

COMPOSITES : EXERCICES

OPTIONS PC ET ITM

1 Plaque Stratifiée

On considère deux cas de deux plaques stratifiées verre/époxy constituées de 4 plis unidirectionnels réalisées respectivement avec des empilements de 90/0/0/90 (cas 1 : équilibré symétrique) et 0/90/0/90 (cas 2 : équilibré alterné). Chaque pli a une épaisseur $e=1\text{mm}$ et possède les caractéristiques d'orthotropie plane suivantes :

$$E_L = 160 \text{ GPa} \quad ; \quad E_T = 16 \text{ GPa} \quad ; \quad \nu_{LT} = 0.32 \quad ; \quad G_{LT} = 5 \text{ GPa}$$

Les plaques réalisées ont une longueur $L=200\text{mm}$ (sens 0°) et une largeur $l=20\text{mm}$ (sens 90°). Elles sont soumises à une extrémité à une force 4000N dans le sens 0° . Les conditions aux limites sont telles que l'état de contrainte correspond à un état de traction simple.

- ☐ Déterminer les matrices d'élasticité de chaque pli $[Q^0]$ et $[Q^{90}]$
- ☐ Donner les expressions des matrices de comportement intégrée obtenues dans les hypothèses de la théorie simplifiée des plaques stratifiées $[A]$, $[B]$ et $[D]$ correspondant respectivement aux comportements en membrane, couplage membrane-flexion et flexion.
- ☐ Déterminer numériquement les déformations généralisées et correspondant au chargement.
- ☐ Pour le cas 2, calculer également le déplacement vertical de l'extrémité de la plaque lorsqu'elle est soumise à la traction.

2 Refroidissement d'une plaque 90/0/90

Une plaque composite est faite d'un empilement 90/0/90 de plis unidirectionnels d'épaisseur identique $e=1 \text{ mm}$. Chaque pli possède les caractéristiques suivantes dans ses directions d'orthotropie :

$$E_L = 45 \text{ GPa} \quad ; \quad E_T = 10 \text{ GPa} \quad ; \quad \nu_{LT} = 0.31 \quad ; \quad G_{LT} = 4.5 \text{ GPa}$$

$$\alpha_L = 5.10^{-6} \text{K}^{-1} \quad ; \quad \alpha_T = 20.10^{-6} \text{K}^{-1}$$

La matrice de ce composite est une résine thermodurcissable que l'on fait polymériser à 120°C . Avant la réaction chimique de réticulation, le matériau est supposé libre de contraintes. On néglige en première approche le retrait chimique dû à la transformation.

Le composite subit ensuite un refroidissement jusqu'à 20°C , sans aucun chargement mécanique extérieur, ce qui induit des retraits différents dans chaque pli. Il s'agit ici d'évaluer l'état de contraintes internes qui existe dans la plaque à l'état initial.

- ☐ Déterminer les matrices d'élasticité de chaque pli $[Q^0]$ et $[Q^{90}]$, puis les matrices de rigidité de la loi de comportement intégrée $[A]$, $[B]$ et $[D]$.
- ☐ Calculer les déformations d'origine thermique de chaque pli, puis les efforts intégrés dus à ces dilatations.
- ☐ Le chargement mécanique étant nul, calculer les déformations généralisées $\{\varepsilon_m\}$ et $\{\gamma\}$
- ☐ Calculer enfin les contraintes dans chaque couche existant dans la plaque à 20°C .