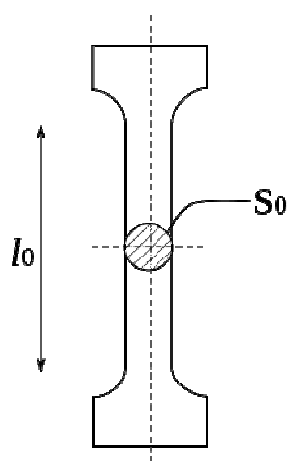


## TP6-TRACTION SUR FIL-DEFORMATION

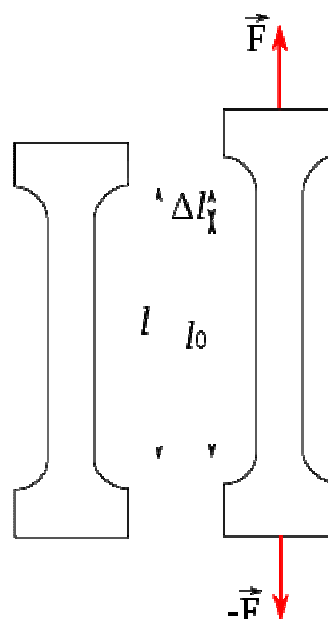
### CORRIGE

#### 1<sup>ère</sup> 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  $\Delta l$ .



Caractéristiques de l'éprouvette de traction



Essai de traction

Le résultat de l'essai nous donne la courbe suivante d'évolution de la contrainte  $\sigma$  en fonction de la déformation  $\epsilon$  :

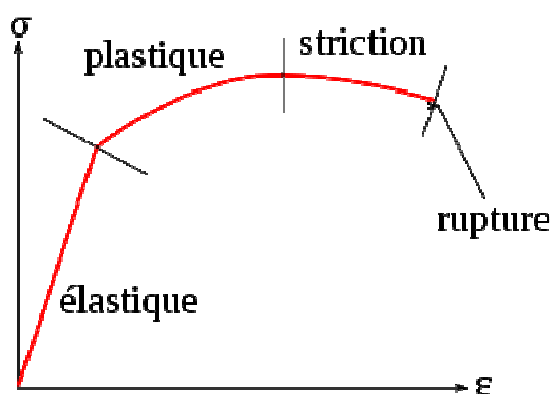


Figure 1

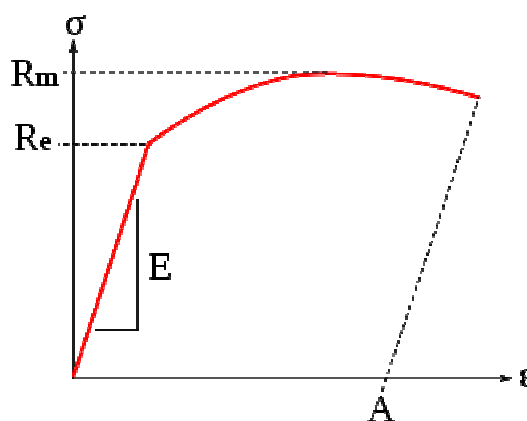


Figure 2



**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 ( $\sigma = F/S$ ).

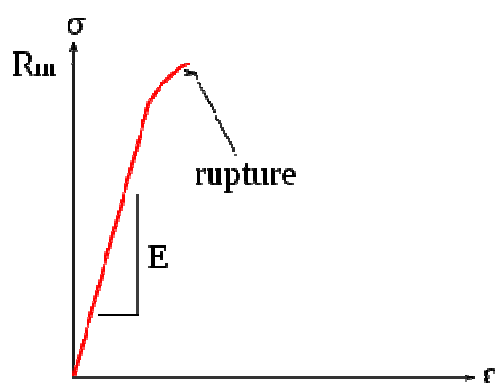
La rupture : La rupture intervient lorsque l'éprouvette casse au niveau de la zone de striction.

**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  $\sigma$  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  $\varepsilon$  en fonction de  $L_0$  et  $\Delta L$ .

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

**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  $\sigma$  la contrainte en MPa et  $\varepsilon$  la déformation en %.

