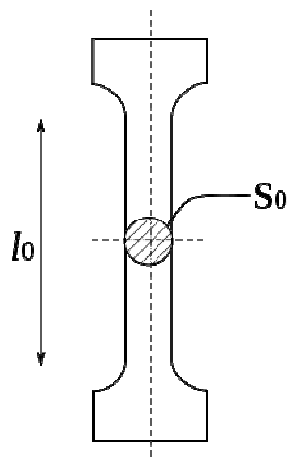


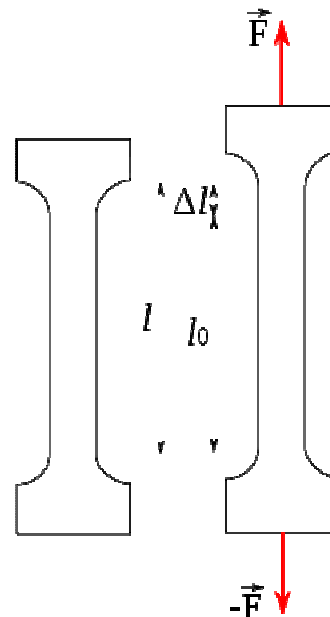
TP6-TRACTION SUR FIL

1^{ère} PARTIE : ETUDE THEORIQUE :

Un essai de traction est réalisé sur une éprouvette de traction en acier de longueur initiale L_0 et de section S_0 . On note la variation du déplacement Δl .



Caractéristiques de l'éprouvette de traction



Essai de traction

Le résultat de l'essai nous donne la courbe suivante d'évolution de la contrainte σ en fonction de la déformation ϵ :

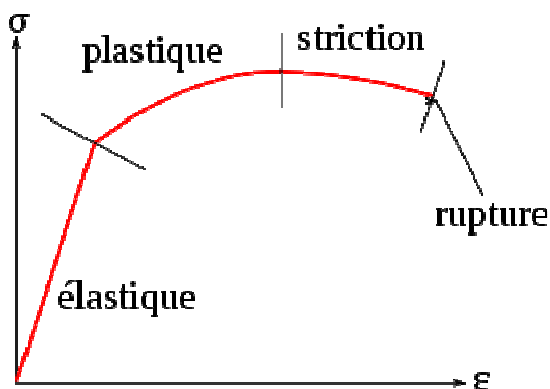


Figure 1

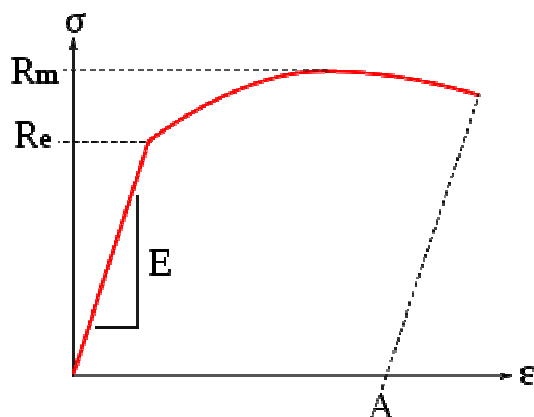


Figure 2

Q1) Donner une définition de la zone élastique, la zone plastique, la zone de striction et la rupture de l'acier. Représenter sur la figure 1 chaque zone.

Zone élastique : Dans le domaine élastique, la déformation est proportionnelle à la contrainte appliquée. La déformation élastique est une déformation réversible. Le milieu retourne à son état initial lorsque l'on supprime les sollicitations.

Zone plastique : Dans le domaine plastique, on déforme de manière définitive la pièce. La déformation plastique est la déformation irréversible d'un objet. Il n'y a plus de proportionnalité entre la contrainte et la déformation.

Zone de striction : C'est le rétrécissement transversal d'une éprouvette soumise à l'essai de traction simple et localisé sur une partie de sa longueur. La déformation est concentrée dans une zone ce qui entraîne une réduction de section et donc la diminution de la contrainte appliquée ($\sigma = F/S$).

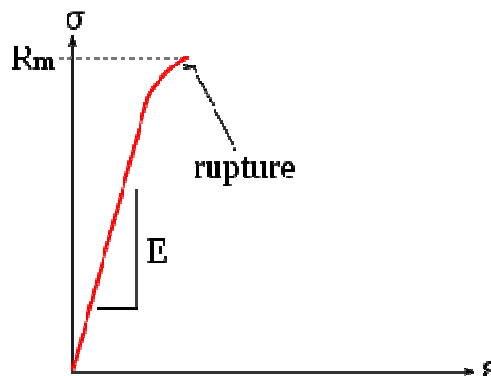
La rupture : La rupture intervient lorsque l'éprouvette casse au niveau de la zone de striction.

