



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

DEPARTEMENT DE METALLURGIE

Master : Mise en Forme des Métaux

Module : Physique de la déformation Plastique

T.P N° 01

Essai de Traction – Partie 1

Par :

Abderrahmane BERRAIS, Doctorant
Mohamed Lamine FARES, Professeur

Année : 2019-2020

Introduction - Essais mécaniques et Propriétés des Matériaux

Les essais sont indispensables à la connaissance du comportement des matériaux, et font donc partie intégrante des programmes d'enseignement en sciences et en technologie.

La gamme d'équipements qui équipe les nombreux laboratoires comporte des appareils permettant des études sur le comportement et sur les propriétés des matériaux, en fonction des sollicitations diverses, telles que la torsion, la flexion, la traction, la compression, la dureté, la résilience, le fluage. Ils permettent aussi la mise en évidence des contraintes et déformations.

L'ensemble du matériel est aussi utilisé en laboratoire pour les expériences et travaux pratiques, pour les démonstrations en groupe, pour les projets d'études et de recherche. La plupart des machines d'essais reproduisent les procédés d'essais industriels. Les élèves peuvent ainsi faire le rapprochement entre les expériences en laboratoire, et l'environnement industriel qu'ils retrouveront par la suite au cours de leur carrière. La qualité de l'enseignement est ainsi valorisée.

Les conditions de service de tout dispositif ou structure technique impose certaines exigences au matériau employé. Il en ressort que les charges imposées, les fortes accélérations, les violents chocs et vibrations et les températures extrêmes, chaudes ou froides rendent les propriétés mécaniques des matériaux d'un intérêt fondamental. Ainsi, les caractéristiques mécaniques usuelles sont celles qui sont déduites de l'essai de traction. Les autres caractéristiques, telles que la dureté la résilience (énergie de rupture en flexion par choc), sont aussi à considérer.

I. Essai de traction

I.1. Objectif du Travail

La réponse des matériaux aux autres modes de charge, peut s'expliquer ou se calculer sur la base de leur comportement en traction. Il est parmi les plus faciles à étudier expérimentalement et le plus important car il permet de :

- Donner des conclusions sur l'aptitude à la mise en œuvre du matériau "**Plasticité et endommagement des matériaux**", et
- Étudier certains phénomènes métallurgiques tels que : les mécanismes élémentaires de déformation sur monocristaux, l'interaction entre les impuretés et les dislocations de la matrice qui se déplacent sous l'action des contraintes développées "**Physique de la déformation plastique**".

On se propose dans ce travail pratique de :

- Réaliser un essai de traction statique sur éprouvette métallique et tracer la courbe effort-déformation.
- Procéder au dépouillement de la courbe afin de déterminer les valeurs classiques (R_e , R_m , $A\%$, E),
- Etablir la courbe rationnelle pour en déterminer la loi de comportement expérimentale ($\sigma = f(\epsilon)$)

I.2. Présentation de la manipulation

I.2.1 Machine de traction

Toutes les machines comportent un dispositif permettant d'appliquer un effort sur éprouvettes et des systèmes de mesure pour déterminer d'une part la charge et d'autre part l'allongement. Quel que soit le dispositif de chargement, il doit assurer un effort de traction pure, donc un alignement rigoureux des axes d'amarrage de l'éprouvette.

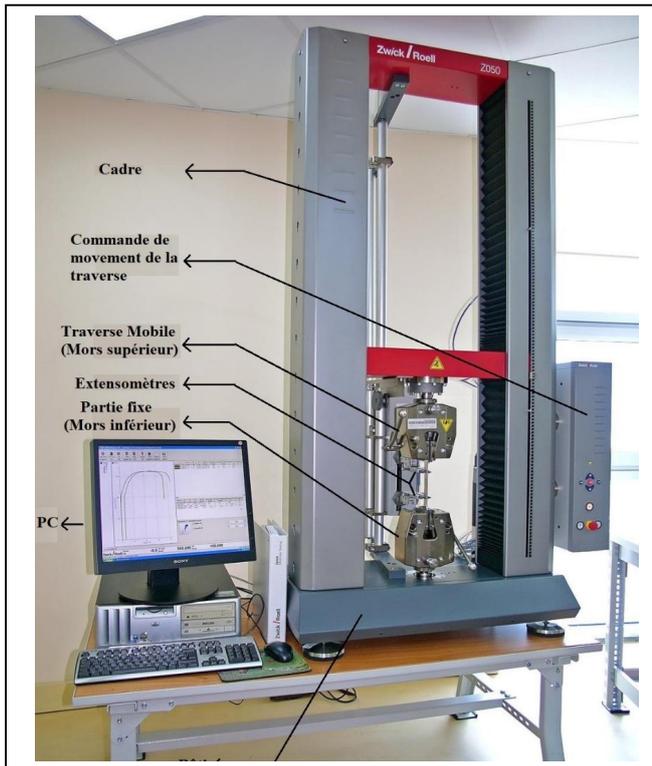


Fig. 1 Schéma de la machine de traction Zwick Z050

Ainsi, on utilise une machine électromécanique à enregistrement électronique (Fig. 1 machine de traction Zwick Z050) à partir de laquelle :

