

B Résistance à la traction

Lorsqu'on cherche à prévoir si une pièce va résister aux efforts qu'on lui applique, il est nécessaire de connaître les efforts qui lui sont appliqués (valeur, étendue de la surface d'application, vitesse et fréquence d'application) et les caractéristiques des matériaux de la pièce. Pour comparer les matériaux et leurs performances, on est donc amené à réaliser des essais mécaniques.

a. Essai de rupture en traction (*tensil test*) : principe

L'essai consiste à « tirer » lentement sur une éprouvette fabriquée dans le matériau à tester jusqu'à la rupture de l'éprouvette (fig. 14.2). C'est un essai destructif.

Il permet de répondre à trois questions :

- ▶ La pièce cassera-t-elle ?
 - ⇒ Non, tant que la limite de résistance à la rupture n'est pas dépassée.
- ▶ La pièce sera-t-elle déformée ?
 - ⇒ Non, tant que la limite de résistance élastique n'est pas dépassée.
- ▶ Quelle sera la dimension de la pièce déformée sous charge ?
 - ⇒ Elle sera calculée à partir de la longueur d'origine de l'éprouvette et de son allongement relatif.

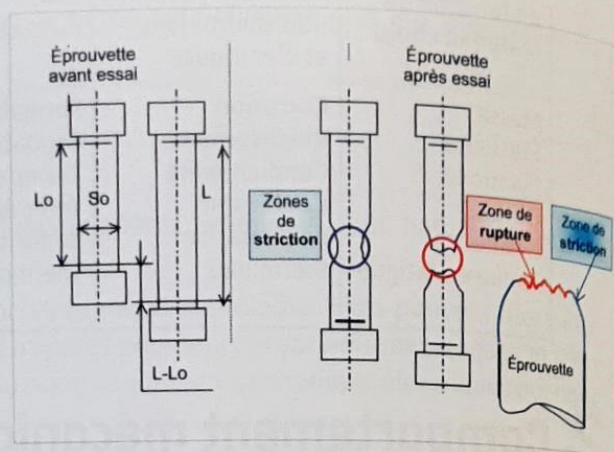


Fig. 14.2 L'essai de rupture en traction.

b. Déroulement de l'essai

On mesure l'intensité croissante de la force avec laquelle on "tire" sur l'éprouvette (en newton, N) et l'allongement de l'éprouvette pour chaque valeur de force de traction. Puis on trace la courbe des résultats (fig. 14.3) :

- En abscisses, les valeurs de l'allongement unitaire relatif $\chi = \frac{\Delta L [\text{mm}]}{L_0 [\text{mm}]}$. On procède par allongement de chaque tranche d'éprouvette d'une longueur de 1 mm.
- En ordonnées, la contrainte axiale $\sigma = \frac{N [\text{N}]}{S_0 [\text{mm}^2]}$ en [MPa], σ représentant la force appliquée sur chaque mm^2 de la section (tranche) de l'éprouvette.

Avec L = longueur de l'éprouvette (mm),

N = composante normale de la force de cohésion (N),

S_0 = section initiale de l'éprouvette en mm^2 (ou m^2).

Cette courbe permet de pouvoir généraliser ensuite les résultats, quelle que soit la taille de l'éprouvette utilisée.

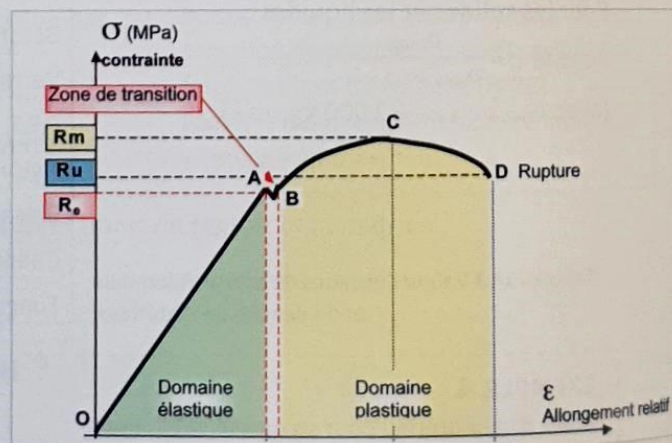


Fig. 14.3 Courbe d'essai de traction.

c. Analyse de la courbe de traction

Le tracé de la courbe (fig. 14.3) définit 3 zones.

► Le domaine élastique [OA]

Pour tous les points du segment [OA], la déformation est proportionnelle à la contrainte. La suppression de la charge entraîne la suppression de la déformation, l'éprouvette reprend sa forme et sa dimension d'origine. Le matériau est parfaitement élastique. On en déduit au point A :

- La résistance élastique ou limite élastique R_e (en MPa), qui est la valeur de contrainte maximale que l'éprouvette peut supporter en restant dans le domaine élastique :

$$R_e = \frac{F_e \text{ [N]}}{S_0 \text{ [mm}^2\text{]}}$$

- Le module de Young E (en MPa), ou module d'élasticité longitudinale. C'est la pente de la droite (OA), c'est-à-dire de la partie linéaire de la courbe de traction.

► Le domaine plastique [BC]

L'allongement n'est plus proportionnel à l'effort appliqué. À la suppression de la charge, il reste une déformation, l'éprouvette ne reprend pas sa longueur initiale. Elle a une déformation plastique (permanente). Au point C, l'intensité R_m (en MPa) est la contrainte maximale que l'éprouvette ne doit pas dépasser pour conserver ses propriétés.

► La zone de striction [CD]

L'allongement continue de croître, pourtant l'intensité de la traction mesurée décroît. Il apparaît un rétrécissement transversal de l'éprouvette, la striction (un étranglement), qui s'accroît jusqu'à la rupture en D. Au point D, R_u est la contrainte maximale admise par l'éprouvette au moment de la rupture.

d. Après l'essai

- On réunit les deux morceaux de l'éprouvette et on mesure ses paramètres « ultimes » au moment de la cassure :

- L_u : la longueur cumulée des deux fragments de l'éprouvette, c'est-à-dire sa longueur ultime ;
- S_u : la dimension de la section au droit de la rupture.

- On analyse et interprète les résultats pour déterminer :

- l'allongement relatif A (en pourcentage de la longueur initiale) : $A (\%) = 100 \cdot \frac{L_u - L_0}{L_0}$
- le coefficient de striction $Z (\%) = 100 \cdot \frac{S_0 - S_u}{S_0}$.

e. Intérêt de l'essai de rupture en traction

L'essai de rupture en traction permet de définir les propriétés suivantes :

- l'élasticité (*elasticity*) : aptitude d'un matériau à reprendre sa forme et ses dimensions initiales après avoir été déformé. Par exemple, un ressort a un comportement élastique ;
- la plasticité (*plasticity*) : aptitude d'un matériau à conserver la forme et les dimensions conférées par une déformation. Par exemple, la pâte à modeler a un comportement plastique ;
- la raideur (*stiffness*) : résistance à la déformation sous un effort de traction donné. Plus le module de Young, E , est grand et plus le matériau est rigide.

f. La loi de Hooke

La loi de Hooke $\sigma = E \cdot \epsilon_x$ correspond à l'équation de la droite (OA) et traduit la proportionnalité entre contraintes et déformations dans la zone élastique (tableau 14.4).