

Résistance des Matériaux

TP N° 1 (Essais de traction – compression simple)

Introduction

Parmi tous les essais mécaniques, l'essai de traction est certainement l'essai le plus fondamental. Il sert à déterminer les principales caractéristiques mécaniques de quelques matériaux telles que le module d'élasticité, le coefficient de Poisson, la limite d'élasticité, la résistance à la rupture, l'allongement après rupture et le coefficient de striction.

Son exécution est facile et les résultats obtenus servent à dimensionner toutes sortes des pièces allant d'un pignon microscopique jusqu'à la structure métallique d'un grand hall. Dans la recherche on l'applique pour la caractérisation de nouveaux matériaux et dans industrie pour les contrôles périodiques servant à surveiller la qualité des alliages, des polymères et des céramiques.

1-BUT DE TP DE TRACTION

- De faire connaître le fonctionnement d'une machine de traction et des capteurs qui y sont appliqués.
- De mesurer des courbes de traction sur des alliages d'aluminium, de cuivre, de laiton et des aciers.
- D'interpréter les résultats obtenus : détermination de la limite élastique, l'allongement à rupture etc.
- D'estimer la précision de mesure.

2- PRINCIPE DE L'ESSAI DE TRACTION

Pour chaque catégorie d'essai défini ci-après, le travail de préparation comportera principalement le calcul des valeurs prévisionnelles de chargement à rupture pour chacune des éprouvettes considérées.

3-MATERIELS

1-Appareille de traction : est permet de réaliser une multitude d'essais différents faisant intervenir des forces de traction ou de compression.

La force d'essai est produite par un système hydraulique actionné à la main et affichée sur un grand indicateur à aiguille.

L'allongement des échantillons est relevé au moyen d'un compteur à cadran.

Les principaux éléments de l'appareil de base sont les suivants :

- socle de la machine (1) doté poignées (11)
- châssis avec traverse fixe (2)
- cadre de charge avec traverses supérieure (3) et inférieure (4)

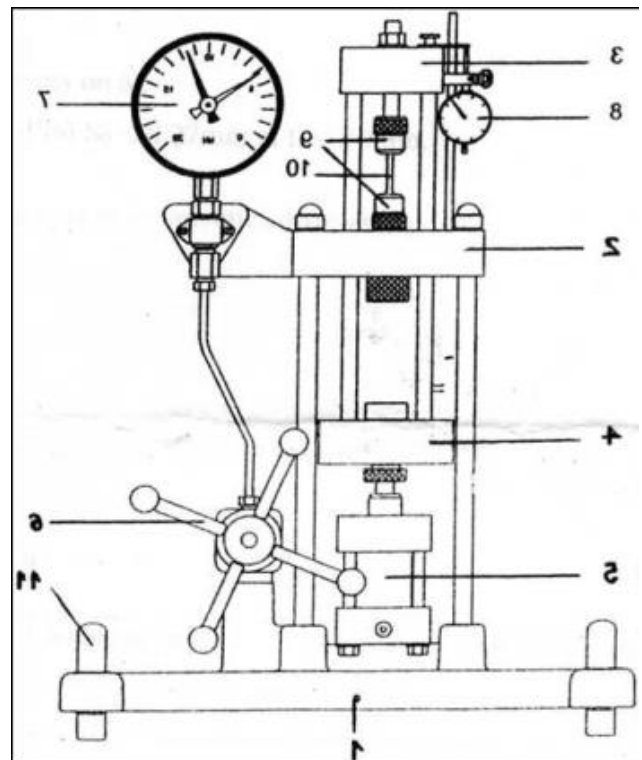


Figure 01 Appareille de traction

- système hydraulique composé d'un vérin principal (5) et d'un vérin de transmission avec volant à main.
- affichage de la force (7)
- affichage de l'allongement au moyen d'un compteur à cadran (8)
- Tête de serrage (9) avec échantillon (10)

2-Des éprouvettes.

4-ETUDE THEORIQUE :

1. L'essai de traction est le moyen le plus couramment employé pour caractériser le comportement mécanique d'un matériau sous une sollicitation progressive à vitesse de chargement faible ou modérée.

Des éprouvettes du matériau concerné, en forme de barreau cylindrique ou parallélépipédique, comportant une partie centrale calibrée, raccordée à chaque extrémité à deux têtes de section plus importante, sont fixées dans une machine de traction.

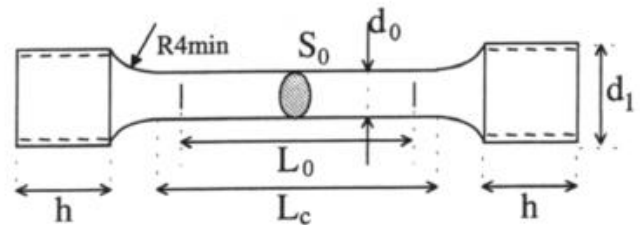


Fig. 1 Exemple d'une éprouvette de traction

$d_0 = \varnothing$ partie calibrée

$d_1 = \varnothing$ des têtes filetées

$L_0 =$ longueur entre repère $= 5 d_0$

$L_c =$ longueur calibrée

$h =$ longueur des têtes

On a : $l_0 = k \times S_0$.

