



Objectifs

- Caractériser le comportement mécanique d'une mousse polyuréthane
- Mettre en évidence le phénomène d'hystérésis et la dissipation d'énergie sous forme thermique lors d'un cycle compression-détente
- Déterminer le travail dissipé W par intégration numérique de la boucle force-déplacement



Matériel

Désignation	Qté	Référence
Banc de traction-compression	1	322087



Durée et niveau de difficulté

Préparation : 15 minutes

Exécution : 1 heure et 15 minutes

Difficulté



Informations complémentaires

Se référer à la notice technique Jeulin pour le montage et l'usage du logiciel



Problématique

Contrairement à un ressort métallique, la mousse ne se contente pas de stocker l'énergie : elle en dissipe une partie importante via le frottement interne des parois et la compression de l'air contenu dans les pores. **Comment la mousse dissipe-t-elle l'énergie sous compression cyclique, et quelles informations sur sa capacité d'amortissement peut-on extraire de l'aire des boucles d'hystérésis et de la forme de la courbe contrainte-déformation ?**



Protocole

Montage

Schéma du dispositif



3. Acquisition et traitement des données

- Récupérer le fichier CSV
- Appliquer ces formules pour chaque cycle sur Excel :
- Déformation $\varepsilon = \frac{\Delta L}{h_0}$
- Contrainte : $\sigma = \frac{F}{S}$
- Calculer le travail par méthode des trapèzes :

$$W = \sum \frac{(F_i + F_{i+1})}{2} \times (L_{i+1} - L_i)$$

- W_{charge} : Somme du travail sur la phase de descente
- $W_{\text{décharge}}$: Somme du travail sur la phase de montée
- $W_{\text{dissipé}}$: $W_{\text{charge}} - W_{\text{décharge}}$





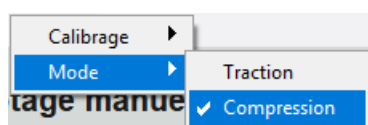
4. Exploitation des résultats

- Réaliser la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$
- Calculer le module de Young
- Calculer le rendement $\eta = \frac{W_{\text{decharge}}}{W_{\text{charge}}} \times 100$
- Observer l'effet Mullins

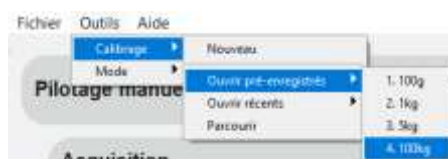
Mise en œuvre

Logiciel - Banc d'étude des matériaux

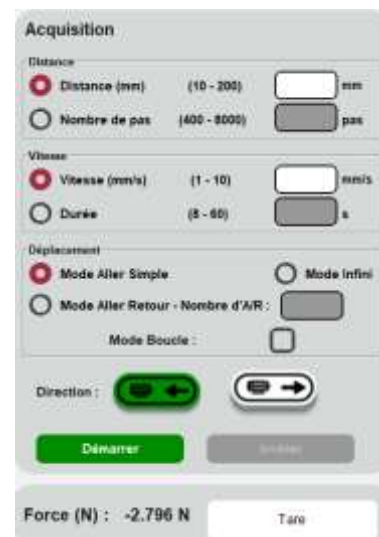
- Lancer le logiciel Maquette traction-compression
- Vérifier que vous êtes bien mode compression



- Etalonner puis tarer le capteur de force



- Rentrer les paramètres requis avant de lancer l'acquisition
- Appuyer sur démarrer



Résultats

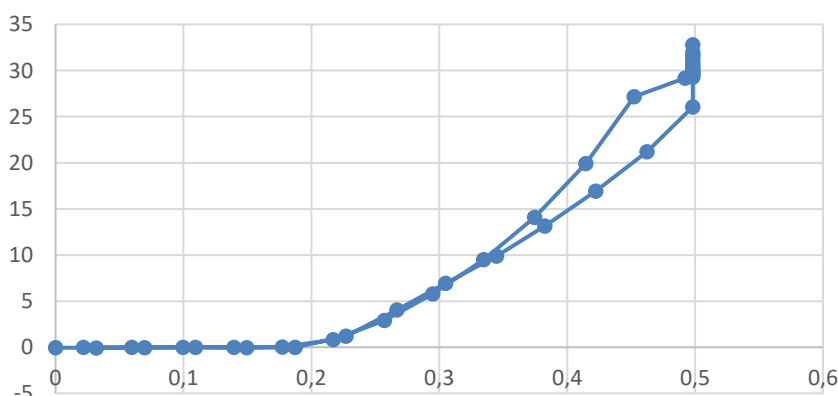
L'essai de compression cyclique constitue une méthode essentielle pour caractériser le comportement mécanique des mousses polymères. Il permet d'analyser la réponse du matériau sous une sollicitation uni axiale répétée et de quantifier ses capacités de dissipation énergétique par l'étude de l'hystérésis.

