

Séquence : 08

Document : TD01

Lycée Dorian

Renaud Costadoat

Françoise Puig



Avec Correction

Essais mécaniques



Référence	S08 - TD01
Compétences	F3-03: Concevoir une pièce en optimisant le triptyque produit-procédés-matériaux.
Description	Dépouillement d'essais mécaniques.
Système	Machine d'essai de traction

1 Etude d'un essai de traction

1.1 Essai continu

Un essai de traction est utilisé afin de caractériser le comportement d'un matériau métallique. Dans cet exemple, on choisira un acier dont la désignation est X2CrNiMo15-8-1.

Cet essai de traction est effectué sur une éprouvette cylindrique dont le diamètre initial est $D_0=10\text{mm}$ et la longueur initiale est $L_0=50\text{mm}$.

Après la rupture de l'éprouvette, le diamètre de la section de rupture est $D_f=6,9\text{mm}$.

La courbe de l'effort F en fonction de la déformation conventionnelle (exprimée en %) est donnée ci-dessous.

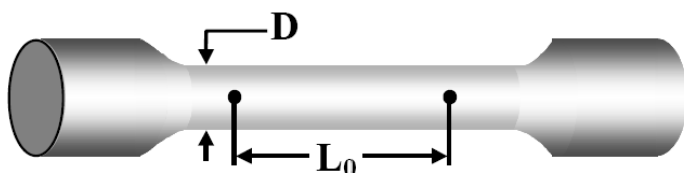


Figure 1 – Epreuve de traction



Figure 2 – Machine de traction

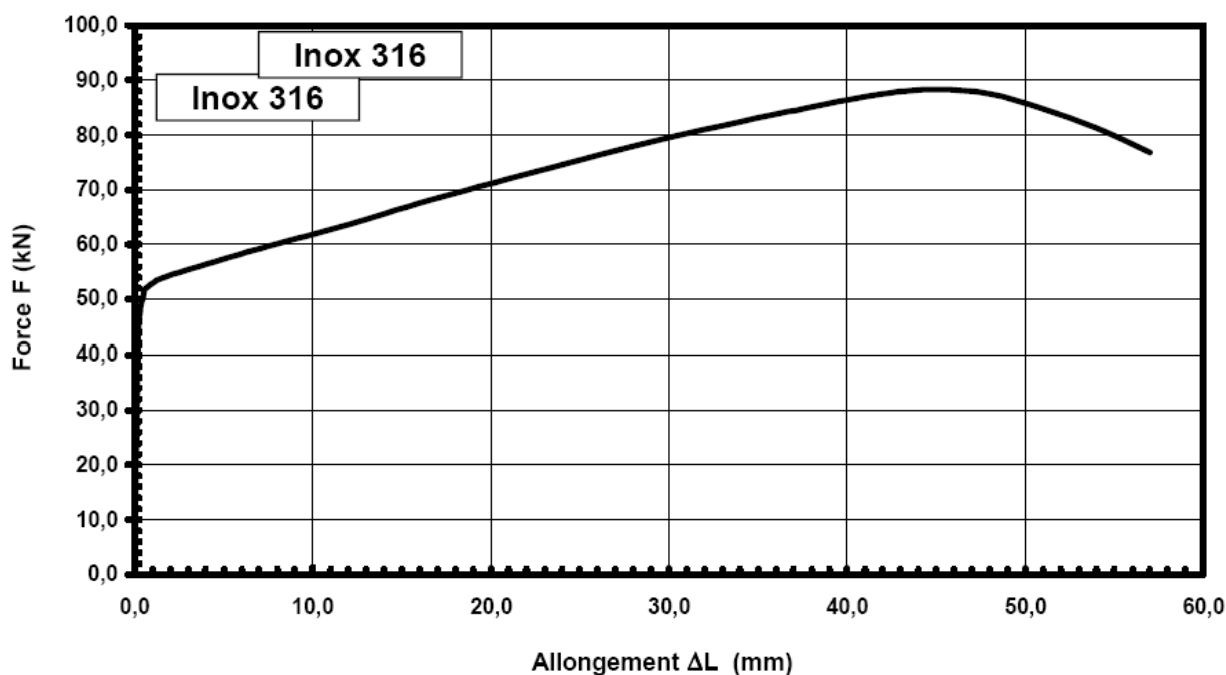
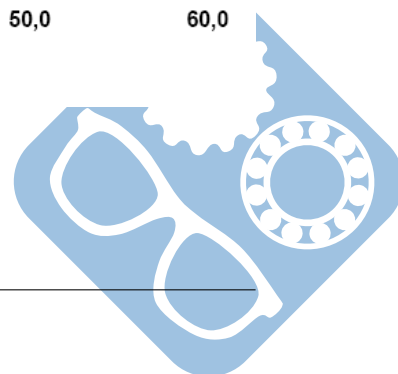


Figure 3 – Courbe conventionnelle de l'essai de traction



Question 1 : Déterminez, à l'aide de la courbe conventionnelle de traction, les caractéristiques suivantes :

- Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% de déformation plastique $R_{p0,2\%}$,
- Résistance maximale à la rupture par traction R_m ,
- Allongement à rupture pour cent $A\%$.

