

Matériaux auxétiques

Positionnement thématique

Sciences Industrielles : résistance des matériaux (contrainte-déformation), Sciences Industrielles : productique (fabrication additive), Technologie : réalisation d'un dispositif de mesure.

Mots-clés

| Mots-clés (en français) | Mots-clés (en anglais) |
|-------------------------------|------------------------|
| <i>Coefficient de Poisson</i> | <i>Poisson's ratio</i> |
| <i>Contrainte/Déformation</i> | <i>Strain/Stress</i> |
| <i>Modélisation</i> | <i>Modelling</i> |
| <i>Mesures</i> | <i>Measurements</i> |
| <i>Matériaux</i> | <i>Materials</i> |

Bibliographie commentée

Lorsqu'une poutre cylindrique est étirée dans sa direction longitudinale, celle-ci va se contracter dans sa direction radiale. Ces deux déformations sont proportionnelles et le coefficient de proportionnalité est nommé coefficient de Poisson. Usuellement, ce coefficient est compris entre 0 et 0,5. Cependant, certains matériaux ont la particularité de s'étendre (contracter) dans la direction radiale lorsqu'ils sont soumis à une contrainte de traction (compression) longitudinale. Ces matériaux sont appelés matériaux auxétiques et ils sont caractérisés par un coefficient de Poisson ayant une valeur comprise entre 0 et -1. Initialement considérée comme anormale lors de son observation dans les domaines des biomatériaux et des tissus biologiques, cette propriété a par la suite fait l'objet de nombreuses études, notamment depuis la fin du XX^{ème} siècle. Ainsi, désormais les auteurs s'accordent sur le fait que le comportement auxétique des tissus biologiques résulte de la forme particulière de la microstructure de ces matériaux [1],[2]. À l'heure actuelle, des matériaux auxétiques sont synthétisés, principalement sous forme de mousses qui peuvent être en matériaux thermoplastiques (polyester), thermodurcissables (caoutchouc) ou métalliques (cuivre) [2] [3] [4] [5]. Ces mousses, et autres matériaux auxétiques, sont réalisés de manière à posséder une structure (généralement de dimension millimétrique) composée de formes géométriques qui sous l'action d'une contrainte de traction dans la direction longitudinale vont « se déplier » dans la direction radiale. À l'heure actuelle, de très nombreuses formes sont recensées dans la littérature [6] [7] [8]. Par exemple, il a été montré que des structures bidimensionnelles réalisées suivant les motifs de pavages d'art islamique possèdent un coefficient de Poisson négatif [8]. Si les matériaux auxétiques sont étudiés à l'heure actuelle, c'est en raison de leurs applications potentielles. Quelques exemples d'applications sont l'amélioration de propriétés acoustiques par absorption des sons, l'absorption des chocs (par exemple dans le cas des gilets pare-balles), dans le domaine médical (pour la réalisation de prothèses ou d'implants), la réalisation de filtres à porosité modulaire, ou encore d'électrodes dans des applications piézoélectriques [9].

Problématique retenue

Les matériaux auxétiques de synthèse font l'objet de nombreuses études. Cependant, mes recherches bibliographiques ne m'ont pas permis de trouver d'étude comparative qui permettrait à un ingénieur/concepteur de choisir un type de structure dans le but de répondre à un besoin précis. Ainsi, l'objectif de ce travail est de réaliser et caractériser des matériaux auxétiques possédant différentes structures et de comparer leur aptitude à être utilisés en tant que filtres de porosité modulaire.

Objectifs du TIPE

Pour remplir mon objectif, il m'a tout d'abord fallu réaliser des matériaux auxétiques. Pour ce faire, j'ai décidé d'utiliser l'imprimante 3D disponible au lycée. Cependant, celle-ci utilisait un matériau trop dur et trop cassant, il m'a fallu trouver un matériau plus adapté et pouvant être utilisé dans l'imprimante 3D. Ainsi, j'ai opté pour du PLA souple qui permet de répondre à ces contraintes. Par la suite, j'ai reproduit 4 structures issues de la littérature afin de réaliser mes matériaux auxétiques. Une fois les matériaux réalisés, j'ai décidé de construire un dispositif de compression uniaxiale afin de les caractériser. Ce dispositif est constitué d'un plan horizontal rigide sur lequel est disposé mon matériau et d'un plateau placé par dessus du matériau sur lequel sont placés des poids afin d'induire la compression du matériau suivant la direction verticale. Afin de mesurer les contractions suivant l'axe vertical et l'axe horizontal, des photos sont prises avant et après chargement, puis analysées à l'aide du logiciel AVIMéca. En parallèle de ces mesures, j'ai réalisé le modèle de mes 4 matériaux auxétiques à l'aide du logiciel solidworks et étudié leurs déformations à l'aide du module de simulation. Enfin, j'ai étudié l'utilité de ces matériaux en tant que filtre à porosité modulaire. Pour ce faire, j'ai étudié la force de traction nécessaire pour agrandir les pores et laisser passer différents objets sphériques.

Références bibliographiques

- [1] N GASPAR, CW SMITH et KE EVANS : Auxetic behaviour and anisotropic heterogeneity. *Acta Materialia*, 57(3):875–880, 2009.
- [2] R.S. LAKES : Foam structures with a negative Poisson's ratio. *Science*, 235:1038–1040, 1987.
- [3] F SCARPA, JA GIACOMIN, A BEZAZI et WA BULLOUGH : Dynamic behavior and damping capacity of auxetic foam pads. *In Smart Structures and Materials*, page 6169. International Society for Optics and Photonics, 2006.
- [4] F SCARPA, P PASTORINO, A GARELLI, S PATSIAS et M RUZZENE : Auxetic compliant flexible PU foams : static and dynamic properties. *physica status solidi (b)*, 242(3):681–694, 2005.
- [5] Matteo BIANCHI, Fabrizio L SCARPA et Christopher W SMITH : Stiffness and energy dissipation in polyurethane auxetic foams. *Journal of Materials Science*, 43(17):5851–5860, 2008.
- [6] Lorna J GIBSON et Michael F ASHBY : The mechanics of three-dimensional cellular materials. *In Proceedings of the Royal Society of London A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, volume 382, pages 43–59. The Royal Society, 1982.
- [7] Lorna J GIBSON et Michael F ASHBY : *Cellular solids : structure and properties*. Cambridge University Press, 1999.
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=j6iDcIYTqNQ>.
- [9] docnum.univ-lorraine.fr.