

Références :

- 1- https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_de_traction
- 2- http://www.atomer.fr/1/1_dimensions-eprouvettes-essais-de-traction.html
- 3- Essais de caractérisation – réponse en traction ; Emmanuel Denarié ; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015 Lausanne.
- 4- <https://meefi.pedagogie.ec-nantes.fr/MEF/MIAS/treillis/doc/Essai-de-Traction.pdf>

I] INTRODUCTION ; RAPPELS ; DEFINITIONS

Les matériaux possèdent de nombreuses propriétés : densité, résistance, conductivité électrique, capacité thermique, aspect esthétique, coût, ... Les matériaux peuvent être mis en forme de façons différentes (aptitude au formage) : déformation plastique, découpe, soudage, collage... et ont des capacités de valorisation : recyclage, réutilisation, valorisation énergétique. Il est donc nécessaire de faire le bilan des caractéristiques et propriétés des matériaux qui seront nécessaires :

a-Physiques : masse volumique, conductibilité électrique, thermique, ionique, énergie de surface, coefficients de dilatation thermique, etc.

b-Chimiques : résistance à l'oxydation, à la corrosion, stabilité, réactivité, etc.

c-Mécaniques : élasticité, plasticité, résistance à la rupture, ténacité, dureté, résistance à l'usure, tenue à la fatigue, etc.

*) Propriétés physico-chimiques :

DENSITE : rapport entre la masse d'un certain volume d'un corps quelconque et la masse du même volume d'eau (relatif = sans unité de mesure) ;

MASSE VOLUMIQUE : rapport entre la masse d'un solide et son volume ; kg/m^3)

CORROSION : aptitude d'un matériau à résister à l'agression chimique du milieu extérieur

CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE 5THERMIQUE) : aptitude d'un matériau à conduire le courant électrique (la chaleur) ;

ACOUSTIQUE : aptitude d'un matériau à transmettre (ou à absorber) le son.

**) Propriétés mécaniques : pour "connaître" le comportement d'un matériau métallique sujet à des sollicitations mécaniques externes, il est nécessaire de réaliser un certain nombre d'essais mécaniques :

DURETE : aptitude d'un corps à résister à la pénétration (généralement forcée) d'un corps extérieur ;

RESILIENCE : aptitude d'un corps à résister à la répétition des chocs mécaniques ; c'est la mesure de la résistance à la rupture brutale ;

TRACTION : aptitude d'un matériau à résister à une charge **dirigée vers l'extérieur** et **parallèle à la longueur de l'échantillon** ;

COMPRESSION : aptitude d'un matériau à résister à une charge **dirigée vers l'intérieur** et **parallèle à la longueur de l'échantillon** ;

FLEXION : aptitude d'un matériau à résister à une **charge perpendiculaire à la longueur de l'échantillon** ;

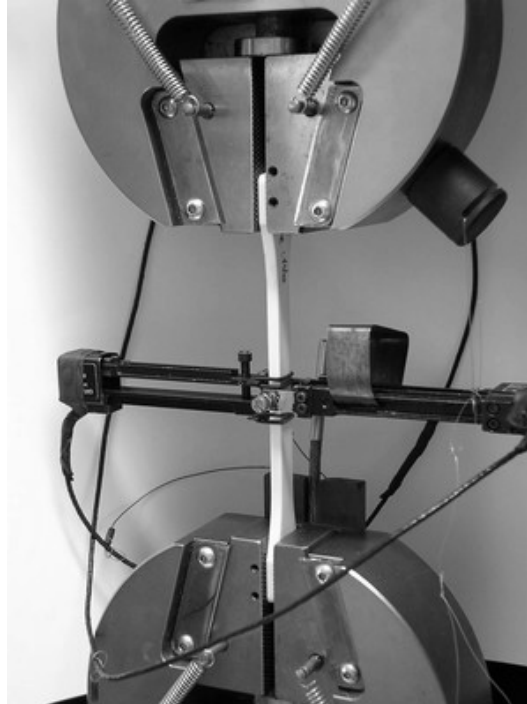
CISAILLEMENT : aptitude d'un matériau à résister à une **charge perpendiculaire à la face de l'échantillon** ;

LIMITE D'ELASTICITE : contrainte maximale pouvant agir sur une pièce sans entraîner de variation permanente ni de sa forme ni de ses dimensions ;

DUCTILITE : aptitude d'un matériau à la déformation .

