

Essai de traction - Loi de Hooke et caractérisation d'un fil métallique jusqu'à sa rupture



Objectifs

- Compréhension pratique de la loi de Hooke et du comportement élastique
- Détermination quantitative des propriétés mécaniques (k et E)
- Détection des limites mécaniques du matériau et évaluation de la fiabilité des mesures



Durée et niveau de difficulté

Préparation : 15 minutes

Exécution : 1 heure et 15 minutes

Difficulté



Matériel

Désignation	Qté	Référence
Banc de traction-compression	1	322087
Lot de 4 ressorts avec repérage couleur	1	323010

Informations complémentaires

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



Problématique

Cette expérience vise à étudier le comportement mécanique d'un ressort et d'un fil métallique soumis à traction afin de vérifier la loi de Hooke et d'analyser le comportement réel des matériaux. **Comment la pente des courbes force-allongement et contrainte-déformation permet-elle de déterminer la raideur d'un ressort, la rigidité d'un fil métallique, ainsi que ses limites élastiques, plastiques et de rupture ?**



Protocole Montage

Schéma du dispositif



Traction d'un fil d'acier

Partie A : Vérification de la loi de Hooke sur un ressort

identifier la relation linéaire $F = k \cdot \Delta L$ et déterminer k avec son incertitude

- installer une extrémité du ressort au centre des plaques et l'autre au crochet
- programmer une traction progressive à vitesse constante
- limiter la course pour rester dans le domaine élastique
- enregistrer $F = f(\Delta L)$ ainsi que le tableau de valeurs
- faire une régression linéaire et relever k
- réaliser 5 essais indépendants
- revenir à la position initiale entre chaque essai
- réaliser un traitement statistique



Traction d'un ressort





Partie B : Essai de traction d'un fil métallique jusqu'à sa rupture

caractériser le comportement mécanique réel d'un matériau métallique

- mesurer la longueur initiale L_0
- mesurer le diamètre du fil
- calculer la section S
- fixer une extrémité du fil entre les deux plaques et l'autre à l'aide de l'écrou
- vérifier l'alignement axial
- programmer une traction progressive à vitesse constante
- réaliser la traction jusqu'à sa rupture

Point de vigilance

Réaliser une épaisseur de fil supplémentaire au niveau de l'écrou afin d'éviter que le fil ne casse à cette extrémité lors de la traction.

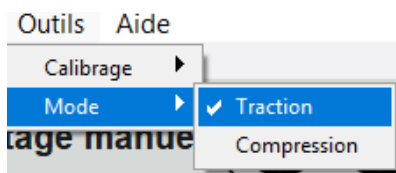
- enregistrer $F=f(\Delta L)$ ainsi que le tableau de valeurs
- calculer σ et ϵ pour chaque point puis tracer $\sigma=f(\epsilon)$
- faire une régression linéaire
- déterminer E
- réaliser 5 essais avec des fils identiques
- revenir à la position initiale entre chaque essai
- réaliser un traitement statistique

Mise en œuvre

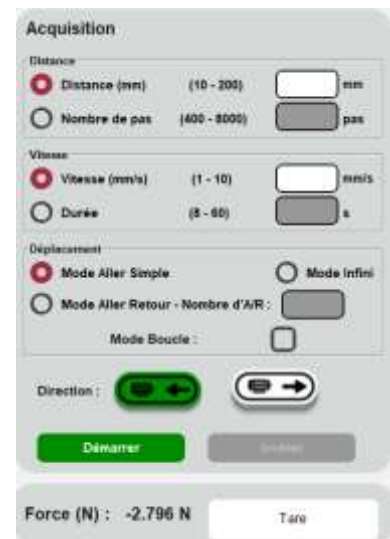
Logiciel - Banc d'étude des matériaux

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

- Etalonner puis tarer le capteur de force



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



Résultats

L'essai de traction constitue une méthode fondamentale en mécanique des matériaux. Il permet d'étudier la réponse d'un solide soumis à une sollicitation uni axiale croissante et d'identifier ses propriétés mécaniques caractéristiques.

