

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
D'ORAN -USTO -MB
FACULTE DE GENIE MECANIQUE
DEPARTEMENT DES MINES ET METALLURGIE**

TP : Essaie de traction

3^{ème} année licence : METALLURGIE



2020-2021

Dirigé par : Dr. F.BOUAKSA

ESSAIE DE TRACTION

1. Introduction

L'essai de traction consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction croissant jusqu'à sa rupture en vue de déterminer les caractéristiques mécaniques du matériau. On enregistre simultanément l'allongement et la force appliquée, que l'on convertit ensuite en déformation et contrainte dans le but d'obtenir la fameuse courbe de traction.

Il est possible de déterminer certaines propriétés mécaniques par d'autres tests, tels que le test de torsion, flexion, etc. Cependant, l'essaie de traction constitue le choix le plus logique grâce à sa simplicité du montage et sa répartition uniforme des contraintes et des déformations qui simplifie les mesures.

2. But

La déformation de la plupart des matériaux se caractérise par un domaine linéaire qui correspond à une déformation élastique suivie par un domaine non linéaire qui correspond à une déformation plastique et se termine par la rupture de l'éprouvette. Ces différentes phases nous permettent de déterminer les principales caractéristiques mécaniques du matériau telles que le module d'élasticité E , le coefficient de Poisson ν , la limite d'élasticité σ_e , la résistance à la rupture σ_r , l'allongement après rupture et le coefficient de striction (étranglement).

3. Intérêt pratique du test

Les propriétés mécaniques obtenues par le test de traction servent à dimensionner toutes sortes de pièces. Dans la recherche, le test de traction est utilisé pour la caractérisation de nouveaux matériaux et dans l'industrie, pour les contrôles périodiques servant à surveiller la qualité des alliages, des polymères et des céramiques.

4. Notions de sécurité

Les machines de traction les plus basiques ont une capacité de l'ordre de 20 kN, soit l'équivalent de 2 tonnes, ou encore le poids de 2 voitures. Il est très important d'être conscient et mis en garde des risques encourus en cas de fausse manœuvre ou de négligence durant l'utilisation de la machine.

Il est important donc de prendre en compte les précautions suivantes:

- ✓ faire l'essai en présence de l'enseignant responsable du TP;
- ✓ un seul manipulateur sur la machine;
- ✓ ranger la zone d'essai, ne laisser pas des objets (éprouvette ou d'outil) qui traînent sur la machine;
- ✓ pas de mouvement en vitesse rapide sans surveiller que les mors ne viennent écraser ou pincer, un doigt, une main ou l'éprouvette;
- ✓ pas d'intervention manuelle sur la machine en cours d'essai (sauf l'arrêt d'urgence).

5. Description de machine de traction

Une machine de traction est constituée d'un bâti robuste à deux colonnes portant une traverse mobile. La traverse mobile est souvent entraînée par un système électromécanique à deux vis latérales lui-même entraînée par un moteur à courant continu servocontrôlé pour une application régulière et constante de la charge. La liaison entre les vis et le réducteur s'effectue en général par poulies et courroie crantée.

La vitesse du mors mobile, en général constante, peut être réglée (valeur typique : 10 mm/min).

L'éprouvette de traction, vissée ou enserrée entre des mors, selon sa géométrie, est amarrée à sa partie inférieure à la base de la machine et à sa partie supérieure à la traverse mobile (dans le cas d'une machine mécanique) ou au vérin de traction (dans le cas d'une machine hydraulique).

Le déplacement de la traverse vers le haut réalise la traction. Une machine de traction comporte une cellule de charge (capteur de force et capteur d'allongement), qui permet de mesurer l'effort appliqué à l'éprouvette et le déplacement de l'éprouvette.