II] PRINCIPE DE L'ESSAI DE TRACTION

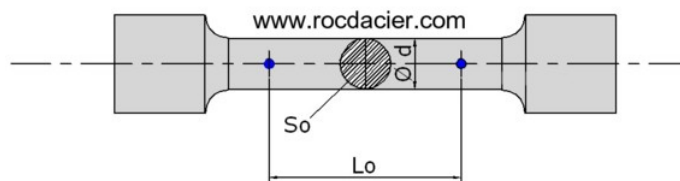
L'**essai de traction** consiste à soumettre une éprouvette normalisée à un effort de traction jusqu'à sa rupture : l'essai est NORMALISE (NF EN 10002-1 de 2001 ou NF A 03-151) ; il est réalisé à température ambiante (20°C) sur une machine SPECIALE qui enregistre simultanément les efforts (F) et les allongements (L-Lo).



Machine essai de traction

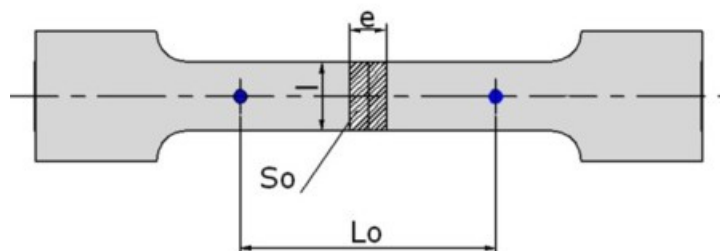
II.1 : Les éprouvettes de traction normalisées

*) Epreuves cylindriques : $S_0 = \pi \times (d^2) / 4$ avec $d > 4$



Eprouvette traction cylindrique

**) Epreuves prismatiques : $S_0 = l \cdot e$ avec $l/e < 8$



Eprouvette traction prismatique

La longueur calibrée L_0 (en mm) de l'éprouvette est liée à sa section S_0 (en mm^2) par la relation : $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$

L_0 : Longueur initiale entre repères ; L_u : Longueur ultime entre repères (après rupture de l'éprouvette et reconstitution de celle-ci en rapprochant soigneusement les deux fragments)

S : Section initiale, c'est l'aire de la section droite de l'éprouvette avant la rupture.

S_u : Section ultime, c'est l'aire de la section minimale après la rupture de l'éprouvette.

F_m : Charge maximale supportée pendant l'essai. F_u : Charge ultime (finale) à l'instant de la rupture.

II.2 : Déroulement (étapes) d'un essai de traction

1) Eprouvette au repos, $F = 0$, allongement $t = 0$.

2) On tire sur l'éprouvette avec une force F_1 qui entraîne un allongement e_1 .

3) On supprime l'effort et l'allongement disparaît (cas on nous sommes encore dans le domaine élastique du matériau)

4) On tire avec une Force plus importante F_2 qui entraîne un allongement e_3

5) On supprime la force F_2 , mais l'éprouvette ne retrouve pas son état initial (le seuil d'élasticité est dépassé : c'est le domaine plastique.). Il reste un allongement e_2

6) On exerce à nouveau un effort de traction supplémentaire plus important que l'effort F_2 . Après avoir atteint un maximum, la force décroît et l'éprouvette s'amincit en un endroit (zone de striction), puis il y a rupture. Après cette rupture, on mesure $e_4 = L_u - L_0$