Partie A : Vérification de la loi de Hooke sur un ressort

Dans le domaine élastique, un matériau se déforme de manière réversible. La déformation disparaît lorsque l'effort est supprimé.

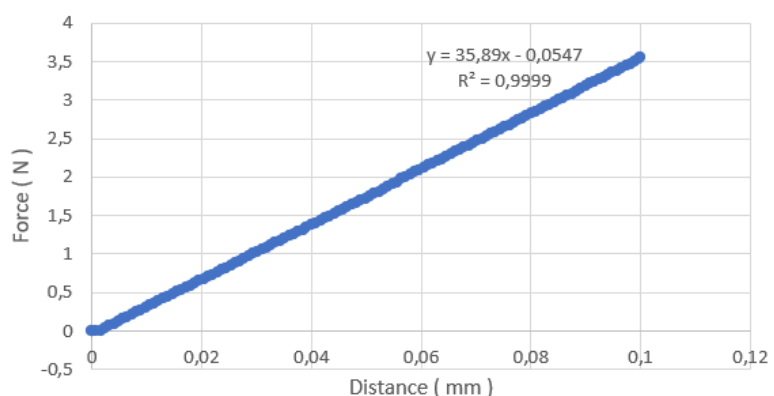
Pour un ressort, la relation entre la force appliquée et l'allongement est donné par : $F = k \cdot \Delta L$

où :

- F est la force appliquée
- ΔL l'allongement
- k la constante de raideur

Cette relation traduit un comportement linéaire : la force est proportionnelle à la déformation.

$$F=f(\Delta L)$$





Détermination de la constante de raideur

Une régression linéaire est effectuée sur chaque essai

La pente de chaque droite correspond ainsi à la constante de raideur

On obtient le tableau suivant répertoriant les valeurs de k :

Essai n°	k (N/m)
1	36,03
2	35,94
3	36,32
4	36,33
5	35,89
Moyenne	36,10
Ecart-type	0,21

Traitement statistique

$$u(k) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,21}{\sqrt{5}} = 0,09 \text{ N/m}$$

Cette incertitude traduit la précision sur la valeur moyenne obtenue.
Ainsi l'intervalle de confiance à 95% est :

$$k = 36,10 \pm 0,18 \text{ N/m}$$

L'écart relatif est : $\frac{|36,1-40|}{40} \times 100 = 9,75\%$

Partie B : Essai de traction d'un fil métallique jusqu'à sa rupture

Contrairement au ressort, le matériau ne reste pas linéaire jusqu'à rupture. Il présente successivement un domaine élastique, une zone plastique puis une rupture.

Courbe brute : Force en fonction de l'allongement

La courbe Force–Allongement représente directement les grandeurs mesurées par le banc d'essai. Elle met en évidence :

- une zone linéaire initiale
- une déviation progressive
- un maximum de force
- une chute brutale : rupture

Dans la zone initiale, la relation est approximativement linéaire :

