

ENSMP 1ère année, Mécanique des matériaux solides, mars 2011

Etude du comportement mécanique de plaques composites.

1 Introduction du sujet et des outils

Présentation

Le but de ce mini-projet est de mieux comprendre le fonctionnement des plaques composites en testant plusieurs plaques en flexion et en torsion. Les plaques composites sont formées de plis qui, de par leurs propriétés (épaisseur, orientation, disposition) induisent des comportements différents. Les essais expérimentaux seront accompagnés de simulations qui se feront grâce à une feuille de calcul disponible sur le web.

Objectifs

Le but de ce mini-projet est de mieux comprendre le fonctionnement des plaques composites en comparant d'une part les réponses expérimentales de cinq différentes plaques composites entre elles et, d'autre part, en utilisant une feuille de calcul permettant de tester la performance de différentes plaques en fonction de leur structure (orientation des plis, répartition des plis). La feuille de calcul sera aussi utilisée pour appréhender les paramètres des plaques qui permettent de rapprocher au mieux les valeurs calculées et les valeurs expérimentales.

Les différentes couches des plaques sont constituées d'une matrice époxy et de fibres longues unidirectionnelles de carbone. On recherchera dans la littérature les propriétés de ces constituants (époxy, fibres de carbone) et on vérifiera par un calcul d'homogénéisation que ces propriétés permettent de retrouver le comportement des plis préalablement utilisés dans la feuille de calcul.

Matériel et code disponibles

On étudie 5 plaques d'un composite carbone-résine, qui comportent un nombre variable de couches (ou plis) et des séquences d'empilement différentes. Ces plaques sont découpées en éprouvettes, qui peuvent s'adapter sur un montage de flexion et sur un montage de torsion, comme le montre la figure 1.

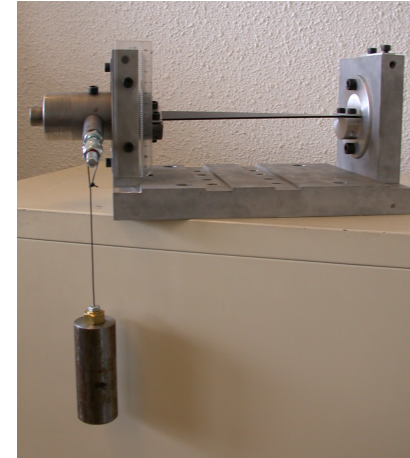
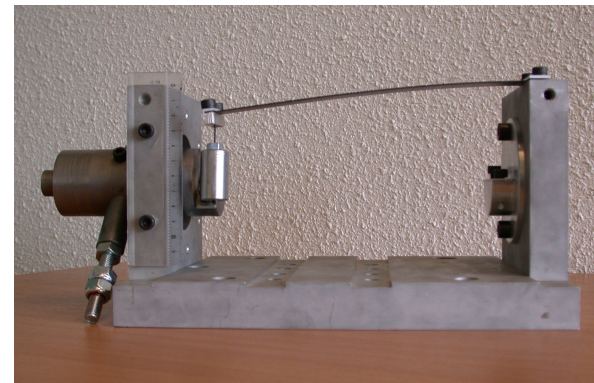


Fig.1 : Dispositif expérimental pour un essai en flexion et en torsion



Les éprouvettes utilisées sont constituées d'une superposition de plis des nappes unidirectionnelles dont l'épaisseur avoisine $125 \mu\text{m}$. On a les plis suivants :

1. un stratifié 8-plis : $[+45_2, -45_2]_s$
2. un stratifié 8-plis : $[0, 90, +45, -45]_s$
3. un stratifié 8-plis : $[0_2, 90_2]_s$
4. un stratifié 16-plis : $[0]$
5. un stratifié 16-plis : $[0_2, 90_2, +45_2, -45_2]_s$

Une feuille de calcul est également disponible en suivant le lien http://mms2.enscm.fr/Mms_scripts/Multilayer/multipli.php.

2 Programme détaillé

Séance 1 - Réalisation des expériences

Q1.1 : Mesurer les dimensions des différentes éprouvettes. Vérifier que les épaisseurs sont cohérentes avec le nombre de plis annoncé

Q1.2 : Relever l'angle de torsion (respectivement la flèche) obtenu lors de l'essai de torsion (respectivement flexion) pour les cinq types d'éprouvettes.

Séance 2 - Réalisation des expériences, suite

Q2.1 : Suite de la séance précédente et interprétation des résultats expérimentaux; on présentera les résultats sous forme lisible afin de pouvoir commenter les résultats plus facilement. On commentera les différents résultats

Q2.2 : Réflexion sur les différents paramètres à tester avec la feuille de calcul lors de la séance suivante

Séance 3 - Vérification du code

Dans cette section, on utilisera les valeurs par défaut fournies par la feuille de calcul.

Q3.1 : Réaliser des calculs avec différents types d'empilements, symétriques ou non. Observer les conséquences sur la matrice de rigidité, et indiquer quels sont les différents couplages en fonction des géométries utilisées. Indiquer quelles sont les unités des termes de la matrice de rigidité, en fonction du bloc que l'on considère. Effectuer le même travail sur la matrice de souplesse.

Q3.2 : Donner les formules qui permettent d'obtenir les 4 nombres correspondant respectivement aux cas de charge : traction simple, moment de flexion, flexion-cisaillement, angle de torsion. Vérifier par deux ou trois applications numériques bien choisies que le résultat obtenu par le programme est conforme au résultat analytique.

Séance 4 - Identification des paramètres matériau de la couche

Q4.1 : Utiliser la feuille de calcul pour calculer les configurations des éprouvettes testées. On commencera par utiliser les valeurs par défaut, puis on cherchera à rapprocher les valeurs calculées des valeurs expérimentales en modifiant les paramètres suivants :

- épaisseur de la couche,
- caractéristiques de la couche.

Proposer le jeu de paramètres réalisant le meilleur compromis pour l'ensemble des éprouvettes.

Séance 5 - Cours sur les plaques composites

Séance 6 - Cours sur plaques en flexion

Séance 7 - Recherche des propriétés élémentaires des constituants et bilan de l'étude

On suppose que chaque couche est constituée d'une matrice époxy et de fibres longues unidirectionnelles de carbone, avec une fraction volumique de fibre $cf = 50\%$.

Q7.1 : Chercher dans la littérature ou sur le web l'ordre de grandeur des propriétés de ces constituants.

Q7.2 : En appliquant des lois de mélange simples, dont on justifiera l'utilisation dans chacun des cas, montrer que les valeurs obtenues dans la partie précédente

pour le pli sont compatibles avec les valeurs élémentaires relevées pour chacun des constituants. Fournir les formules analytiques utilisées pour évaluer E_{LL} , E_{TT} , E_{LT} et ν_{LT} , et donner leur signification physique précise.

Q7.3 : Classer les différentes plaques utilisées en fonction de leurs performances vis-à-vis de chaque type de chargement. Indiquer en particulier quelle est la meilleure orientation de fibre pour résister à la traction longitudinale, à la flexion, à la torsion.

Q7.4 : Effectuer le calcul des flèches et des angles que l'on obtiendrait avec des éprouvettes de largeur, longueur et masse identiques (donc éventuellement d'épaisseurs différentes) qui seraient découpées dans des tôles d'aluminium ou d'acier. Commenter.

Séance 8 - Rédaction du rapport et préparation de la soutenance

Outre la présentation des travaux menés lors des séances précédentes, on s'attachera à répondre à toutes les questions posées dans ce mini-projet.