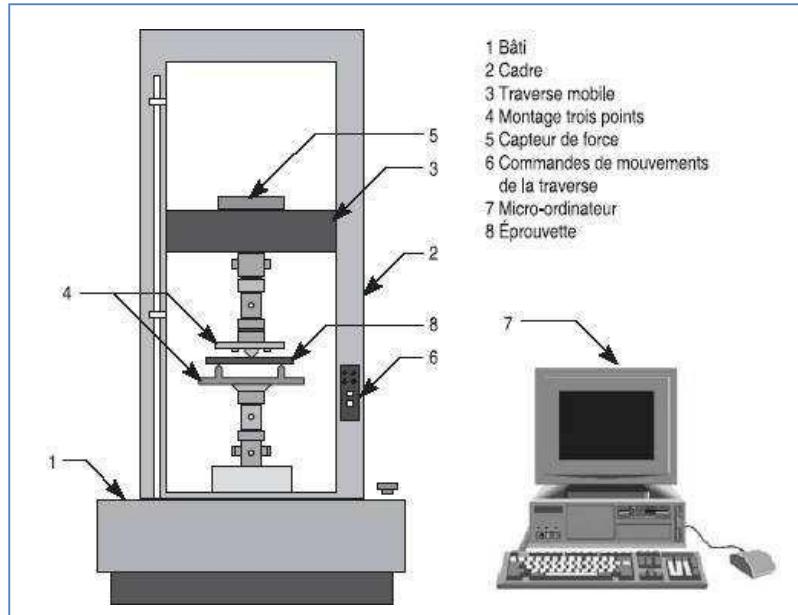


Figure 1: Machines d'essai traction/compression/flexion

1. Diagramme de traction

Les valeurs mesurées directement lors d'un essai de traction sont la force F et l'allongement δ , plutôt que les contraintes et la déformation. La contrainte σ , rapportée dans un diagramme de traction est la force divisée par la section initiale S_0 de l'éprouvette (contrainte nominale).

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

De même la déformation ϵ se réfère à la longueur initiale L_0 de la partie délimitée par l'extensomètre (déformation nominale).

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

On parle de diagrammes rationnels (réels) quand on détermine les contraintes et les déformations réelles. Ils sont obtenus en divisant la force par la section et l'allongement par la longueur instantanée (différentes de S_0 et L_0 , respectivement). Ici nous nous contentons du premier type de diagramme (nominal) qui est d'ailleurs le diagramme d'usage commun. La figure 2 illustre l'allure que peuvent avoir les courbes de traction de différents matériaux.

1.1. Le module d'élasticité ou module de Young :

Le module de Young est défini comme la pente de la ligne droite partant de l'origine du diagramme. Sa détermination par un essai de traction nécessite impérativement un extensomètre de bonne précision car la rigidité finie (limitée), même de la machine la plus robuste, est susceptible de modifier cette pente. Lorsque l'éprouvette n'est pas proprement alignée, la première partie de la courbe est arrondie. Dans la pratique il n'est d'ailleurs pas facile de commencer les mesures exactement à la force zéro, car la fixation rigide d'une éprouvette qui résiste à plusieurs tonnes ne va pas sans effort. Le module d'élasticité et principalement fonction des forces interatomiques.

1.2. Limite élastique conventionnelle $R_{p0.2}$

La fixation d'un seuil d'écoulement plastique n'est pas possible sans convention car, même à des contraintes largement en dessous de $R_{p0.2}$, on observe à l'aide des instruments hautement précis des déformations irréversibles. Pour la plupart des constructions mécaniques des déformations aussi faibles sont insignifiantes. On préfère donc une limite plus élevée et aussi plus facilement déterminable. Ainsi on fixe la limite conventionnelle d'élasticité à la contrainte maximum applicable qui laisse, après décharge, une déformation permanente (plastique) de 0,2 %. Pour la mécanique de précision les exigences sont plus poussées, et on détermine parfois de manière analogue $R_{p0.02}$. La

TP N° 1

valeur s'obtient en augmentant graduellement la force de traction jusqu'à ce qu'après déchargement, l'allongement résiduel atteigne la valeur recherchée ou on peut aussi tracer une ligne parallèle à la droite élastique passant par $\epsilon = 0.2\%$ (voir figure 3).