Q2) On dit que l'acier est un matériau ductile. Au contraire, lorsqu'un matériau n'est pas ductile, on dit qu'il est fragile.

Définir la ductilité d'un matériau et comparer avec la fragilité. Donner un exemple d'un matériau fragile.

La ductilité désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre. Pour les matériaux dits ductiles, lorsque l'on augmente la sollicitation jusqu'au domaine plastique, on déforme de manière définitive la pièce ; lorsque l'on arrête la sollicitation, la pièce reste déformée.

Au contraire, un matériau fragile casse dans le domaine élastique.



Courbe de traction sur un matériau fragile

Matériau fragile : Le verre.



Q3) Donner l'expression de la contrainte de traction σ en fonction d'une force F et de la section S_0 de l'éprouvette.

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad \text{avec } F \text{ en N et } S_0 \text{ en m}^2 \text{ soit } \sigma \text{ en MPa}$$

Q4) Donner l'expression de la déformation ε en fonction de L_0 et ΔL .

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{pour } \varepsilon \text{ en } \%$$

Q5) Que représente « R_e » et de « R_m » sur la figure 2 ? Donner une définition de ces valeurs.

R_e est la limite d'élasticité :

La limite d'élasticité est la contrainte à partir de laquelle un matériau arrête de se déformer d'une manière élastique, réversible et commence donc à se déformer de manière irréversible.

R_m est la résistance (ou contrainte) à la rupture en traction :

C'est la contrainte maximale que l'on peut appliquer au matériau sans qu'il ne rompe.

Q6) La loi de HOOKE donne la relation suivante :

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

Avec σ la contrainte en MPa et ε la déformation en %.

- Que représente E (figure 2) ?

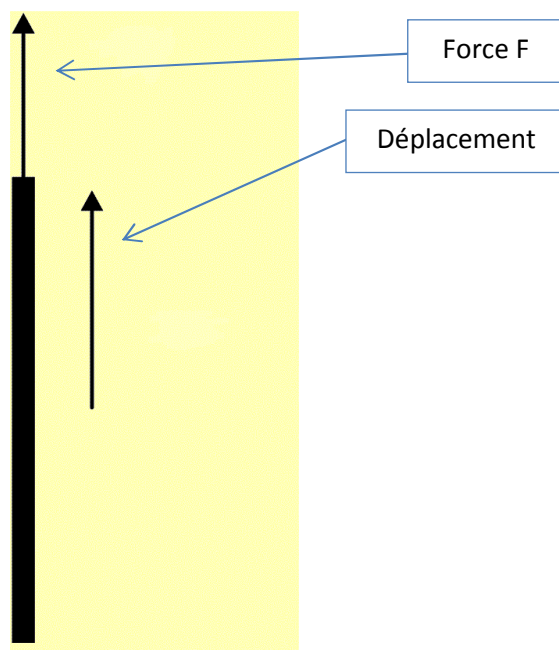
E est le module de Young ou module d'élasticité (longitudinale) ou encore module de traction. C'est la constante qui relie la contrainte de traction (ou de compression) et la déformation pour un matériau élastique. Il représente le coefficient directeur de la courbe du domaine élastique.

- Dans quelle zone cette loi est-elle applicable ?