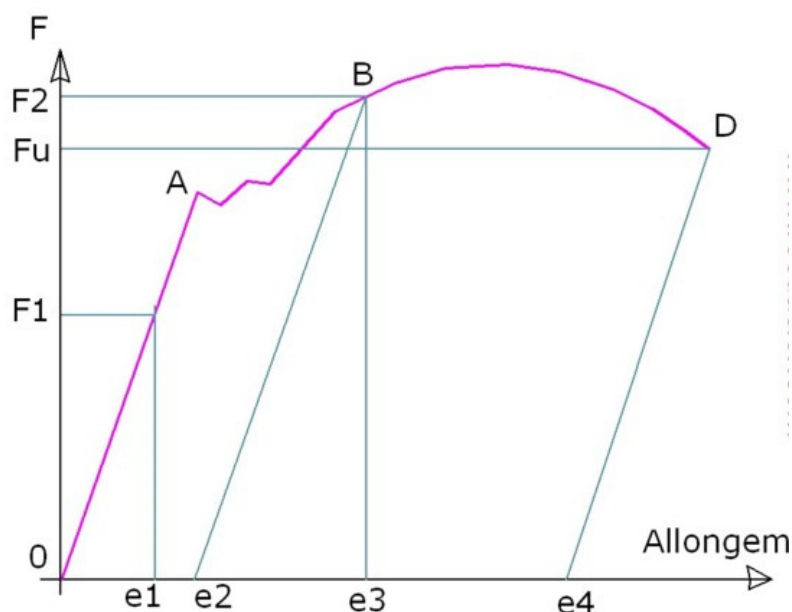
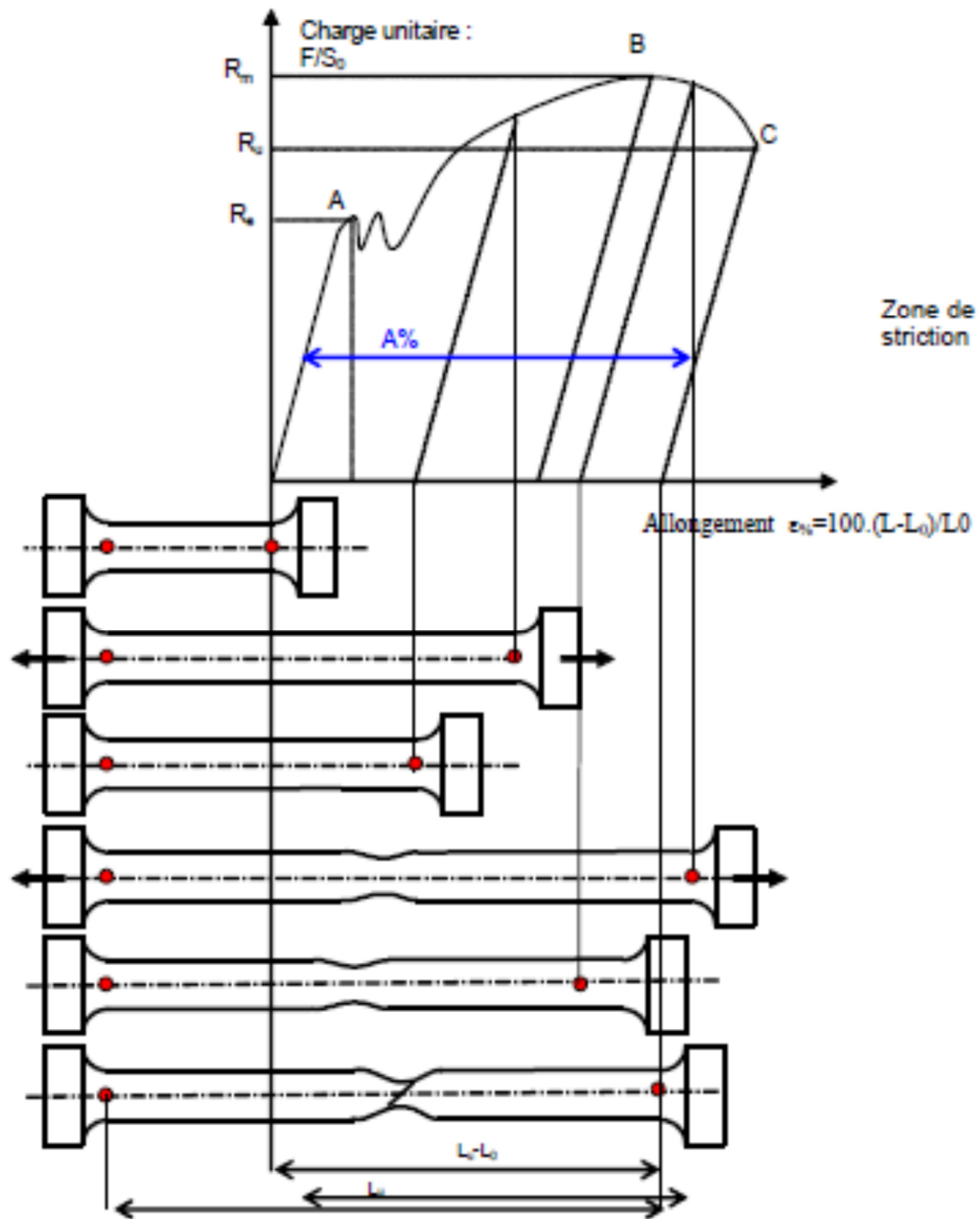