- L'effort maximal est enregistré
- La vitesse de déplacement de la traverse est de (.....mm/mn)
- La force est mesurée à l'aide d'un capteur à jauges extensométriques
- L'allongement de l'éprouvette est mesuré par un extensomètre à jauges

I.2.2. Principe de l'essai de traction

Dans cet essai, on impose à une éprouvette de longueur initiale " l_0 " et de section " s_0 " un effort uniaxiale d'intensité variable à une vitesse donnée. On enregistre une courbe ($F - \Delta L$) qui relie l'effort fourni à la déformation produite. La force " F " nécessaire pour poursuivre la déformation augmente avec " ΔL " en raison du durcissement par écrouissage. Pour un allongement donné, sa valeur dépend de la vitesse de traction choisie.

I.2.3. Choix et préparation des éprouvettes

Il existe différentes formes de produit: barre, fils, tôles, tubes...etc. La norme NF A 03-151 précise la forme et les dimensions de la partie calibrée selon l'expression $l_0 = k \cdot \sqrt{s_0}$ (Fig. 2). Dans notre cas, l'essai de traction est réalisé sur une éprouvette en acier « plate de section rectangulaire » (Fig. 2).

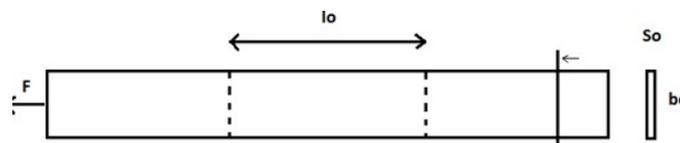


Fig. 3 dimensionnement de l'éprouvette de traction

Avec : $S_0 = 25.35 \text{ mm}^2$, $B_0 = \dots \text{ Mm}$ et $l_0 = \dots \text{ Mm}$,

Où :

l_0 : longueur initiale de l'éprouvette

s_0 : Section initiale de l'éprouvette

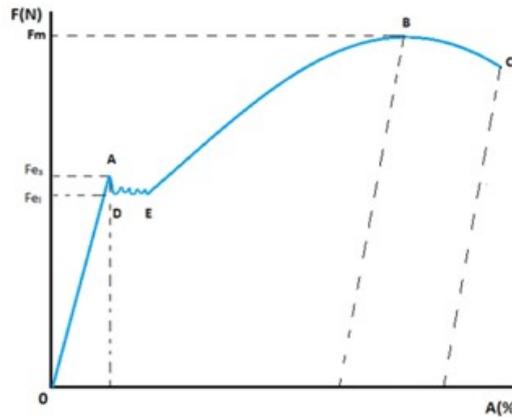
l : Longueur utile de l'éprouvette (fonction de l'effort enregistré)

F : Force enregistrée (appliquée à l'extrémité de l'éprouvette)

On en déduit alors l'allongement relatif en A (%) : $A(\%) = \frac{(l - l_0)}{l_0} \cdot 100 = ???$

I.3. Courbe de traction obtenue

La courbe tracée lors de l'essai est de la forme $F(N) = f(A(\%))$



- O à A : Zone de déformation élastique (réversible)
- A à E : Palier de plasticité (présence d'un acier doux ou métal non ferreux pur)
- E à B : Zone de déformation plastique répartie
- B à C : Zone de déformation plastique non répartie. En B il y'a formation de la striction de l'éprouvette puis rupture en C
-

I.3.1. Dépouillement de la courbe

Certains paramètres sont directement relevés sur la courbe de traction, d'autres sont déduits à partir de ces paramètres (**Cf. courbe de traction en Annexe**).

F_m : Charge maximale (**à tirer de la courbe en annexe**)

F_{eH} : Charge à la limite supérieure d'écoulement (ou d'élasticité) (**à tirer de la courbe en annexe**)

F_{eL} : Charge à la limite inférieure d'écoulement (ou d'élasticité). Dans le cas où il y'a palier de plasticité, la F_{eL} remplace le $F_{e0.2\%}$ classique (**à tirer de la courbe en annexe**)

R_m : Contrainte maximale à la rupture en traction

R_{eH} : Contrainte à la limite élastique supérieure (après écrouissage)

R_{eL} : Contrainte à la limite élastique conventionnelle à 0.2%

Allgt : allongement à la charge maximale F_m

F_m (N)	R_m (MPa)
.....

