

Durée : 2 heures.

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

1 Questions de cours (10 pts)

1. Expliquer la notion de taux de renfort critique.
2. Pour une même composition, qu'est-ce qui explique qu'un composite à fibres courtes alignées a une rigidité inférieure à celle d'un composite UD à renfort continu ?
3. Lois de comportement mécaniques : comment s'appelle le principe selon lequel la réponse mécanique ne dépend pas du repère d'observation ?
4. Pour un matériau isotrope transverse, combien de constantes sont nécessaires pour définir la loi de comportement en élasticité linéaire ? Quels essais mécaniques permettraient d'identifier ces paramètres ?
5. Théorie des plaques stratifiées,
 - Détailler l'hypothèse cinématique permet de passer du problème mécanique 3D au problème simplifié 2D ?
 - Quelles sont les variables qui vont permettre d'écrire la loi de comportement intégrée du stratifié ? Détailler la signification physique de chacune d'entre elles.
 - Expliquer le rôle des matrices $[A]$, $[B]$ et $[D]$ intervenant dans cette loi.
6. Représentez schématiquement l'allure de la déformée d'une éprouvette rectangulaire mince d'un composite unidirectionnel chargée en traction simple dans une direction quelconque par rapport à la direction de ses fibres.

2 Exercice (10 pts) : dimensionnement d'un stratifié en membrane

On considère une plaque composite stratifiée faite d'un ensemble de couches unidirectionnelles en carbone/époxy à 60% de fibres, de caractéristiques :

$$E_L = 134 \text{ GPa}, E_T = 15 \text{ GPa}, G_{LT} = 4.2 \text{ GPa}, \nu_{LT} = 0.25$$

Les couches externes sont symétriques et placées à $\pm 45^\circ$. La couche centrale à une couche à 0° . Elles sont faites de plis d'épaisseur $e = 0.1mm$. Comme indiqué sur la figure 1, les couches à $\pm 45^\circ$ sont supposées avoir n plis alors que la couche à 0° possède m plis.

1. Calculer les composantes de la matrice $[Q_0]$

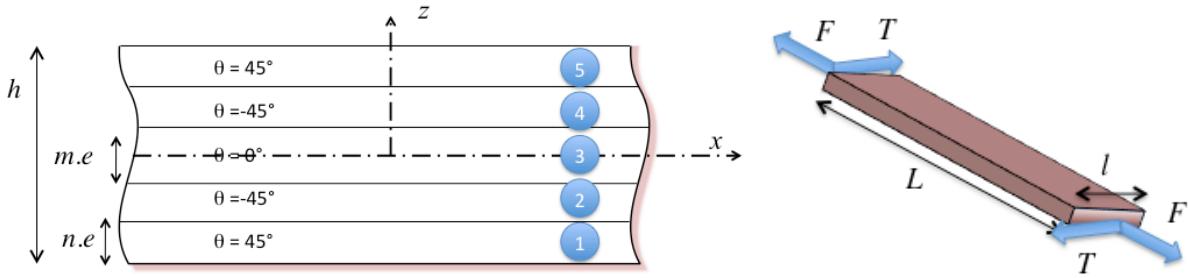


Figure 1: Composite stratifié à 5 couches sollicité en traction et en cisaillement dans son plan.

2. Calculer la matrice de rigidité intégrée $[A]$ en fonction de n et m .
3. La plaque présentera-t-elle un couplage traction-cisaillement ?
4. Justifier sans calcul pourquoi cette plaque présentera un comportement isotrope en traction dans le plan et un comportement anisotrope en flexion.
5. Une structure faite de ce composite est soumise à un chargement de traction simple dans le sens L de la couche à 0° , de résultante $F = 10000N$, combiné à un cisaillement de résultante $T = 5000N$ (voir figure 1). Ses dimensions sont $L = 400mm$, $l = 20mm$ et $h = (4n + m)e$.
 - Calculer les déformations de membrane dans le cas $n = m = 2$ ainsi que les composantes du déplacement de l'extrémité (l'autre étant supposée fixe).
 - On souhaite à présent s'assurer que les déformations n'excèdent pas 0.25% en traction et 0.20% en cisaillement. Proposer un couple (n, m) permettant de satisfaire ces deux conditions simultanément. Justifier qu'il est possible de trouver une solution présentant un minimum de couches.