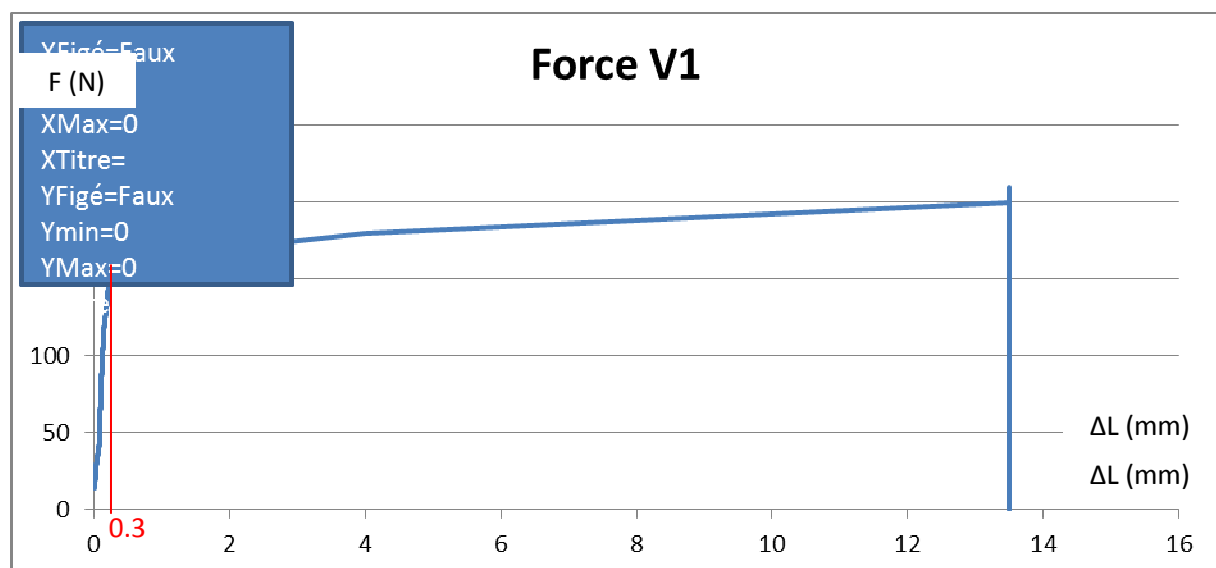
Cette loi ne s'applique que dans le domaine élastique sachant qu'il s'agit d'un domaine linéaire.



Un essai de traction a été réalisé sur un fil de fer de longueur $L_0 = 28.5 \text{ cm}$ ($\varnothing 1 \text{ mm}$). La courbe et le tableau ci-dessous nous donnent l'évolution de la force appliquée F en fonction du déplacement ΔL pour cet essai :



Force F N	Déplacement ΔL mm
20,004	0,0277
20,239	0,0306
20,532	0,0317
20,649	0,0319
20,826	0,0436
60,0127	0,214
60,365	0,225
60,482	0,226
60,775	0,228
139,854	0,632
139,795	0,633
139,854	0,633
139,971	0,634
140,440	0,635





Q7) Relever la force correspondant à la limite élastique. En déduire la contrainte limite d'élasticité.

$$F = Re = 158 \text{ N}$$

$$S = \pi R^2 = \pi \times 0.0005^2 = 7,854 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\text{Donc la contrainte limite d'élasticité est : } \sigma = \frac{F}{S} = \frac{158}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 201,17 \text{ MPa}$$

Q8) A l'aide du tableau ci-dessous, donnant la contrainte limite élastique de différents matériaux, retrouver le type de matériau de l'échantillon (fil).

$$\sigma_e = 201,17 \text{ MPa} \approx 200 \text{ MPa}$$

Matériaux	Contrainte limite élastique (MPa)
Acier S235	235
Acier S275	275
Acier S355	355
Fer	200
Laiton	180
Inox	170
Bronze	126
Cuivre	40
Aluminium	30

Donc : l'échantillon testé est bien du fil de fer.

Q9) Le module d'Young du matériau fer est égal à : 211 000 MPa. D'après la loi de Hooke, retrouver l'allongement ΔL à la limite élastique. Comparer avec le résultat obtenu sur la courbe.

$$\sigma_e = E \times \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\text{Donc : } \frac{\sigma_e}{E} = \frac{\Delta L}{L_0}$$



$$\Delta L = \frac{\sigma_e}{E} L_0 = \frac{200.10^6}{211\,000.10^6} \times 285 = 0,27\,mm$$

D'après la courbe : $\Delta L = 0,3\,mm$

On retrouve la valeur relevée sur la courbe.

2^{ème} PARTIE : ETUDE PRATIQUE :

Protocole de l'essai :