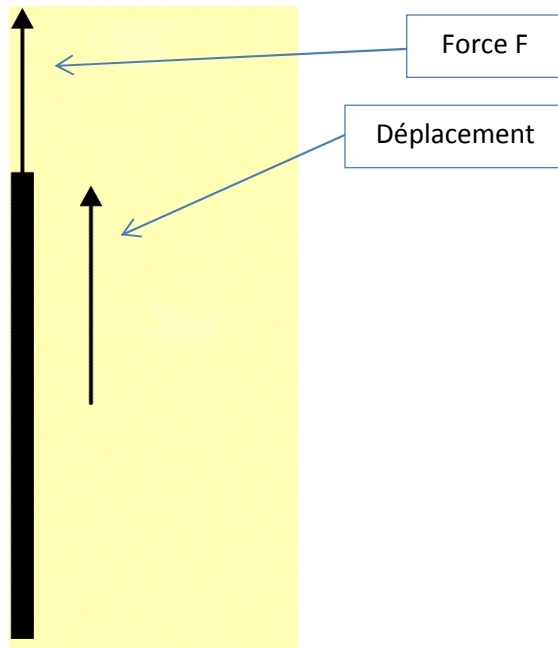
- Que représente  $E$  (figure 2) ?

$E$  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.

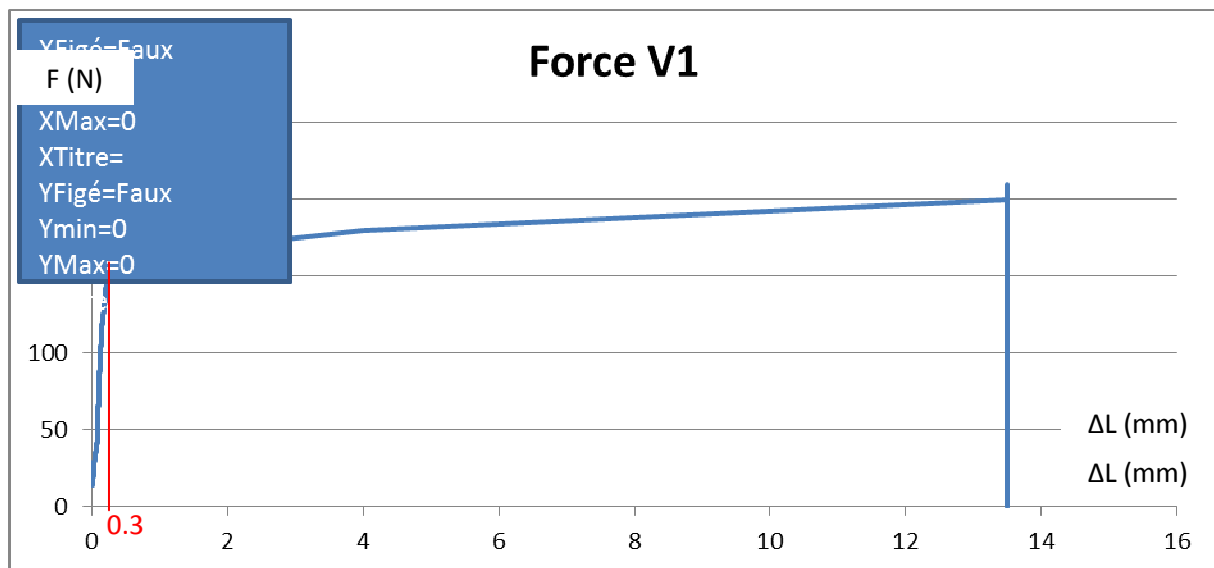
- Dans quelle zone cette loi est-elle applicable ?

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  $\Delta L$  pour cet essai :



Force F N	Déplacement $\Delta L$ mm
<b>20,004</b>	<b>0,0277</b>
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
<b>139,971</b>	<b>0,634</b>
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
<b>Fer</b>	<b>200</b>
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  $\Delta L$  à la limite élastique. Comparer avec le résultat obtenu sur la courbe.



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

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

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

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

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

On retrouve la valeur relevée sur la courbe.



### 2<sup>ème</sup> 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 de déformation de l'acier dans les différents domaines.