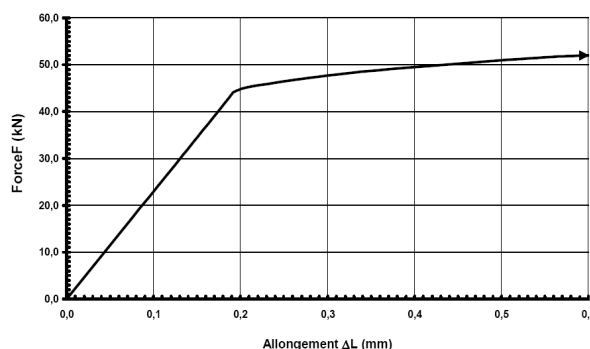


Figure 4 – Zoom sur l'origine de la courbe conventionnelle

Question 2 : D'après les données de départ, déterminez le coefficient de striction exprimé en pour cent $Z\%$.

1.2 Evaluation de la fragilité

Il existe deux façons de déterminer une évaluation de la fragilité d'un matériau :

- par un essai de traction,
- par un essai de flexion-choc Charpy.

Question 3 : A l'aide du résultat présenté sur la figure 3 donner une valeur permettant de caractériser la fragilité du matériau. Tracer sur la figure 3 en vert la courbe correspondant à un matériau moins fragile et en rouge celle d'un matériau plus fragile.

La suite va utiliser l'autre moyen d'évaluer la fragilité (ou son contraire : la résilience/tenacité) d'un matériau.

2 Essai de résilience

La résilience caractérise la capacité d'un matériau à absorber les chocs sans se rompre. Ce risque est amplifié aux basses températures.

Pour le test de résilience, la taille de l'éprouvette est normalisée (55x10x10 mm et entaille en U au milieu sur une hauteur de 5 mm).

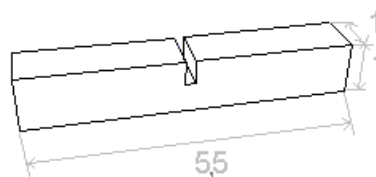
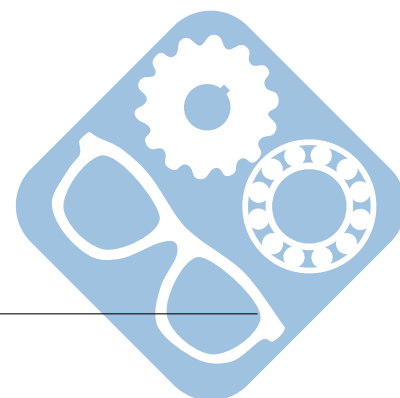


Figure 5 – Epreuve pour un essai de résilience

Question 1 : Déterminer la section S de l'éprouvette au niveau de l'entaille.



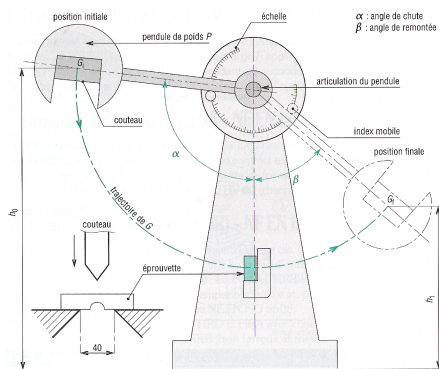


Figure 6 – « Mouton de Charpy »

Pour le test de résilience, la machine est appelée pendule « Mouton de Charpy ».

La manipulation consiste à :

1. relever le marteau (masse contenant le couteau) à une certaine hauteur,
2. placer l'éprouvette au niveau le plus bas du passage du marteau,
3. lâcher la masse.

Le couteau, dans sa course, va percuter l'éprouvette et la casser, y perdant une partie de son énergie gagnée grâce à sa mise en hauteur. L'énergie absorbée par l'éprouvette est égale à la perte d'énergie du marteau, donc à sa perte d'énergie potentielle.

- au départ : $W_0 = m.g.H_0$,
- après le test : $W_1 = m.g.H_1$,
- $H_0 = 1m$,
- $G = 9.81m.s^{-2}$,
- $m = 5kg$, il s'agit de la masse du marteau.