1.3. La limite apparente d'élasticité supérieure/inférieure R_{es}/R_{ei}

L'apparition d'une chute de la contrainte, après dépassement de la limite d'élasticité supérieure, est un phénomène que présente le fer, les aciers doux, la plupart des métaux ayant une structure cubique centrée et contenant certaines impuretés, ainsi que plusieurs autres alliages, notamment l'Al-Mg. On y trouve une limite d'élasticité supérieure suivie d'une chute de la contrainte (voir figure 2). A partir de là, la déformation augmente à une valeur de contrainte constante, appelée limite d'élasticité inférieure (palier de la courbe). A la fin du palier, la déformation se poursuit suivant le mode habituel.

1.4. La résistance à la traction R_m

C'est la charge appliquée au maximum de la courbe $F=f(\Delta L)$ divisée par la section initiale S_0 , c'est le maximum de la contrainte nominale, (voir figure 2 et 3).

1.5. L'allongement à la rupture A

C'est la déformation nominale (allongement divisé par la longueur initiale L_0) après rupture exprimée en % (voir figure 3). En raison de la localisation de la déformation, la majeure partie de l'allongement ne provient que d'une fraction de la longueur L_0 . La valeur de A est donc d'autant plus petite que l'éprouvette est longue. C'est pour cette raison que l'on doit mentionner le rapport L_0/d_0 avec la valeur de l'allongement. On désigne par A5 et A10 l'allongement obtenu sur des éprouvettes ayant un rapport L_0/d_0 de 5 et 10.

1.6. Coefficient de striction = Z

Contraction (étranglement) locale à l'endroit de la rupture défini par : $Z = \frac{S_0 - S_u}{S_u}$

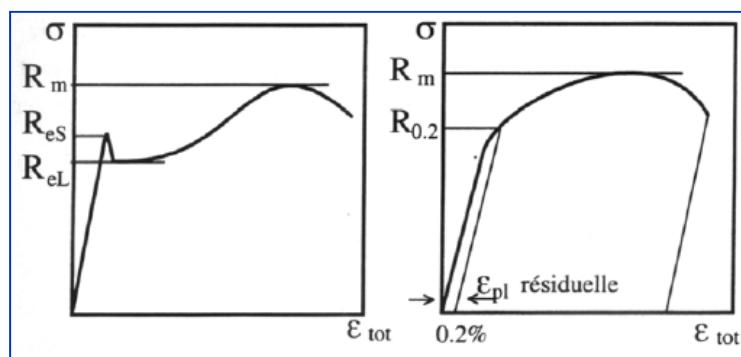


Figure 2: Schéma représentant deux types différents de courbes de traction

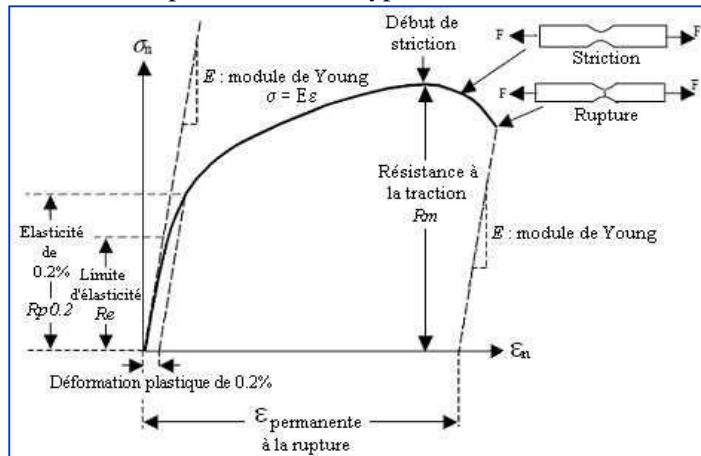


Figure 3 : détermination de $R_{p0.2}$

TP N° 1

2. Éprouvettes de traction

Une éprouvette est une pièce de dimensions normalisées utilisée lors d'essais mécaniques visant à déterminer le comportement du matériau soumis à différents efforts mécaniques.

