

Essais mécaniques
Essai de traction Acier inoxydable 316L
X2 CrNiMo 17 12 2

CORRECTION

F.SPALONY

Le but de ce TD est de déterminer les caractéristiques d'un matériau à partir d'une courbe obtenue lors d'un essai mécanique de traction

1.1. Caractéristiques de l'éprouvette

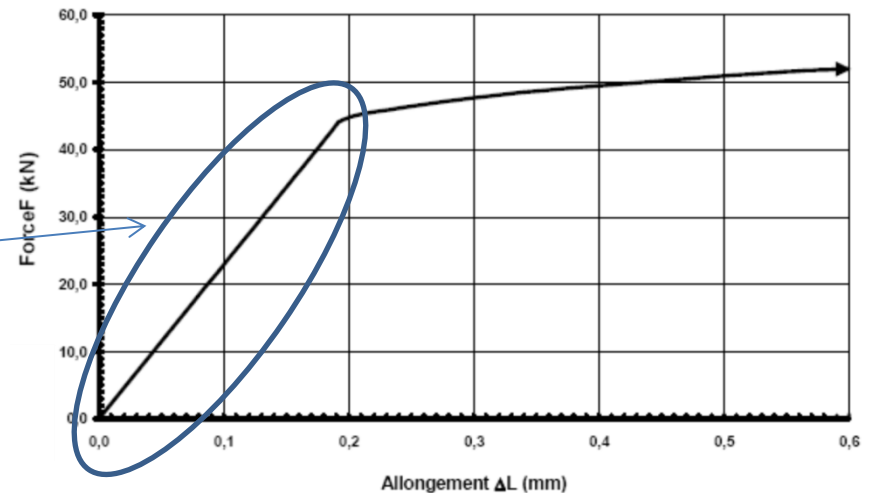
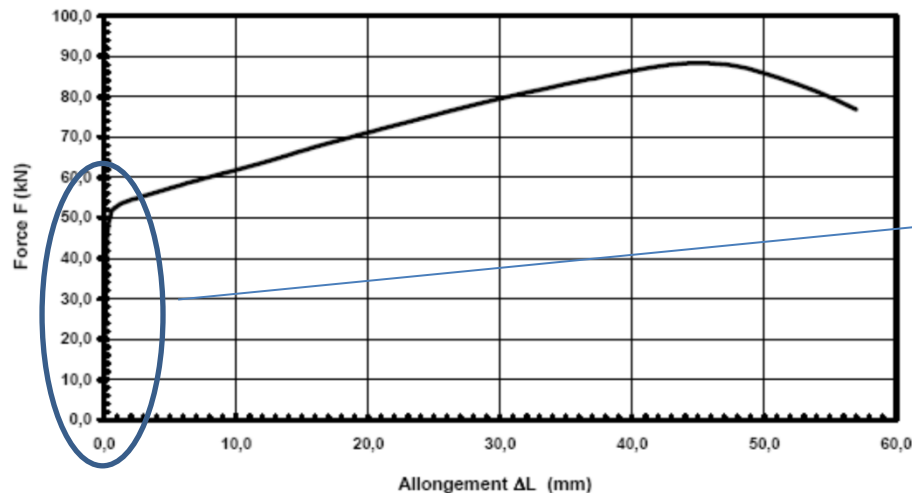
Un essai de traction a été réalisé sur une éprouvette cylindrique d'acier inoxydable 316. Les dimensions et la courbe de déformation de l'éprouvette sont données ci-dessous :

Longueur initiale $L_0 = 150\text{mm}$

Diamètre initial $D_0 = 15\text{mm}$



1.2. Courbe de l'essai traction



2.1. Essai de traction jusqu'à rupture

2.1.1. Déterminer le module d'élasticité longitudinale (module de Young) E (en GPa) du matériau.

E correspond à la pente de la droite d'équation $\sigma = E \times \varepsilon$ dans le domaine élastique

Or ici, nous avons une droite d'équation $F = a \times \Delta L$ Il faut donc exprimer σ et ε