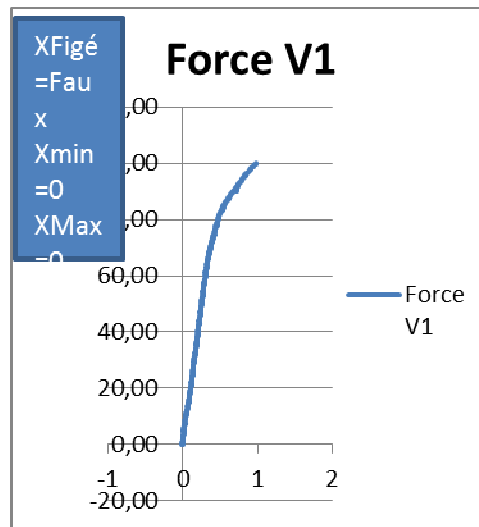
La procédure est la suivante :

- 1) Repérer les deux extrémités du fil avec du ruban adhésif.
- 2) Mesurer la longueur initiale  $L_0$  entre les deux rubans adhésifs.
- 3) Chargement vertical  $\|\vec{F}_1\| = 100\text{ N}$   
→ Déchargement manuel jusqu'à  $\|\vec{F}\| = 0\text{ N}$   
→ Mesure de la longueur  $L_1$  entre les deux rubans adhésifs.
- 4) Chargement vertical  $\|\vec{F}_2\| = 200\text{ N}$   
→ Déchargement manuel jusqu'à  $\|\vec{F}\| = 0\text{ N}$   
→ Mesure de la longueur  $L_2$  entre les deux rubans adhésifs.
- 5) Chargement vertical  $\|\vec{F}_3\| = 300\text{ N}$   
→ Déchargement manuel jusqu'à  $\|\vec{F}\| = 0\text{ N}$

Remarque : Après chaque essai, les courbes obtenues pourront être enregistrées 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. Mesurer  $L_1$  et comparer avec la longueur initiale  $L_0$ .



On observe un comportement linéaire caractéristique du domaine élastique.

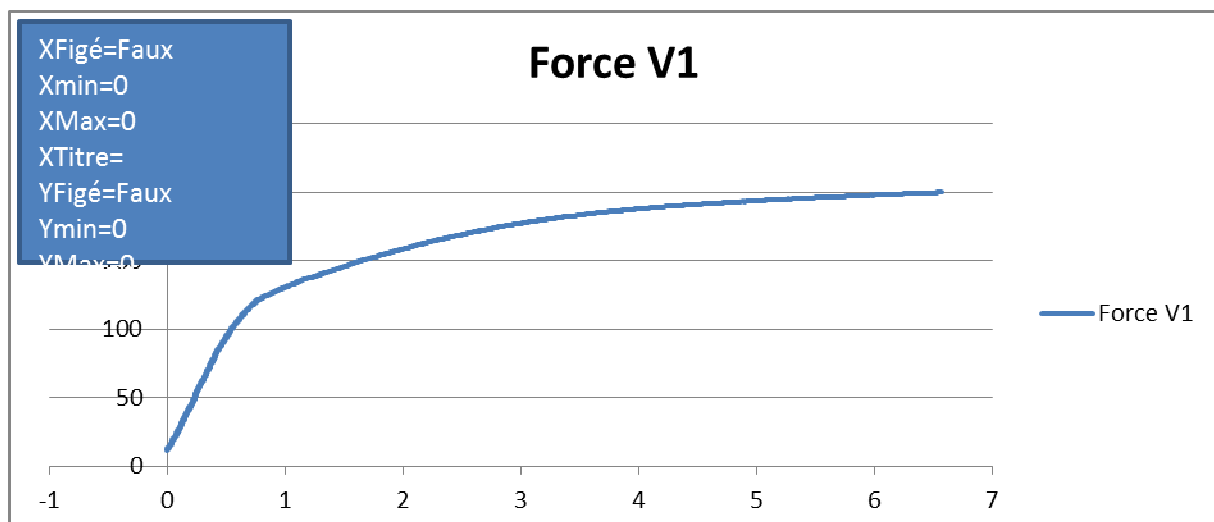
$L_0=30$  cm et  $L_1=30$  cm

On remarque qu'avec un chargement de 100 N, il n'y a pas eu de déformation irréversible sachant que  $L_1= L_0$ . On est bien dans le domaine élastique.

**Q2)** Après avoir déchargé le fil, programmer une force limite d'essai  **$F_2= 200$  N** et lancer l'essai.

- Analyser la courbe obtenue et comparer avec celle obtenue à la question **Q1**.
- Mesurer  $L_2$  et comparer avec la longueur initiale  $L_0$ . Que remarque-t-on ?