1. Caractérisation géométrique

- Dimensions transversales : $a = 52,18 \text{ mm}$; $b = 58,16 \text{ mm}$
 - Section initiale (S) : $S = a \times b =$
 - Hauteur initiale (h_0) : Mesurée à 50,20 mm lors de la précharge
- Ces valeurs permettent de transformer les valeurs brutes en grandeurs intrinsèques

2. Analyse du comportement (Modèle de Gibson-Ashby)

$$\sigma = f(\varepsilon)$$



L'observation de cette courbe permet d'identifier les trois régimes caractéristiques de la structure alvéolaire du polyuréthane :

1. Régime élastique linéaire ($\varepsilon < 0,05$) : La déformation est réversible. La pente de cette zone définit le Module d'Young (E).

2. Plateau de contrainte ($0,05 < \varepsilon < 0,40$) : La contrainte reste constante alors que la déformation progresse. Ce phénomène est dû au flambement élastique des parois cellulaires.

3. Zone de densification ($\varepsilon > 0,40$) : Les parois s'effondrent les unes sur les autres. Le matériau se comporte comme un solide plein, entraînant une hausse exponentielle de la contrainte.





3. Analyse énergétique et hystérésis

Le calcul du travail mécanique a été réalisé par intégration numérique (méthode des trapèzes) sur les cycles de charge et de décharge. L'aire comprise entre ces deux courbes représente l'énergie dissipée par le matériau.

Cycle	Energie fournie (J)	Energie restituée (J)	Travail dissipé (J)	Rendement η (%)
Cycle 1	0,63	0,31	0,32	48,48
Cycle 5	0,50	0,26	0,24	51,58

Accommodation et Effet Mullins

On observe une diminution du travail dissipé entre le premier et le cinquième cycle (0,32 J contre 0,24 J). Cette chute de 25% traduit le phénomène d'accommodation (ou effet Mullins). Lors du premier cycle, la rupture de certaines micro-liaisons internes dissipe une énergie supplémentaire. À partir du cycle 5, le comportement se stabilise, offrant une réponse plus reproductible.

Capacité d'amortissement

Le rendement modéré (51,58%) confirme la nature viscoélastique du polyuréthane. Environ 48% de l'énergie mécanique injectée est dissipée sous forme de chaleur. Cette propriété, couplée au plateau de contrainte, rend cette mousse idéale pour la protection contre les chocs, car elle limite l'effort transmis tout en absorbant l'énergie cinétique.

Etude statistique

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Moyenne	Incertitudes
Rendement η	51,579	49,012	48,74	49,168	50,564	49,813	0,543
Energie dissipée (J)	0,244	0,27	0,276	0,26	0,269	0,264	0,006
Module de Young E	74,122	71,841	72,22	73,119	72,462	72,753	0,401

Les valeurs caractéristiques de la mousse polyuréthane testée sont présentées avec leur incertitude élargie (facteur d'élargissement $k=2$ pour un niveau de confiance de 95%) :

• **Rendement moyen** : $49,813 \pm 1,086$ %

• **Module d'Young** : $0,264 \pm 0,012$ J

• **Énergie dissipée** : $72,753 \pm 0,802$ MPa



Conclusion

L'essai de compression a permis de caractériser le comportement du polyuréthane selon le modèle de Gibson-Ashby. Les résultats confirment la stabilisation du matériau au 5ème cycle (effet Mullins) avec un rendement énergétique de 49,8 %, illustrant ses fortes capacités d'amortissement. Le calcul du module d'Young met en évidence la réponse élastique initiale avant le plateau de contrainte caractéristique des mousses. Enfin, l'étude statistique sur 5 essais valide la répétabilité de la mesure et la fiabilité des propriétés mécaniques identifiées.