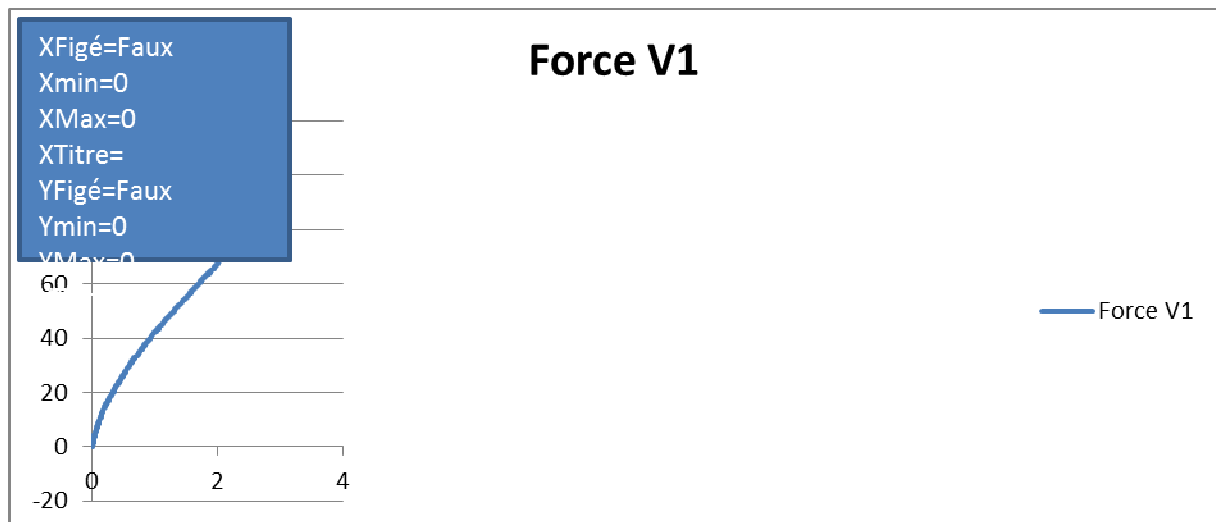
Le TP consistera à réaliser une série de chargement F1, F2 et F3 sur le même échantillon de fil de fer pour mettre en évidence le phénomène d'érouissage de l'acier suivant la procédure suivante :

- 1) Une charge verticale $\|\vec{F}_1\| = 100 \text{ N}$
→ Déchargement manuel jusqu'à $\|\vec{F}\| = 0 \text{ N}$
- 2) Une charge verticale $\|\vec{F}_2\| = 200 \text{ N}$
→ Déchargement manuel jusqu'à $\|\vec{F}\| = 0 \text{ N}$
- 3) Une charge verticale $\|\vec{F}_3\| = 250 \text{ N}$
→ Déchargement manuel jusqu'à $\|\vec{F}\| = 0 \text{ N}$

Remarque : Après chaque essai, les courbes obtenues pourront être enregistrés en cliquant sur « Analyse ».

Analyse des résultats :

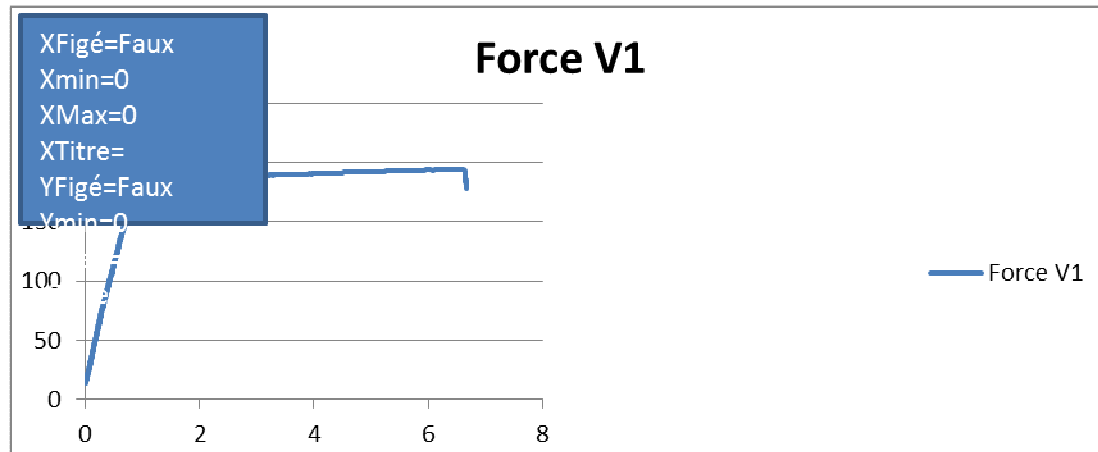
Q1) Programmer une force limite d'essai $F1 = 100 \text{ N}$ et lancer l'essai. Analyser la courbe obtenue.



On observe ici que l'on est dans le domaine élastique sachant que la courbe est linéaire.

Q2) Après avoir déchargé le fil, programmer une force limite d'essai $F2 = 200 \text{ N}$ et lancer l'essai.