Diagramme de traction conventionnel



Evolution de forme d'éprouvettes de traction

Sur un diagramme effort-déformation, on observe les phases successives suivantes :

Zone OA : domaine des **déformations élastiques ou réversibles** (zone parfois linéaire) : si on cesse la charge, l'éprouvette retrouve ses dimensions initiales

Zone AB : la déformation n'est plus complètement réversible. La **déformation est plastique (ou permanente)** homogène. Les allongements augmentent plus vite que les charges. L'allongement a lieu avec une diminution régulière de la section tout au long de l'éprouvette.

Zone BC : la **déformation plastique se localise** dans une petite portion de l'éprouvette et n'est plus homogène, c'est la **striction** ; on arrive à la rupture (point C) ; les allongements augmentent avec une diminution de la charge.

II.3 : Comportement du matériau en cours d'essai, formules

*) *Axe des abscisses : Allongement relatif (%)* : $A\% = (L-L_0).100/L_0$

*) *Axe des ordonnées : la charge unitaire (c'est le rapport de la charge F sur la section initiale de l'éprouvette S_0)* : $\theta = F/S_0$

*) **Limite apparente d'élasticité (MPa, au point A)** : Re ou $Re_{0,2} = Fe/S_0$;

Dans certains cas, la limite d'élasticité n'est pas apparente. C'est le cas pour des matériaux tels que les aciers austénitiques, les alliages d'aluminium... On applique alors une légère déformation permanente égale à 0,2% de L_0 pour définir $Rp_{0,2}$ (ou $Re_{0,2}$)

*) **Résistance maximale (MPa, au point B)** : R_m ou $\theta_m = (F_m/S_0)$

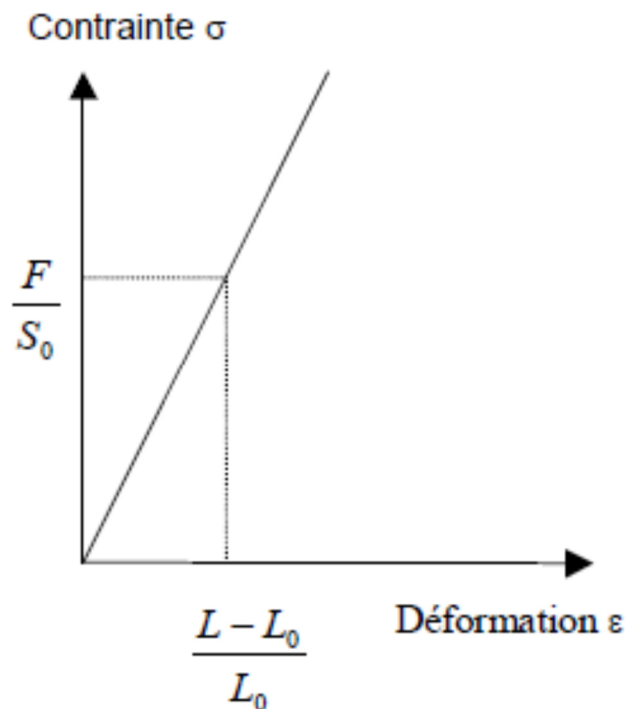
*) **Résistance à la rupture (MPa, au point C)** : R_r ou $\theta_r = (F_r/S_0)$

*) Coefficient de striction (%) : $Z\% = (S-S_0).100/S_0$

*) **(Module d'Young) Loi de Hooke : Module d'élasticité longitudinale (%)** :

CARACTERISTIQUE D'ELASTICITE : $E\% = (F_0.L_0)/(S_0.\Delta L)$; avec $\Delta L = (L-L_0)$

Dans la première portion de la courbe, il y a proportionnalité entre charge unitaire et la déformation : c'est la loi de Hooke.