F_{eH} (N)	R_{eH} (MPa)
.....

F_{eL} (N)	R_{eL} (MPa)
.....

Allongement maxi : $A(\%) = \dots\dots\%$

- A tirer de la courbe de traction (**F_m , F_{eH} , F_{eL} et $A\%$**)
- Pour $A(\%)$ il peut être aussi calculé en mesurant « l » après Rupture de l'éprouvette

$$A(\%) = \frac{(l - l_0)}{l_0} \cdot 100$$

- A calculer (**R_m , R_{eH} , R_{eL}**)

$$R_m = F_m / s_0 = \dots\dots\dots \text{MPa} \quad \text{Exemple : } R_m = 2960 \text{ (N)} / 8.26 \times 10E - 6 = 326 \text{ MPa}$$

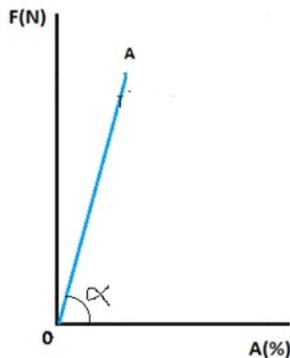
$$R_{eH} = F_{eH} / s_0 = ?$$

$$R_{eL} = F_{eL} / s_0 = ?$$

- A déterminer le **module de Young (E)**

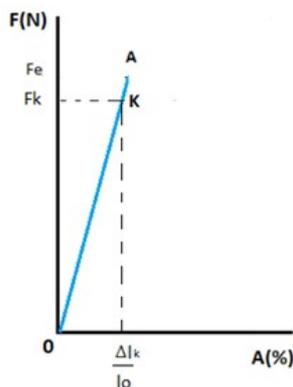
Le module de Young (E) peut être directement déduit de la courbe de traction, en mesurant la pente à la droite **dans la zone élastique**.

$$E = \text{tg} \alpha = \Delta F / \Delta A$$



Parfois les valeurs sur la courbe sont difficilement exploitables en raison de la pente très rapide avec une imprécision sur la valeur de l'allongement.

Ou il suffit de lire les coordonnées d'un point « K » (avant la limite élastique)



Ou il suffit de lire les coordonnées d'un point « K » (avant la limite élastique)

Exemple au point K : $A(\%) = \Delta l / l_0 = 0.0008$ qui correspond à : $F = 1500 \text{ N}$

D'après La loi de Hooke : $\sigma = E \cdot \varepsilon$

Donc : $E = \sigma/\varepsilon$ d'où $\sigma = F(N)/s_0(m)$

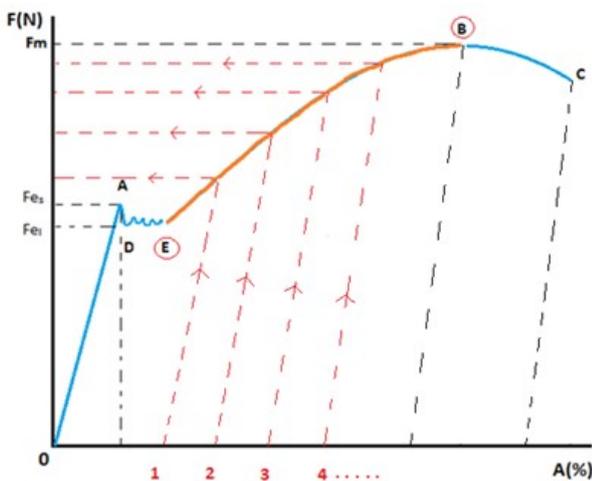
Et ε est l'allongement (**A**) de la courbe conventionnelle

$$\varepsilon(A) = \Delta l/l_0 \quad \text{d'où :} \quad E = \frac{F}{S_0} \cdot \frac{1}{\Delta l/l_0} = \dots \text{ GPa ou MPa}$$

Exemple : $s_0 = 8.26 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$ et $F = 1500 \text{ (N)}$

$$E = \frac{1500}{8.26 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{1}{8.10^{-4}} = 227 \text{ GPa} = 227.10^3 \text{ MPa}$$

I.3.2. Courbe rationnelle



A partir de l'enregistrement dans la zone des déformations plastiques réparties (E-B) (mesures reportées dans le Tableau 1) nous allons établir la courbe rationnelle qui est de la forme $\sigma = f(\varepsilon)$ soit la contrainte en fonction de la déformation logarithmique.

Ce diagramme nous permettra ensuite d'établir la loi de comportement plastique du matériau.