Figure 02 Eprouvette de traction

- S_0 étant l'aire de la section initiale et k un coefficient normalisé pour chaque matériau. Pour un métal, on a $k=5.65$
 - Pour une éprouvette cylindrique, on a donc : $l_0 = 5 d_0$
- Où d_0 est le diamètre initial de l'éprouvette.



Figure 03 Eprouvette de traction cylindrique

La section de l'éprouvette est constante, et notée S_0

La longueur totale de l'éprouvette est notée l_c

La machine impose un allongement croissant à l'éprouvette, et enregistre simultanément

- l'effort appliqué F
- l'allongement $\Delta l = l - l_i$

Selon l'équipement utilisé, l_i est soit la longueur totale initiale l_c , soit une longueur initiale de référence l_0 , entre deux repères tracés sur l'éprouvette :

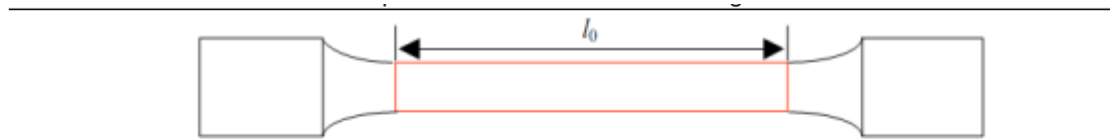


Figure 2 : Avant l'essai

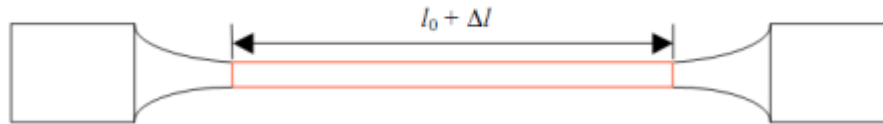


Figure 3 : En cours d'essai

L'essai est généralement poursuivi jusqu'à rupture, après quoi on mesure un allongement rémanent noté Δl_R .

Au cours de l'essai, pour les matériaux dits fragiles, la rupture intervient avant toute déformation plastique (= permanente), et se produit de façon brutale, avec une cassure rectiligne : Figure 5, rupture fragile, Annexe 1.



Figure 5a : Rupture fragile : schématisation

Sinon, pour les matériaux dits ductiles, on observe d'abord un allongement élastique (= réversible) généralement proportionnel à la charge (loi de Hooke) ; puis le matériau entre dans le domaine de déformation plastique (= permanente), et la courbe devient plus ou moins parabolique, avec une réduction localisée de la section de l'éprouvette (striction) avant la rupture : Figure 6, rupture ductile, Annexe 1.

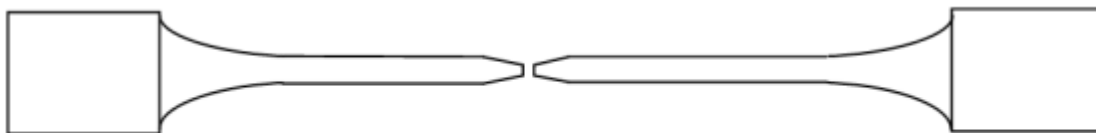


Figure 6a : Rupture ductile : schématisation

Le domaine élastique : est la zone où la déformation subie par l'éprouvette n'est pas définitive : 'éprouvette revient à sa longueur initial dès que la charge est relâchée.

Le point **A** sur Figure 4, auquel correspond la limite élastique f_y marque la fin de cette zone.

On remarque qu'il existe des déformations : ϵ_x et transversales ϵ_y

Les contraintes et les déformations sont obtenues par les relations suivantes :

$$\sigma_x = \frac{F}{A} \quad \epsilon_x = \frac{\Delta l_x}{l_x} \quad \epsilon_y = \frac{\Delta l_y}{l_y} \quad \text{avec } \epsilon_y = -\nu \epsilon_x$$

Dans le domaine élastique, la contrainte et la déformation sont liées par la loi de Hooke :

Avec ν : coefficient de poisson et E : module d'Young

Limite apparente d'élasticité : $R_c = F_c/S_0$

$$\sigma_x = E \epsilon_x = -\frac{E}{\nu} \epsilon_y$$

2. Courbes de traction

2.a. On peut tracer la courbe charge en fonction de l'allongement, soit F en fonction de Δl . Mais les résultats dépendent de la forme et de la taille de l'éprouvette, donc ne sont pas propres au matériau.

2.b. Courbe conventionnelle : On préférera donc tracer la courbe en rapportant la force F à la section initiale S_0 , et en rapportant l'allongement Δl à la longueur initiale l_0 : on obtient la courbe donnant la contrainte σ en fonction de la déformation ε (= allongement relatif).