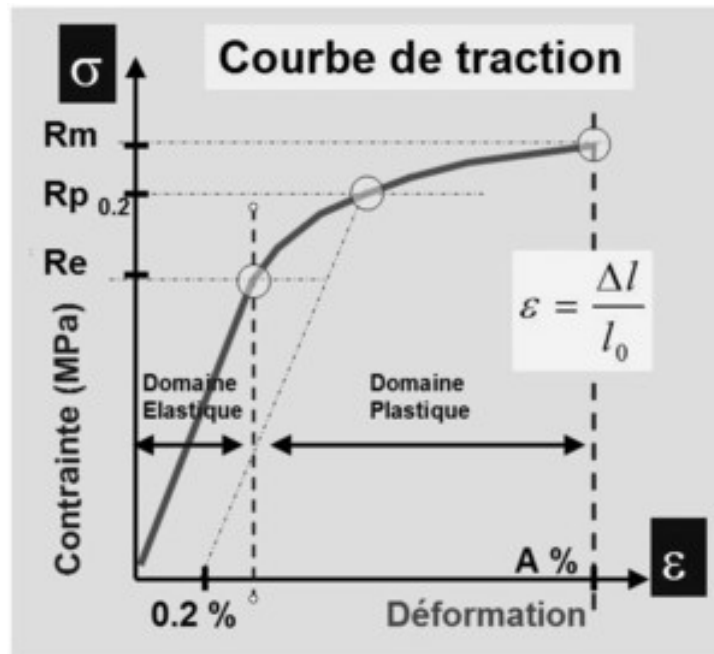


il exprime le rapport entre la charge unitaire appliquée et la déformation longitudinale de l'éprouvette.

$$\theta_r = E.\epsilon \text{ avec } \epsilon = \Delta L / L_0 \text{ soit } \theta_r = E. (L-L_0)/L_0$$

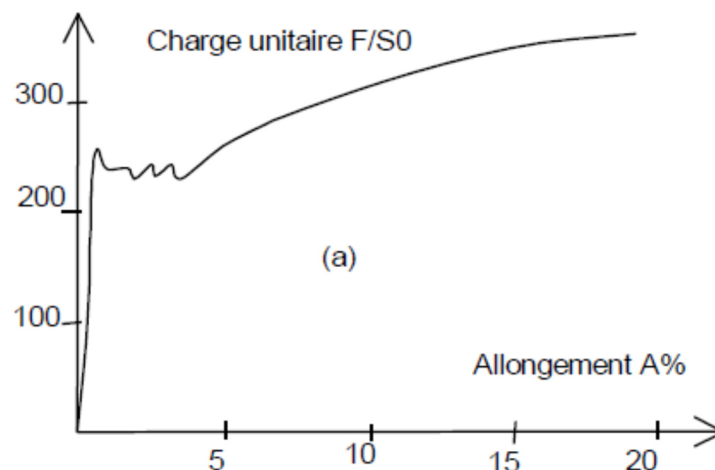
Quelques valeurs usuelles de E :

Alliages au Tungstène : 420 000 MPa ; **Aciers** : 200 000 à 220 000 MPa ; **Aciers inox** : 198 000MPa ;
Fontes à graphite sphéroïdal : 160 000 à 190 000MPa ; **Alliages au Cuivre** : 126 000 MPa ;
Fontes à graphite lamellaire : 120 000 MPa ; **Laitons** : 105 000 MPa ;
Alliages d'aluminium : 70 000 à 75 000 MPa ; **Alliages au Plomb** : 17 000 MPa



Courbe classique de traction d'un échantillon d'acier ordinaire

Cas des aciers : il existe 2 types principaux de courbes de traction suivant la présence ou non d'un crochet à la limite d'élasticité...mais le cas le plus répandu est le suivant :



Références :

- 1- https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_de_traction
- 2- http://www.atomer.fr/1/1_dimensions-eprouvettes-essais-de-traction.html
- 3- Essais de caractérisation – réponse en traction ; Emmanuel Denarié ; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015 Lausanne.
- 4- <https://mefi.pedagogie.ec-nantes.fr/MEF/MIAS/treillis/doc/Essai-de-Traction.pdf>