Le relevé sur la courbe indique :

$$\Delta L = 0.18 \text{ mm}$$

$$F = 41\,000 \text{ N}$$

Or les données initiales sont :

$$L_0 = 150 \text{ mm et } D_0 = 15 \text{ mm}$$

Donc

$$S_0 = \pi \times D_0^2 / 4$$

$$S_0 = 176.7 \text{ mm}^2$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

$$\varepsilon = 0.18 / 150$$

$$\varepsilon = 0.0012$$

$$\sigma = F / S_0$$

$$\sigma = 41000 / 176.7$$

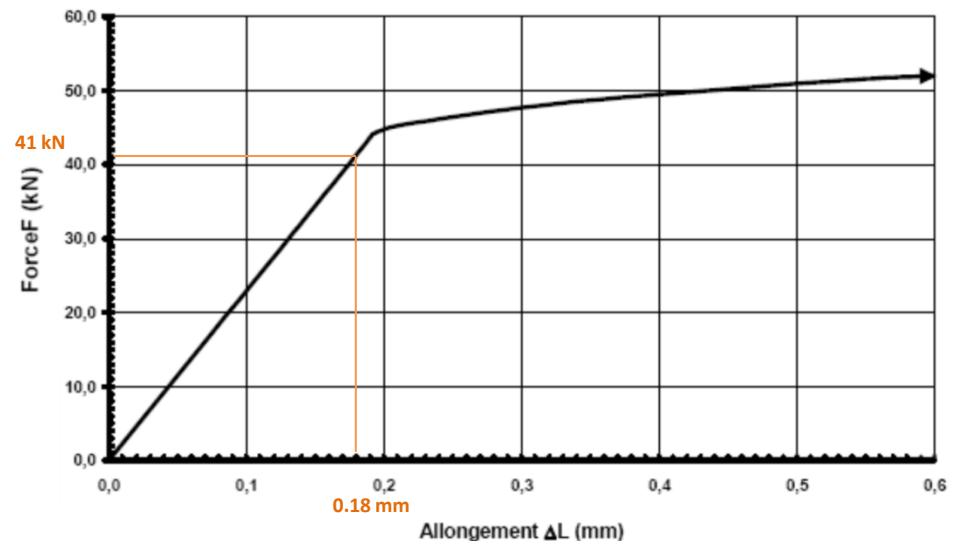
$$\sigma = 232 \text{ MPa}$$

Donc $E = \sigma / \varepsilon$

$$E = \frac{232}{0.0012}$$

$$E = 193333 \text{ MPa}$$

$$E = 193 \text{ GPa}$$



2.1. Essai de traction jusqu'à rupture

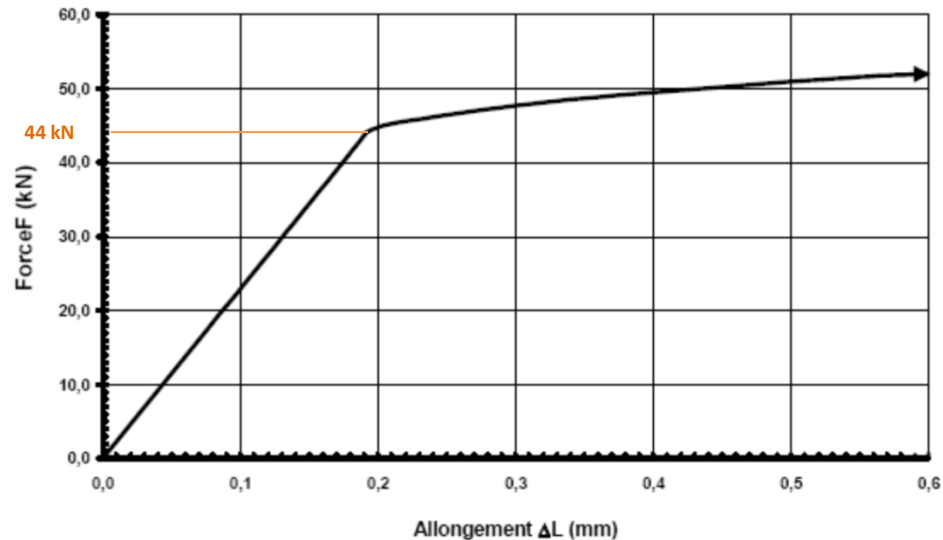
2.1.2. Déterminer sa limite proportionnelle d'élasticité R_e (MPa)