L'essai de traction peut être effectué sur un barreau cylindrique ou un barreau de section rectangulaire plate (voir figure 4). L'éprouvette cylindrique permet d'avoir un système symétrique et un système d'accrochage simple (par vissage), l'éprouvette plate permet de voir ce qui se passe sur une face : apparition de lignes de glissement, forme des cristallites (métallographie), mesure de texture par diffractométrie X, etc.

Les extrémités de l'éprouvette sont élargies, avec un congé, afin d'être sûr que la déformation plastique et la rupture auront lieu dans la partie centrale de l'éprouvette : les phénomènes de contact au niveau de la liaison à la machine sont complexes et ne représentent pas ce que l'on veut tester, on limite donc l'impact de l'essai sur ces zones. Les dimensions de l'éprouvette sont normalisées, ce qui n'interdit pas d'utiliser d'autres formes d'éprouvette si l'essai n'a pas besoin de répondre aux normes (par exemple dans le cadre de la recherche et du développement).

Dans l'éprouvette, on s'intéresse à la partie calibrée, qui est la partie dans laquelle la section droite ne varie pas (partie de largeur uniforme). Au sein de cette partie calibrée, on trace deux repères « un peu à distance » des congés ; les efforts et la déformation dans cette partie entre repère est réputée uniforme (principe de Saint-Venant). La longueur de la partie calibrée est notée L_c . La longueur de la partie entre repères est notée L_0 , et est normalisée à :

$$L_0 = k \sqrt{S_0}$$

Où :

k est un coefficient dépendant du matériau ; pour l'acier, $k = 5,65$;

S_0 est l'aire de la section droite.

Dans la pratique, pour une éprouvette cylindrique en acier de diamètre d_0 , on a :

$$L_0 = 5 \times d_0.$$

3. Normes

Les essais de traction doivent généralement respecter les prescriptions de normes qui définissent la forme, les dimensions, les vitesses d'essai, l'étalonnage de la machine, l'exactitude des appareils, la définition des caractéristiques, les informations à indiquer dans un rapport d'essai. Pour les matériaux métalliques la norme de référence est la NF EN 10002-1 : Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1 : méthode d'essai à température ambiante.

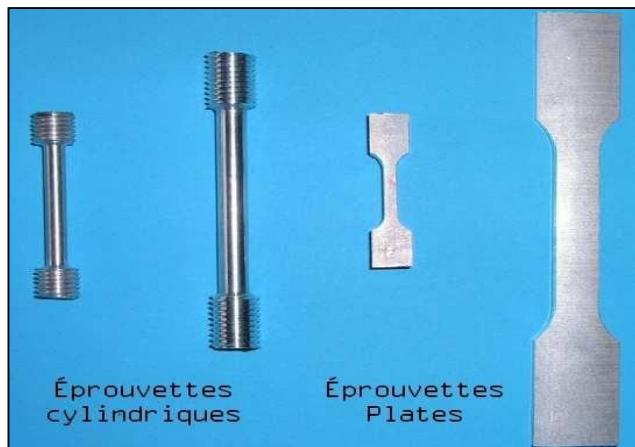
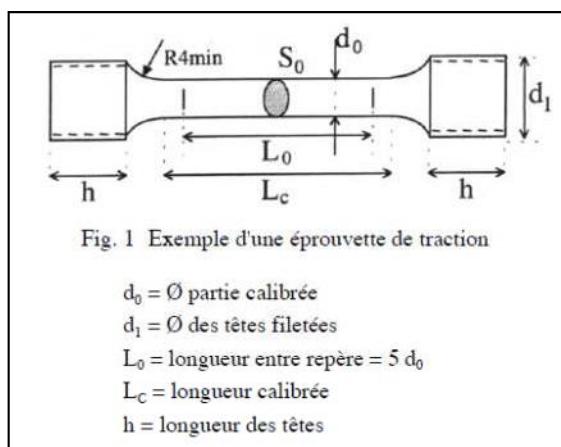


Figure 4 : Types et dimensions d'éprouvettes

4. Déroulement de l'essai

4.1. Préparation de l'éprouvette

- Prendre les mesures de l'éprouvette.