Soit $\sigma = F / S_0$ en fonction de $\varepsilon = \Delta l / l_0$

Cette courbe établie à partir de la longueur et de la section initiales est appelée **courbe conventionnelle**.
Voir Figure 4 ci-dessous

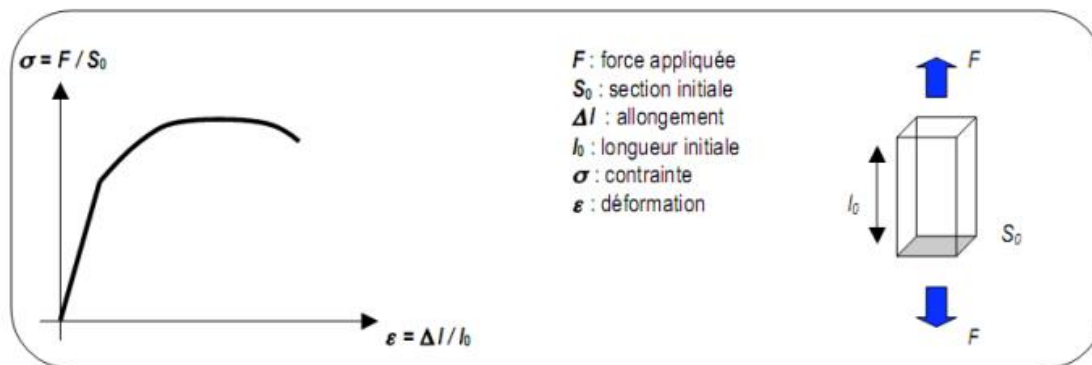
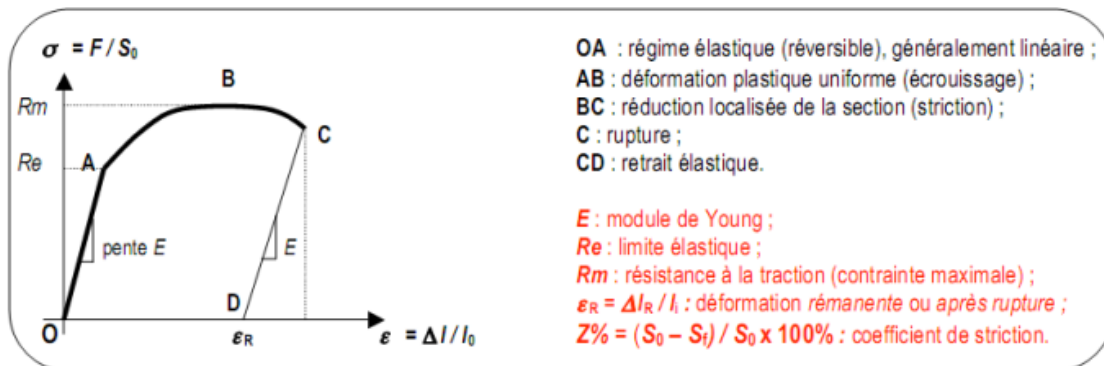


Figure 4 : courbe de traction conventionnelle

3. Propriétés mécaniques du matériau déduites de l'essai de traction



Module de Young :

Le module de Young ou module d'élasticité (longitudinale) ou encore module de traction est la constante qui relie la contrainte de traction (ou de compression) et la déformation pour un matériau élastique isotrope.

Le physicien britannique Thomas Young (1773-1829) avait remarqué que le rapport entre la contrainte de traction appliquée à un matériau et la déformation qui en résulte (un allongement relatif) est constant, tant que cette déformation reste petite et que la limite d'élasticité du matériau n'est pas atteinte. La loi d'élasticité est la loi de Hooke : $\sigma = E\varepsilon$

Matériaux	Aluminium	cuivre	laiton	acier
Module de Young (N/mm ²)	15 000	22 000	20 000	30 000

5-ETDE EXPERIMENTALE

1- Pour l'aluminium

$$S_0 = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

Force Exercée en KN	Allongement ΔL en mm	Contrainte σ en N/mm ²	Déformation ε
0.5	0.07		
1	0.1		
1.5	0.14		
2	0.16		
2.5	0.19		
3	0.20		
3.5	0.245		
4	0.255		
4.5	0.28		
5	0.31		

Calcul du module de Young de l'aluminium

2- Pour le cuivre

$$S_0 = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

Force Exercée en KN	Allongement ΔL en mm	Contrainte σ en N/mm ²	Déformation ε
0.5	0.045		
1	0.075		
1.5	0.1		
2	0.125		
2.5	0.15		
3	0.17		
3.5	0.18		
4	0.20		
4.5	0.22		
5	0.24		

Calcul du module de Young du cuivre

3- Pour le laiton

$$S_0 = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

Force Exercée en KN	Allongement ΔL en mm	Contrainte σ en N/mm ²	Déformation ε
0.5	0.06		
1	0.085		
1.5	0.11		
2	0.135		
2.5	0.155		
3	0.175		
3.5	0.200		
4	0.215		
4.5	0.24		
5	0.26		

Calcul du module de Young de laiton

4- Pour l'acier

$$S_0 = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

Force Exercée en KN	Allongement ΔL en mm	Contrainte σ en N/mm ²	Déformation ε
0.5	0.035		
1	0.05		
1.5	0.07		
2	0.085		
2.5	0.1		
3	0.115		
3.5	0.13		
4	0.14		
4.5	0.155		
5	0.17		

Calcul du module de Young d'acier