Alors, $\Delta W = m.g.(H_0 - H_1)$, ainsi une image de la fragilité peut être déterminée.

L'expérience va être réalisée sur deux éprouvettes réalisées dans le même matériau, mais dont l'un aura été écroui. L'écrouissage d'un métal est le durcissement d'un métal sous l'effet de sa déformation plastique (définitive).

- Matériau non écroui : $H_1 = 0.18m$,
- Matériau écroui : $H_1 = 0.75m$.

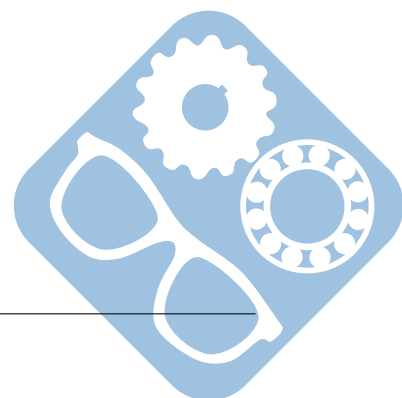
Question 2 : Déterminer l'image de la résilience $\Delta W / S$ en $daJ.cm^{-2}$ pour ces deux éprouvettes, où S est la section de l'éprouvette au niveau de l'entaille.

3 Essai de fatigue

Les caractéristiques mécaniques peuvent aussi concerner des chargements répétés afin de caractériser la fatigue d'un matériau.

Question 1 : Déterminez le nombre de cycle (le nombre d'alternance) que peut subir la pièce, soumise à des efforts d'amplitude 500Mpa, avant sa rupture.

Question 2 : Déterminez la limite d'endurance σ_D de cet acier.



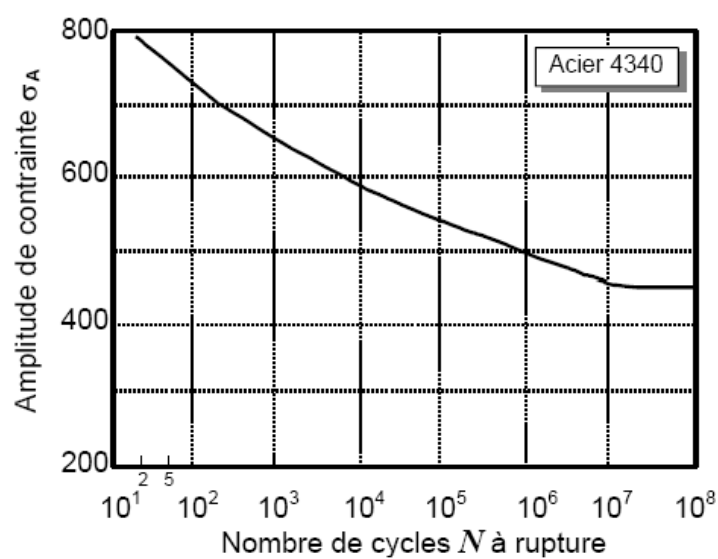


Figure 7 – Résultat d'un essai de fatigue sur cette éprouvette

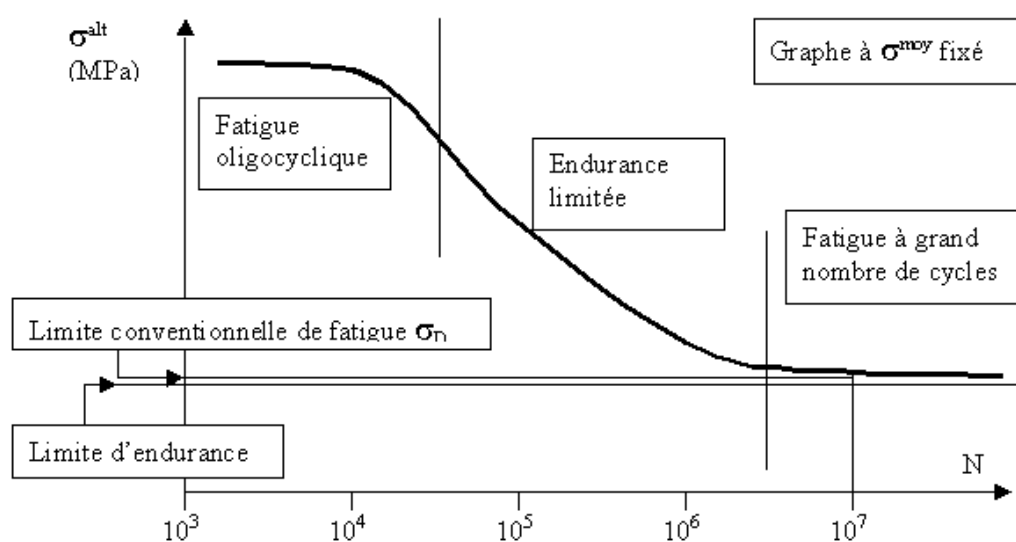
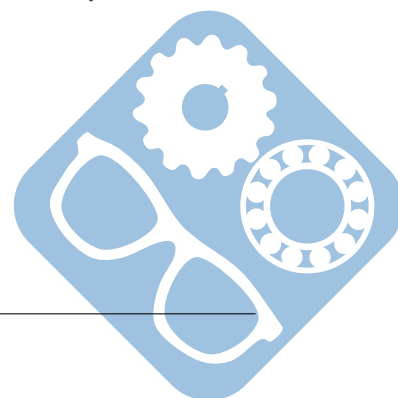