R_e correspond à la contrainte pour laquelle il y a déviation à la loi de Hooke (écart à la droite du domaine élastique)

$$F = 44000 \text{ N}$$

$$R_e = \frac{F}{S_0} = \frac{44000}{176.7}$$

$$R_e = 249 \text{ MPa}$$



2.1. Essai de traction jusque rupture

2.1.3. Déterminer sa limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0.2}$ (MPa)

C'est la contrainte définie par l'intersection de la courbe de traction et d'une droite parallèle à la droite élastique et passant par le point à 0.2% de déformation (Attention : pas de l'allongement)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 0.2\% = 0.002$$

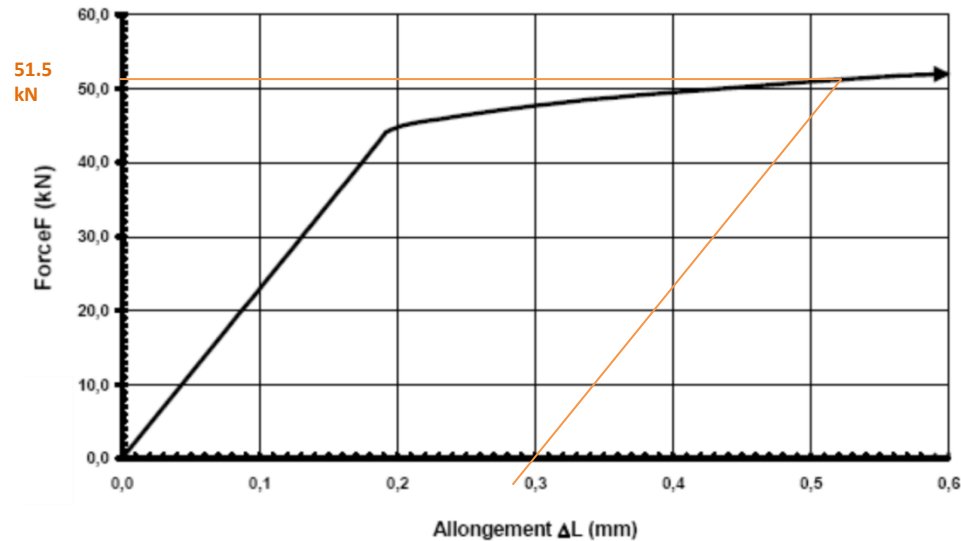
$$\text{Donc } \Delta L = \varepsilon \times L_0 = 0.002 \times 150$$