Tableau 1 Relevé des mesures

N°	$F(N)$	$\Delta l/l_0$	$\sigma (Pa)$	ε	$Ln \sigma$	$Ln \varepsilon_p$
1						
2						
3						
4						
.						
.						
10						

Avec : $\varepsilon = Ln (l/l_0)$

ε est la déformation logarithmique

$$l = l_0 + \Delta l$$

$$l = l_0(1 + (\Delta l/l_0))$$

Où Δl est l'allongement absolu et $\Delta l/l_0$ l'allongement relatif

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{l_0(1 + \Delta l/l_0)}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{1 + \Delta l}{l_0}\right)$$

$$\sigma = F/S$$

σ : est la contrainte vraie (instantanée et courante)

S : est la section courante de l'éprouvette (section instantanée)

Nous savons que le volume de la partie utile avant déformation est égal au volume de la partie utile de l'éprouvette après déformation (loi de constance du volume en déformation plastique) :

$$V_0 = V \quad \text{Soit} \quad s_0 l_0 = s l \quad \text{alors :} \quad s = s_0 l_0 / l = \frac{s_0 l_0}{l_0(1 + \Delta l/l_0)} = \frac{s_0}{(1 + \Delta l/l_0)}$$

$$\sigma = \frac{F}{s_0} \cdot (1 + \Delta l/l_0)$$

- Complétez le Tableau 1

Annexes

Zwick / Roell

Zwick
Materialprüfuna

Zwick GmbH & Co. - August-Nebel-Str. 14 - D-98074 Jena

Dies ist ein Beispiel-Export der Prüfvorschrift 2014_métallurgie 2.zs2.
Der Export wurde am 25.10.09 um 01:30:06 ausgeführt.

Prüfungsdaten:

Paramètres pour le procès-verbal:

Titre : Essai sur éprouvette non normalisée.
Client : labo des essais mécaniques.
N° de demande : 01
Norme d'essai : DIN EN 10002-1
Type et descriptif :
Matériau : tôle noir
Echantillon : 2
Type d'éprouvette : plate
Traitement préparatoire :
Opérateur : Métallurgie
Remarque :
Données machine : Z050

Tableau de résultats:

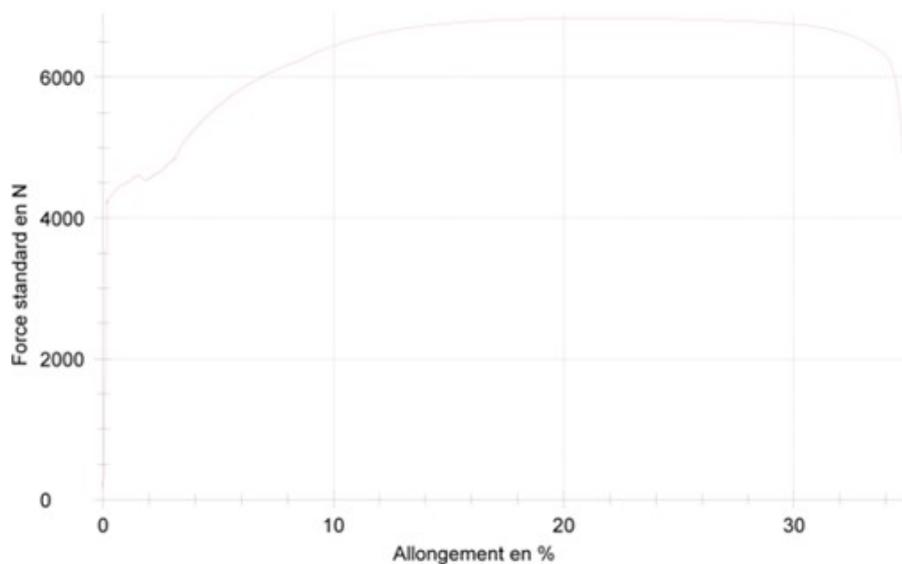
Nr.	Prélèvement	S ₀ mm ²	E GPa	R _{0,2} MPa	A _{0,2} %	R _{0,2} MPa	R _{0,2} MPa	R _{0,2} MPa	A _{1 (case)} %	a ₁ mm	b ₁ mm	Z %
1	eprouvette.01	25,35	115	168	0,02	166	171	270	34,7	0,25	15,2	85

Tableau de statistiques:

Série	S ₀ mm ²	E GPa	R _{0,2} MPa	A _{0,2} %	R _{0,2} MPa	R _{0,2} MPa	R _{0,2} MPa	A _{1 (case)} %	a ₁ mm	b ₁ mm	Z %
n = 1	25,35	115	168	0,02	166	171	270	34,7	0,25	15,2	85
x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Autor: Utilisateur
Datei: Document1

Graphique de courbes:



Autor: Utilisateur
Date: Document1

Seite 2