On observe un comportement linéaire caractéristique du domaine élastique en début de chargement puis un passage en phase plastique en fin de chargement.





$L_2 = 30.2 \text{ cm}$

$L_2$  est supérieur à  $L_0$ . Cela signifie donc qu'il y a eu une déformation irréversible. On a donc atteint le domaine plastique.

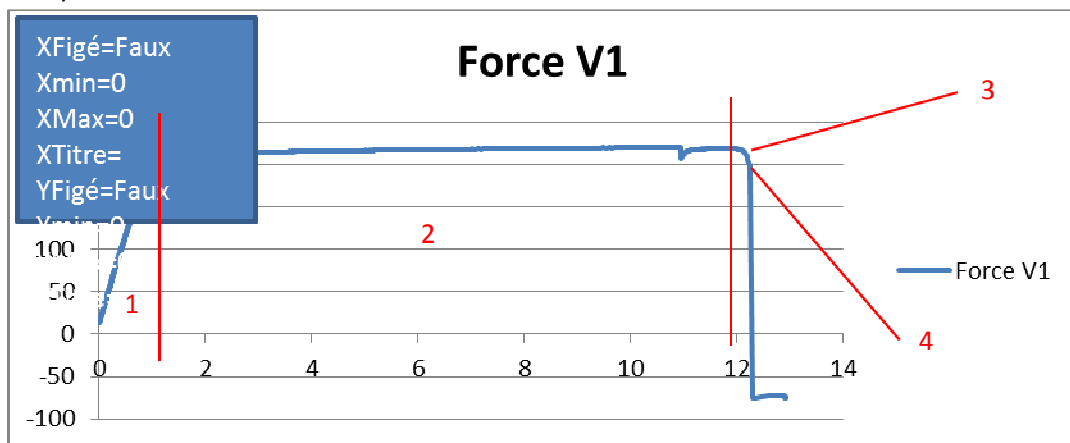
**Q3)** Calculer la déformation résiduelle du fil.

$$\varepsilon_{\text{résiduelle}} = \frac{L_2 - L_0}{L_0} = \frac{30.2 - 30}{30} = 0.0067 \text{ soit } 0.67\%$$

On a donc une déformation résiduelle de 0.67%.

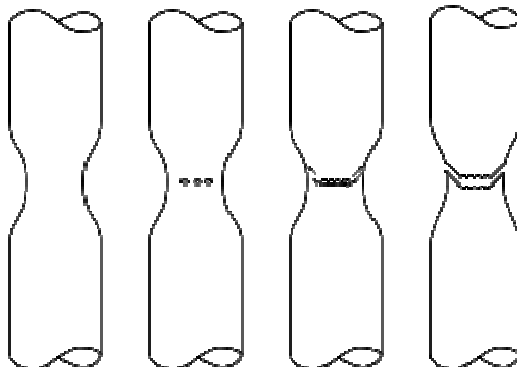
**Q4)** Après avoir déchargé le fil, programmer une force limite d'essai  $F_3 = 300 \text{ N}$  (Rupture du fil) et lancer l'essai.

- Analyser la courbe obtenue avec les différents domaines.



- 1 : Phase élastique
- 2 : Phase plastique
- 3 : Zone de striction
- 4 : Rupture

- Observer la zone de rupture de l'échantillon et représenter la striction et la rupture.



Striction et rupture

**Q5)** En se basant sur l'étude théorique et les résultats obtenus, conclure sur le comportement du matériau acier en reprenant le vocabulaire défini dans la partie 1.

D'après les résultats obtenus, lorsqu'on a sollicité notre échantillon dans le domaine élastique, on remarque qu'il n'y a pas de déformation irréversible car l'échantillon revient à son état initial (Longueur initial  $L_0$ ). Au contraire, lorsqu'on a sollicité notre échantillon dans le domaine plastique, on note une déformation résiduelle lorsque l'échantillon est déchargé, caractéristique d'une déformation irréversible.

Ces différentes phases caractérisent la ductilité du matériau acier. En effet, contrairement à un matériau fragile dont la rupture intervient directement après la phase élastique, pour un matériau ductile, la rupture intervient après une phase plastique. Un matériau ductile permet donc d'avoir une capacité de déformation supérieure à un matériau fragile, qui est donc en faveur de la sécurité.