$$\Delta L = 0.3 \text{ mm}$$

$$F_{e0.2} = 51000 \text{ N}$$

$$\text{Donc } R_{e0.2} = \frac{F_{e0.2}}{S_0} = \frac{51500}{176.7}$$

$$R_{e0.2} = 291.5 \text{ MPa}$$



2.1. Essai de traction jusque rupture

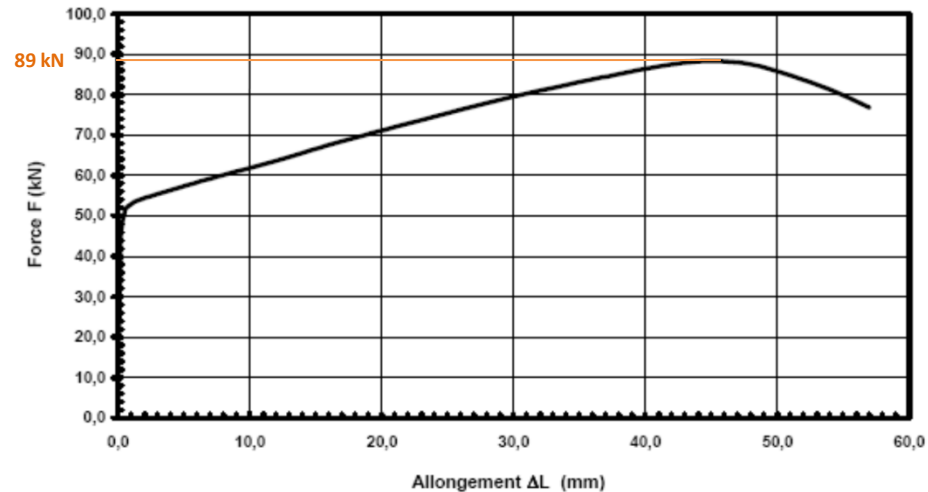
2.1.4. Déterminer sa résistance à la traction R_m (MPa)

C'est la contrainte maximale atteinte lors de l'essai de traction. C'est l'ordonnée du point le plus élevé de la courbe.

$$F_m = 89000 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{89000}{176.7}$$

$$R_m = 503.7 \text{ MPa}$$



2.1. Essai de traction jusque rupture

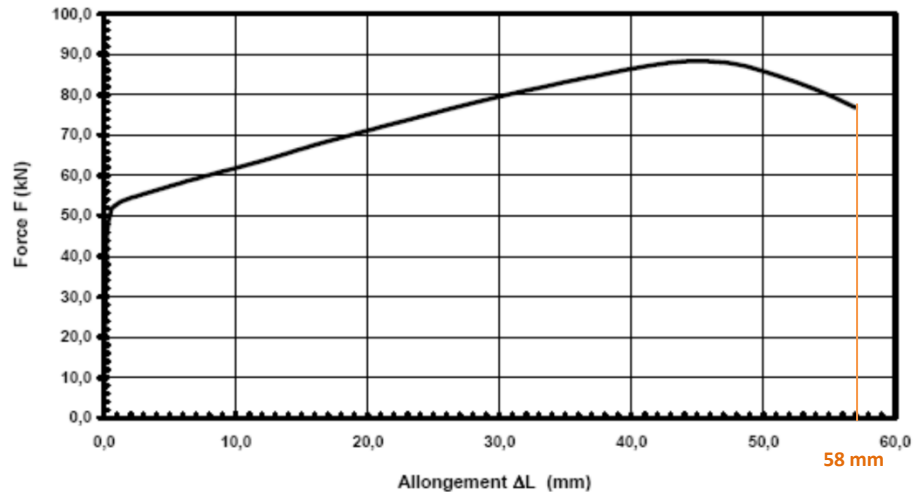
2.1.5. Déterminer sa déformation totale ε_t (%) juste avant la rupture.

C'est la déformation totale (élastique + plastique) atteinte juste avant la rupture. L'éprouvette est toujours en traction. Elle correspond à l'abscisse du dernier point de la courbe.

$$\Delta L = 58 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{58}{150} = 0.386$$

$$\varepsilon_t = 38.6\%$$



2.1. Essai de traction jusque rupture

2.1.6. Déterminer son allongement final A% après rupture

C'est la déformation plastique permanente après rupture. Il y a donc eu un retour élastique de l'éprouvette.

Si R_f est la contrainte finale à la rupture alors $\varepsilon_{el.} = \frac{R_f}{E}$