- Analyser la courbe obtenue et comparer avec celle obtenue à la question Q1.
- Calculer la contrainte limite élastique.



On observe ici un palier ce qui signifie que l'on a atteint le domaine plastique.

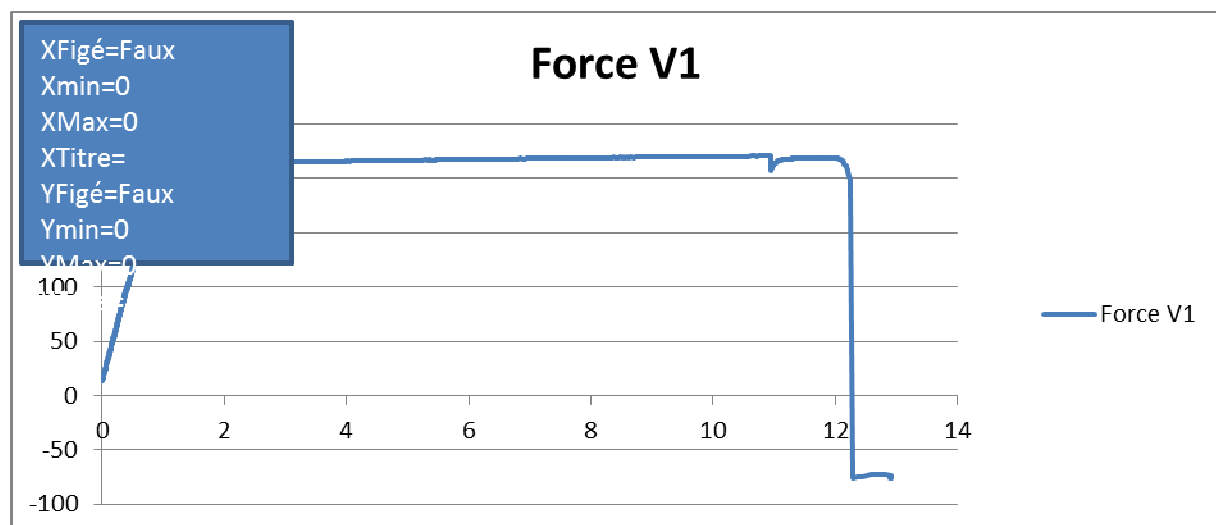
La limite élastique est à $F=185\text{N}$.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{185}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 236 \text{ MPa}$$

La limite élastique est donc de 236 MPa.

Q3) Après avoir déchargé le fil, programmer une force limite d'essai $F3= 250 \text{ N}$ et lancer l'essai.

- Analyser la courbe obtenue et comparer la avec celle obtenue à la question Q2.
- Calculer la nouvelle limite élastique. Que remarque-t-on ?



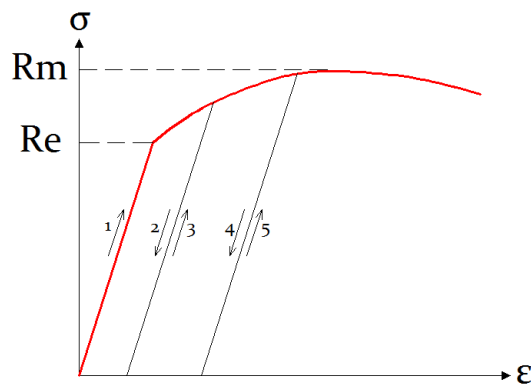
Avec ce chargement, on a atteint la rupture de l'échantillon.

Néanmoins, La limite élastique a augmentée et est à F=215N.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{215}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 273 \text{ MPa}$$

La nouvelle limite élastique est donc de 273 MPa.

Ce graphique représente le phénomène d'écrouissage de l'acier avec un cycle de chargement et de déchargement :



Q4) En se basant sur le graphique donné ci-dessus et les résultats obtenus, conclure sur l'écrouissage. Analyser les avantages et inconvénients de l'écrouissage.

D'après ce graphique et nos résultats, l'écrouissage permet d'augmenter la limite d'élasticité après une première plastification du matériau. Néanmoins, un fois écrouit, le domaine plastique diminue ce qui rend le matériau plus vulnérable à la rupture sous une sollicitation importante.

Cette technique permet donc d'augmenter la résistance à la déformation du matériau en le sollicitant au-delà de sa limite d'élasticité, mais diminue la déformation plastique (comportement fragile)