TP N° 1

- Tracer un trait au marqueur en travers de l'éprouvette, à 30mm des bords.

4.2. Installation de l'éprouvette :

- placer l'éprouvette au centre du mors inférieur et la serrer légèrement;
- vérifier et corriger la verticalité de l'éprouvette;
- descendre le mors supérieur pour obtenir une longueur libre.
- serrer le mors supérieur et le mors inférieur complètement.

4.3. Réalisation de l'essai :

- lancer l'essai automatique;
- surveiller le bon déroulement de l'essai ;
- stopper l'essai après rupture de l'éprouvette ou en cas d'incident (en cas de bon déroulement, l'essai s'arrête automatiquement).

Mesures des grandeurs physiques relatives aux essais de traction :

S_0 : Surface de l'éprouvette initiale

L_0 : Longueur éprouvette avant l'essai de traction

L_u : Longueur éprouvette après rupture

S_u : Surface de l'éprouvette après rupture

5. Travail demandé

- 1) Importer le fichier d'essai dans un tableau.
- 2) Tracer la courbe de la force en fonction des déplacements.
- 3) Tracer la courbe de la *Contrainte (MPa)* en fonction des *déformations (%)*.
- 4) Déduire les constantes caractéristiques du matériau :
 - Module d'Young E
 - Limite d'élasticité R_e
 - Résistance mécanique R_m
 - Allongement à la rupture A%.
 - Coefficient de striction.
- 5) Analyser la forme de la zone de rupture. Les éprouvettes cassent-elles par traction ou par cisaillement.

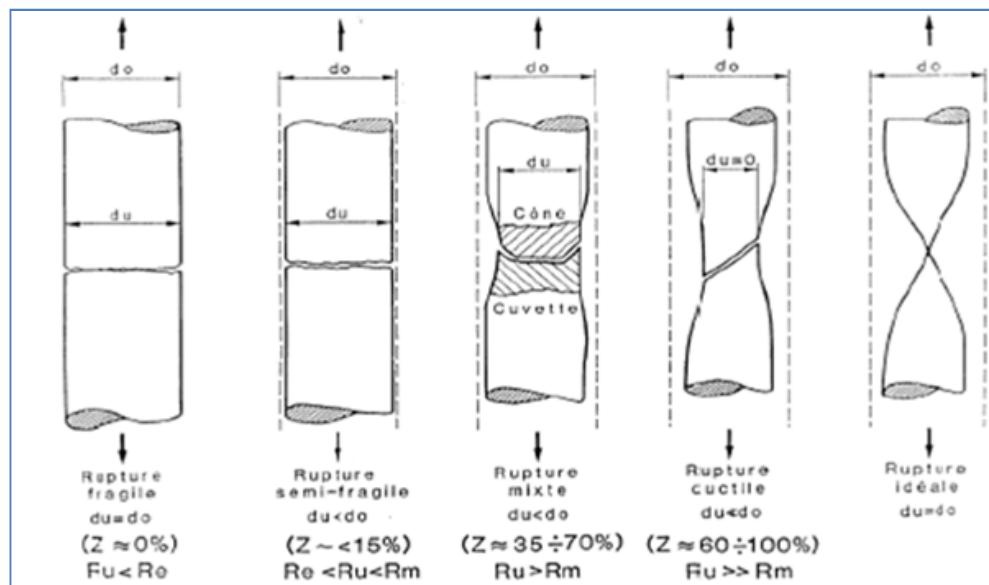


Figure 5: Comportement à la rupture en traction