$$F_f = 77000N$$

$$R_f = \frac{F_f}{S_0} = \frac{77000}{176.7}$$

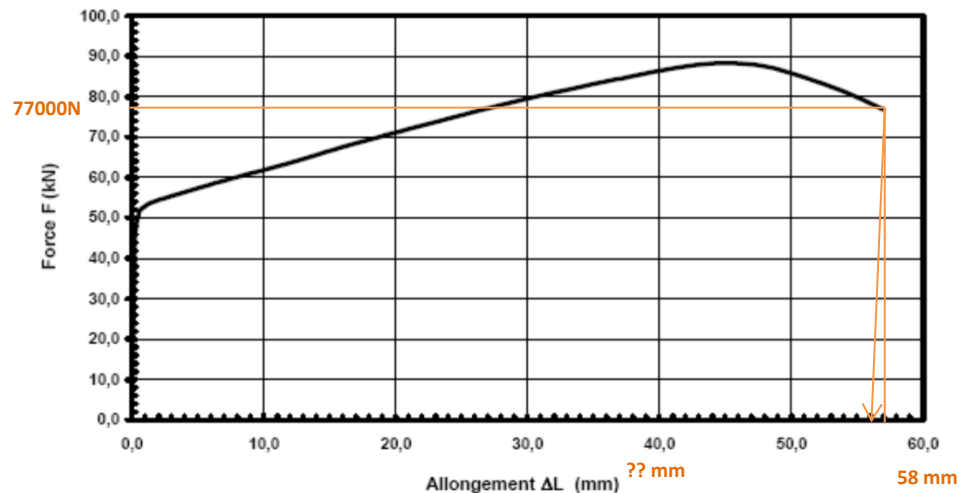
$$R_f = 435.8MPa$$

$$\varepsilon_{el.} = \frac{R_f}{E} = \frac{435.8}{193333} = 0.0022 = 0.22\%$$

$$A\% = \varepsilon_t - \varepsilon_{el.}$$

$$A\% = 38.6 - 0.22$$

$$A\% = 38.38\%$$



2.1. Essai de traction jusque rupture

Lors de l'essai, lorsque l'éprouvette était soumise à un effort F_1 (40kN), le diamètre de l'éprouvette D1 était alors 14.995mm

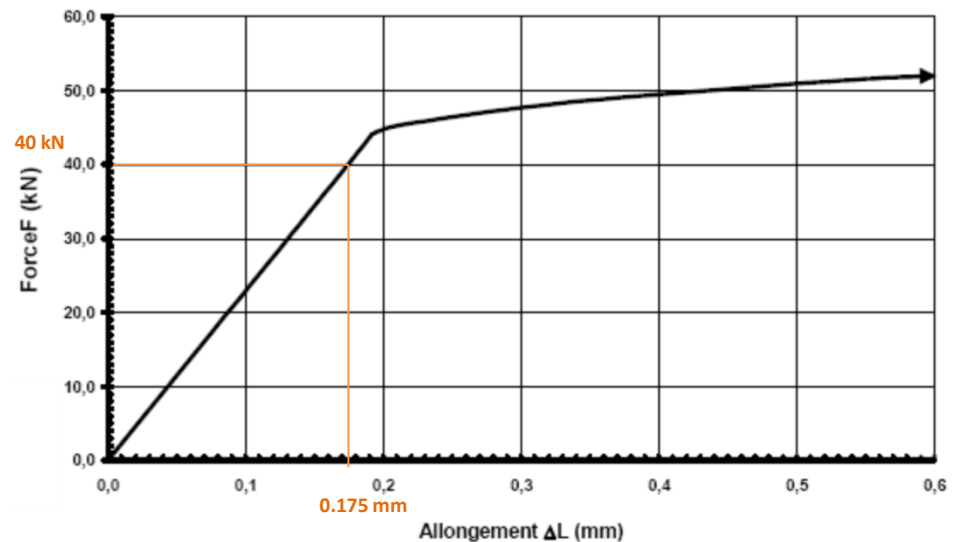
2.1.7. Déterminer le coefficient de poisson ν du matériau.

$$\nu = \frac{-\varepsilon_D}{\varepsilon_L} = \frac{\frac{D_0 - D_1}{D_0}}{\frac{L_1 - L_0}{L_0}}$$

$$\nu = \frac{\frac{15 - 14.995}{15}}{\frac{0.175}{150}} = \frac{10 \times 0.005}{0.175}$$

$$\nu = 0.286$$

$$\nu \approx 0.29$$



2.2. Second essai de traction après déformation plastique

Après avoir imposé un allongement initial ΔL de 30mm (domaine plastique) à une éprouvette de traction identique à la précédente, l'effort appliqué à cette éprouvette est supprimé.

