

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

Mai 2019

Toute documentation permise
Calculatrices : Uniquement les modèles autorisés
Durée : 3 heures

16-CH-B3 Matériaux de pointe

Question 1 (20 pts.):

Dans un pli de matériau composite à matrice organique et à renforts continus unidirectionnels les fibres parallèles peuvent être arrangées (en théorie) uniformément selon un motif régulier. La figure suivante montre un exemple d'une maille a) hexagonale et b) d'une maille carrée.

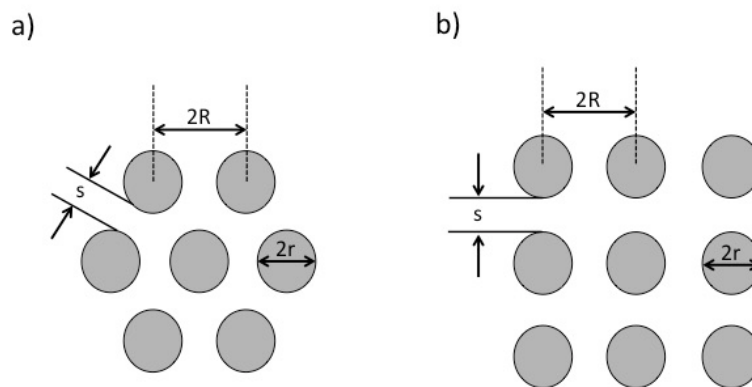


Figure 1 : Arrangements possibles pour la distribution volumique de renforts continus unidirectionnels dans un matériau composite à matrice organique; a) distribution hexagonale; b) distribution carrée.

Dans un pli unidirectionnel, la fraction volumique de renfort est égale à la fraction surfacique telle que mesurée sur une coupe perpendiculaire aux renforts. On peut montrer que pour :

$$a) \quad V_f = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

$$b) \quad V_f = \frac{\pi}{4} \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

- a) Pour chacun des cas illustrés ci-dessus, déterminer une expression mathématique qui permette de calculer l'espacement « s » (10 pts).
- b) Dans l'éventualité que l'on veuille utiliser dans une configuration carrée une fraction volumique identique à celle de la configuration hexagonale, quel type de problème risque de survenir (Indice : Fraction volumique de renforts élevée) (10 pts)?

Question 2 (20 pts.):

On vous donne comme projet de fabriquer des pièces d'aluminium en fabrication additive par fusion-laser sur lit de poudre. L'appareil que l'on vous assigne est muni d'un laser de 400 Watts. Cet appareil convient parfaitement à la fabrication de pièces d'acier, d'acier à outil ou de titane. Toutefois, lorsque vous lancez la fabrication d'une pièce en aluminium à l'aide d'une poudre AlSi10Mg, vous constatez que la fusion ne se fait pas du tout et ce, quelques soient les paramètres d'impression utilisés.

- Donnez une explication claire quant aux raisons qui mènent à cet état de faits (10 pts);
- Proposez une solution qui vous permettrait de résoudre ce problème (10 pts).

Question 3 (20 pts.):

La Figure qui suit présente le comportement en traction d'un verre de borosilicate « Pyrex » et d'un matériau composite à céramique renforcé de fibre de carbone. Tel qu'on peut s'y attendre intuitivement, le fait d'ajouter une fraction volumique de renforts de 40% augmente significativement la résistance par rapport à celle de la matrice prise seule. Toutefois, ce qui est étonnant est que le comportement en traction du composite à matrice céramiques ne semble plus être fragile mais est plutôt ductile ou quasi-ductile. Expliquez de façon claire le mécanisme physique qui mène à la mesure d'un tel comportement en traction pour ce type de matériau composite.

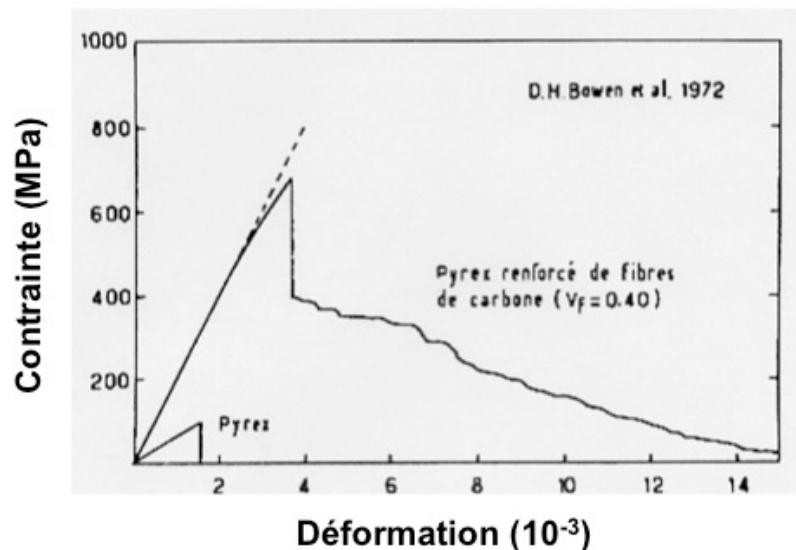


Figure 2 : Comportement en traction d'un verre de borosilicate (Pyrex) et d'un matériau composite à matrice céramique fait de verre de borosilicate (matrice) et de renforts de fibres de carbone.

Question 4 (10 pts.):

Dans l'expectative de prendre l'avion pour aller passer ses vacances dans les îles du Sud, votre voisin vous interpelle alors que vous pelledez la neige accumulée derrière votre véhicule personnel. Il s'avoue inquiet à l'idée de voler à 15 000 m d'altitude dans un avion fabriqué à plus de 60% de matériaux composites à matrice organique. À cet effet, il a mené une petite enquête sur le Web et a découvert que les matériaux composites à matrice organique ont une résistance en traction qui, la plupart du temps, est inférieure à celle d'aciers alliés. Qui plus est, plus les avions sont modernes et plus ils contiennent de matériaux composites! Sachant que vous êtes connaissant dans le domaine des matériaux techniques, il se tourne vers vous pour des explications afin de comprendre pourquoi les avions ne sont-ils pas construits à partir des matériaux les plus résistants comme l'acier par exemple? Donnez une explication claire et précise quant à la logique derrière ce choix de matériau par l'industrie aéronautique.

Question 5 (20 pts.):

La microstructure des pièces métalliques obtenues par fabrication additive (FA) est généralement fortement anisotrope. Dans le contexte où vous voudriez maximiser la résistance en traction d'une pièce, quelle(s) orientation(s) de fabrication devriez-vous privilégier? (Référez-vous à un système de coordonnées cartésien pour étayer vos explications et ne considérer que les procédés de FA utilisant un faisceau laser et un lit de poudre).

Question 6 (10 pts.):

Les mousses métalliques sont de plus en plus utilisées dans la fabrication de matériaux composites de type sandwich en remplacement des structures en nids d'abeilles. Selon vous, quels sont les deux principaux avantages de substituer les nids d'abeilles par des mousses métalliques? Justifiez clairement.