentée sur la figure 2, proposez la nature des éventuelles symétries élastiques. Sur chacune des figures, représentez les axes d'anisotropie mécanique  $(\vec{N}_1, \vec{N}_2, \vec{N}_3)$  tels qu'utilisés dans le cours. NB : dans certains cas, plusieurs réponses sont acceptables.

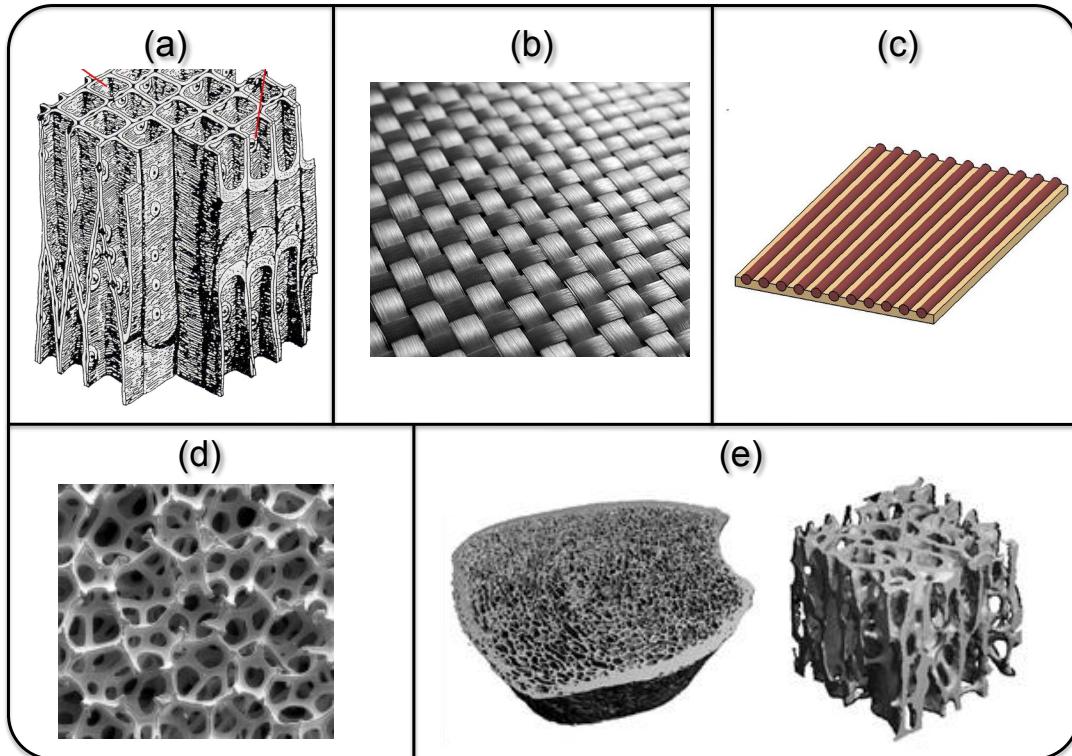


Figure 2: Exemples de microstructures anisotropes : (a) bois, (b) tissus de verre, (c) composite unidirectionnel, (d) mousse métallique, (e) os d'un fémur.

Microstructure	Type d'anisotropie
a	
b	
c	
d	
e	

### 3 Exercice (8 pts)

On considère le stratifié représenté sur la figure 3. Il est constitué de 4 couches de composite unidirectionnel dont les caractéristiques dans les directions d'anisotropie sont :  $E_L = 38 \text{ GPa}$ ,  $E_T = 9 \text{ GPa}$ ,  $G_{LT} = 3.6 \text{ GPa}$ ,  $\nu_{LT} = 0.32$ . Les épaisseurs et orientations des couches sont indiquées sur la figure 3. On a affaire à un stratifié antisymétrique.

1. Calculer les composantes de la matrice de rigidité  $\mathbf{Q}$  dans les axes principaux d'anisotropie.
2. Calculer les matrices de rigidité pour les couches 1 à 4 dans le repère  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .
3. Donner les expressions littérales des matrices de comportement du stratifié  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  et  $\mathbf{D}$ .
4. Donner les valeurs numériques de ces mêmes matrices.
5. Que peut-on en conclure par rapport au comportement du stratifié ?
6. En un point donné d'une structure composite, ce matériau est soumis à des efforts de membrane  $\vec{N}$  tels que :  $N_x = 1000 \text{ N.mm}^{-1}$ ,  $N_y = 500 \text{ N.mm}^{-1}$  et  $N_{xy} = 250 \text{ N.mm}^{-1}$ . Déterminer numériquement en ce point les valeurs de déformations en membrane  $\{\hat{\varepsilon}\}$  et en courbure  $\{\hat{\chi}\}$ .

*1 point de bonus pour la réponse à cette question !*

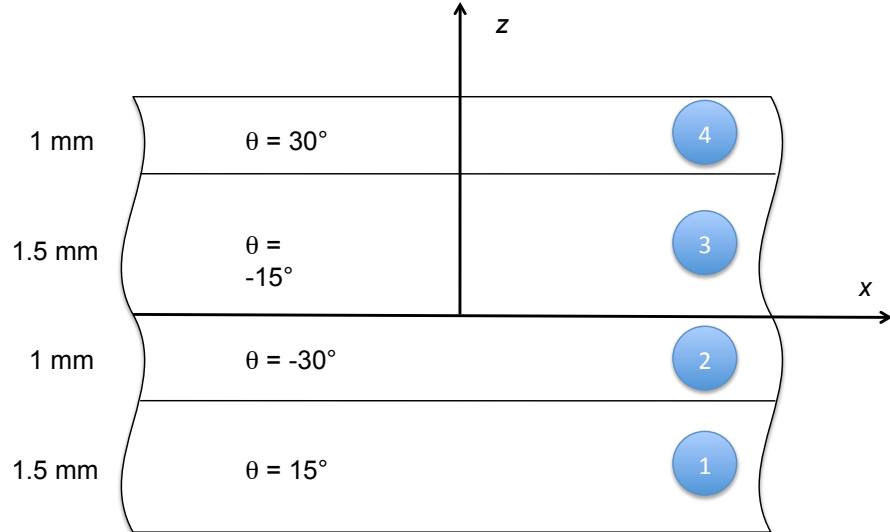


Figure 3: Composite stratifié antisymétrique.