Figure 8 – Aide à la lecture d'un essai de fatigue



Question 1 : $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 0,2\% = 0,2 \cdot 10^{-2} = \frac{\Delta L}{50}$, donc $\Delta L = 50 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} = 0,1 \text{ mm}$

$$F_{p0,2\%} = 46 \text{ kN}, \text{ donc } R_{p0,2\%} = \frac{46000}{\pi \cdot \frac{10^2}{4}} = \frac{460 \cdot 4}{\pi} = 585,7 \text{ MPa}.$$

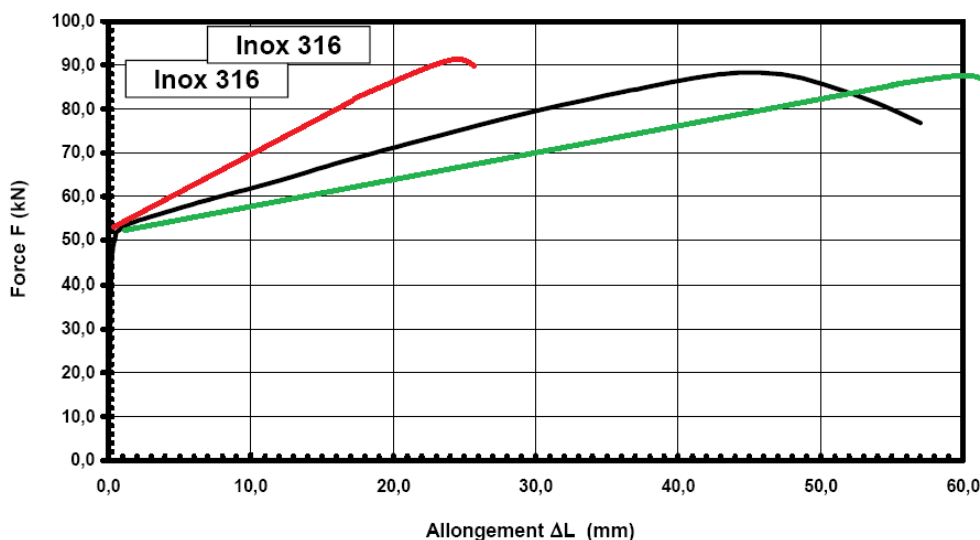
$$F_m = 88 \text{ kN}, \text{ donc } R_m = \frac{880 \cdot 4}{\pi} = 1,12 \text{ GPa}$$

$$A\% = \frac{57}{50} = 1,14.$$

Question 2 : $Z\% = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100 = \frac{d_0^2 - d_f^2}{d_0^2} \cdot 100 = 52,39\%$

Question 3 : $Z = 0,52 > 0,1$, donc le matériau n'est pas fragile.

L'aire sous la courbe est environ : $a = \frac{70 \cdot 10^3}{\pi \cdot 10^2} \cdot \frac{60}{50} = 267,4 \text{ MPa}$, c'est une image de la fragilité.



3.1 Essai de résilience

Question 1 : $S = 10,5 = 50 \text{ mm}^2$

Question 2 :

— Matériau non-écroui : $\frac{\Delta W}{S} = \frac{5,9,81 \cdot (1-0,18)}{0,5} = 80,442 = 8,04 \text{ daJ} \cdot \text{cm}^{-2}$,

— Matériau écroui : $\frac{\Delta W}{S} = \frac{5,9,81 \cdot (1-0,75)}{0,5} = 24,525 = 2,45 \text{ daJ} \cdot \text{cm}^{-2}$.

3.2 Essai de fatigue

Question 1 : A 500 MPa , il y a rupture au bout de 10^6 cycles.

Question 2 : $\sigma_D = 450 \text{ MPa}$.