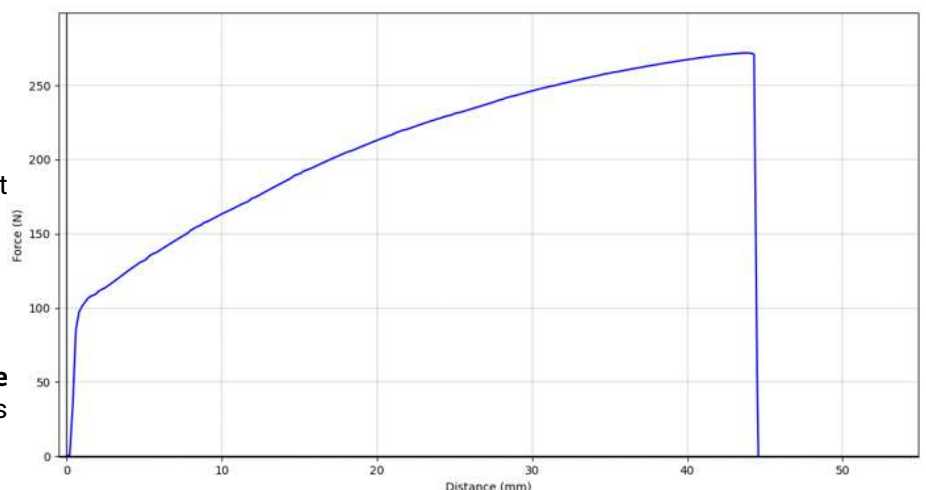
$$F = k \cdot \Delta L$$

Cependant, cette représentation dépend :

de la longueur initiale L_0

de la section S

Elle caractérise donc le **comportement de l'éprouvette testée**, mais pas intrinsèquement le matériau.





Courbe normalisée : contrainte en fonction de la déformation

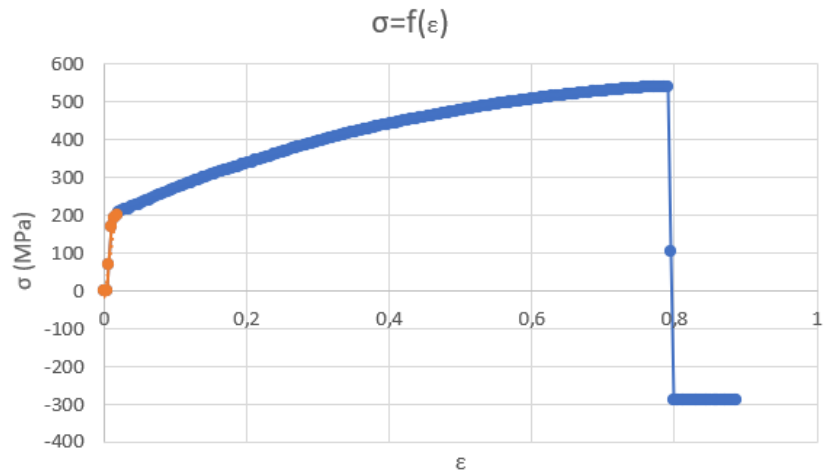
Afin d'obtenir une caractérisation indépendante de la géométrie, les données sont transformées selon :

$$\sigma = \frac{F}{S} ; \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

On sélectionne uniquement la zone linéaire initiale (courbe orange).

On effectue une régression linéaire puis on calcule le module de Young.

Essai n°	E (GPa)
1	204,12
2	204,09
3	205,01
4	204,93
5	204,22
Moyenne	204,47
Ecart-type	0,46



Une propriété intrinsèque caractérise le matériau indépendamment de sa géométrie. En passant de F et ΔL à $\sigma = \frac{F}{S}$ et $\varepsilon = \Delta L / L_0$, on élimine l'effet de la longueur, du diamètre et de la section, ce qui permet d'obtenir le module d'Young E .

Traitement statistique

$$u(E) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,46}{\sqrt{5}} = 0,21 \text{ GPa}$$

Cette incertitude traduit la précision sur la valeur moyenne obtenue.

Ainsi l'intervalle de confiance à 95% est :

$$E = 204,47 \pm 0,42 \text{ GPa}$$

L'écart relatif est : $\frac{|204,47 - 210|}{210} \times 100 = 2,63 \%$



Conclusion

Le TP a permis de vérifier la loi de Hooke avec un ressort étalon et de mesurer le module d'Young d'un fil métallique. Les résultats confirment que le comportement est linéaire dans la zone élastique et que la représentation σ - ε permet de mettre en évidence les propriétés intrinsèques du matériau, indépendantes de sa géométrie. La déviation de la linéarité correspond à la plasticité, et la rupture illustre le comportement irréversible. Enfin la répétition des essais et le calcul d'un intervalle de confiance a permis de quantifier la fiabilité des résultats et de valider la démarche expérimentale.

