

# 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 :

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

Les plaques réalisées ont une longueur  $L=200\text{mm}$  (sens  $0^\circ$ ) et une largeur  $l=20\text{mm}$  (sens  $90^\circ$ ). Elles sont soumises à une extrémité à une force 4000N dans le sens  $0^\circ$ . 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 intégré obtenues dans les hypothèses de la théorie simplifiée des plaques stratifiées  $[A]$ ,  $[B]$  et  $[D]$  correspondant respectivement au comportement 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 plis possède les caractéristiques suivantes dans ses directions d'orthotropie :

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

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

La matrice de ce composite est une résine thermodurcissable que l'on fait polymériser à  $120^\circ\text{C}$ . 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  $20^\circ\text{C}$ , 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  $20^\circ\text{C}$ .