

EXAMEN DE MÉCANIQUE DES COMPOSITES

Options TEM/EXECOT et MAPI/Composites

3 février 2025 - Nb de pages **2** - *Tous documents autorisés* - durée : 1h30

1 Plaque composite sous chargement thermique

La plaque composite représentée en figure 1(a) est constituée de 12 plis unidirectionnels d'épaisseur $e = 200\mu m$ empilés sous forme alternée symétrique : $[0/90/0/90/0/90]_s$. Le matériau est un PEEK/Carbone à 60% de fibres de carbone insérée dans une matrice thermoplastique hautes performances en Poly-Ether-Ether-Cétone.

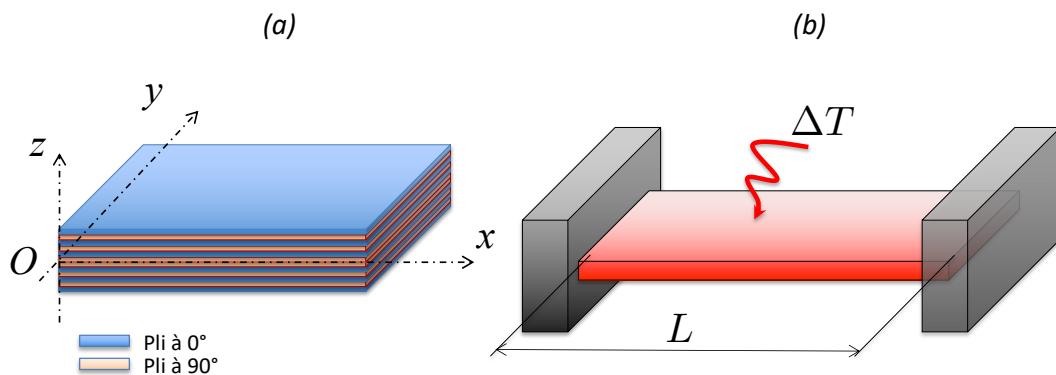


FIGURE 1 – Composite alterné 12 plis soumis à un chargement thermique.

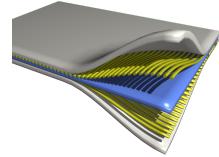
Chaque pli est orthotrope et présente les caractéristiques mécaniques suivantes :

$$E_L = 212 \text{ GPa}; E_T = 15 \text{ GPa}; \nu_{LT} = 0.3; G_{LT} = 8 \text{ GPa}.$$

En outre, on mesure les coefficients de dilatation suivants : $\alpha_L = 2 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, $\alpha_T = 52 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, valeurs valables entre la température ambiante et la température de transition vitreuse $T_g = 160^\circ C$.

1.1 Loi de comportement intégrée

Dans un premier temps, il est demandé de calculer numériquement les matrices $[A]$, $[B]$ et $[D]$ de la loi de comportement intégrée en déterminant au préalable les matrices comportement $[\bar{Q}^k]$ des plis à 0° et 90° .



1.2 Dilatation libre

On étudie dans un premier temps le cas où la plaque est soumise à une élévation de température ΔT depuis la température ambiante (20°C) jusqu'à sa température de transition vitreuse T_g . On suppose que la plaque est initialement parfaitement libre de contraintes et que les propriétés mécaniques restent inchangées jusqu'à T_g .

1. Après avoir déterminé les déformations thermiques de chaque pli $\{\varepsilon^k\}$, déterminez les efforts intégrés d'origine thermique $\{N^{th}\}$ et $\{M^{th}\}$, puis calculer les dilatations dans le plan de la plaque.
2. En déduire les coefficients de dilatation moyens de la plaque dans les directions \vec{x} et \vec{y} , notés respectivement α_x et α_y . Que peut-on en conclure ?
3. Calculer à présent l'état de contraintes induit dans chaque couche $\{\sigma^k\}$ par ce chargement thermique. Les contraintes sont-elles auto-équilibrées ?

1.3 Dilatation entre deux parois

Une plaque de longueur L selon \vec{x} est maintenant maintenue entre deux parois indéformables (Fig. 1(b)) et soumise à la même élévation de température ΔT . La déformation totale selon \vec{x} est donc nulle, mais cela implique qu'il existe un effort de compression exercé par les parois, qui génère donc une composante N_{xx} non nulle. Les parois latérales étant libres, N_{yy} est par contre nulle comme dans le cas précédent.

1. En posant à nouveau la loi de comportement intégrée en thermoélasticité pour cette nouvelle configuration, montrez en résolvant le système (analytiquement dans un premier temps) qu'on peut déterminer ε_{yy} et N_{xx} . NB : il suffit de poser $\varepsilon_{xx} = 0$ dans le système.
2. Calculer numériquement ces valeurs, en déduire la contrainte moyenne selon \vec{x} .
3. Calculer à nouveau l'état de contraintes de chaque couche.
4. Question subsidiaire : peut-on retrouver le résultat précédent (question 3.2) en utilisant le coefficient de dilatation moyen calculé en question 2.3.
5. Question subsidiaire 2 : le résultat est indépendant de L , pourquoi ?