On suppose alors que lors de la déformation plastique le volume de l'éprouvette est resté constant.

Un nouvel essai de traction sur cette éprouvette de matériau pré-écroui est réalisé.

2.2.1. Déterminer le module d'Young du matériau pré-écroui.

Le phénomène d'écrouissage (ou déformation plastique) ne modifie pas la rigidité du matériau (voir chapitre 2.5 du cours). Le module de Young ne change
 $E=193 \text{ GPa}$

2.2. Second essai de traction après déformation plastique

2.2.2. Déterminer la nouvelle limite d'élasticité R_e du matériau pré-écroui

Après la déformation plastique de l'éprouvette ($\Delta L = 30\text{mm}$) le volume de l'éprouvette est resté constant ($V = V_0$). On en déduit alors la nouvelle section de l'éprouvette :

$$V = V_0 \Rightarrow (L_0 + \Delta L) \times S = L_0 \times S_0$$

$$\text{Donc } S = (L_0 \times S_0) / (L_0 + \Delta L) \Rightarrow S = (150 \times S_0) / (150 + 30) \Rightarrow S = \frac{150 \times S_0}{150 + 30} \Rightarrow S = 0.833 \times S_0$$

A la remise en charge de l'éprouvette, la force est identique à celle correspondant à la décharge de l'éprouvette initiale pour un allongement de 30mm.

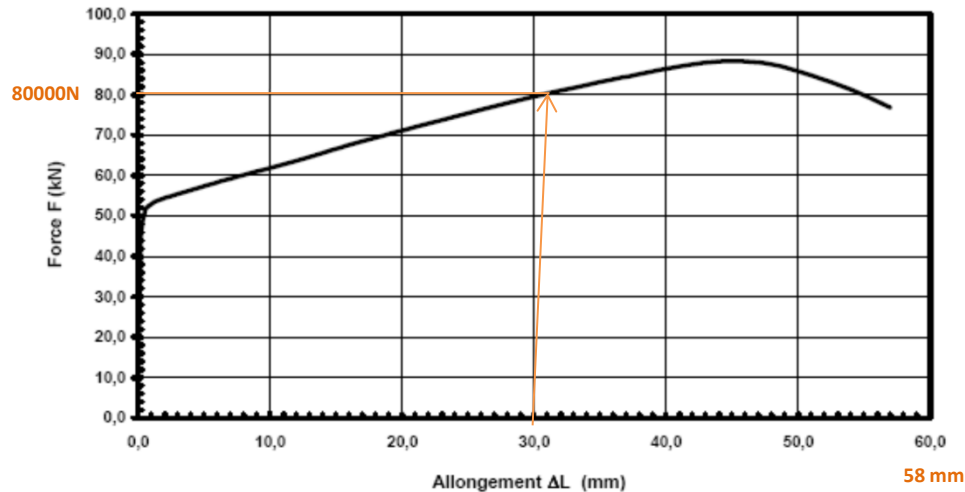
En revanche la nouvelle section S de l'éprouvette n'est plus la même ce qui implique une contrainte plus élevée (la section est plus petite)

$$F_{ee} = 80000 \text{ N}$$

$$R_{ee} = \frac{F_{ee}}{S} = \frac{80000}{0.833 \times S_0}$$

$$R_{ee} = \frac{80000}{0.833 \times 176.7}$$

$$R_{ee} = 543.5 \text{ MPa}$$



2.2. Second essai de traction après déformation plastique

2.2.3. Déterminer la nouvelle résistance à la traction R_m du matériau pré-écroui

Pour les mêmes raisons que précédemment, il faut diviser la valeur de F_m précédent par la nouvelle section S de l'éprouvette.

$$F_{me} = 89000 \text{ N}$$

$$R_{me} = \frac{F_{me}}{S} = \frac{89000}{0.833 \times S_0}$$

$$R_{me} = \frac{89000}{0.833 \times 176.7}$$

$$R_{me} = 605 \text{ MPa}$$

