

Chapitre 1 – Méthodes de caractérisation des matériaux

EXERCICE 1-14

Avant de répondre aux questions suivantes, il est souhaitable, dans un premier temps, de transformer les données brutes partielles de l'essai de traction en contraintes et déformations en rappelant la définition de ces grandeurs :

$$\text{contrainte } \sigma = \frac{F}{S_0} ; \quad \text{déformation : } \varepsilon_z = \frac{(l-l_0)}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{ou} \quad \varepsilon_r = \frac{(D-D_0)}{D_0} = \frac{\Delta D}{D_0}$$

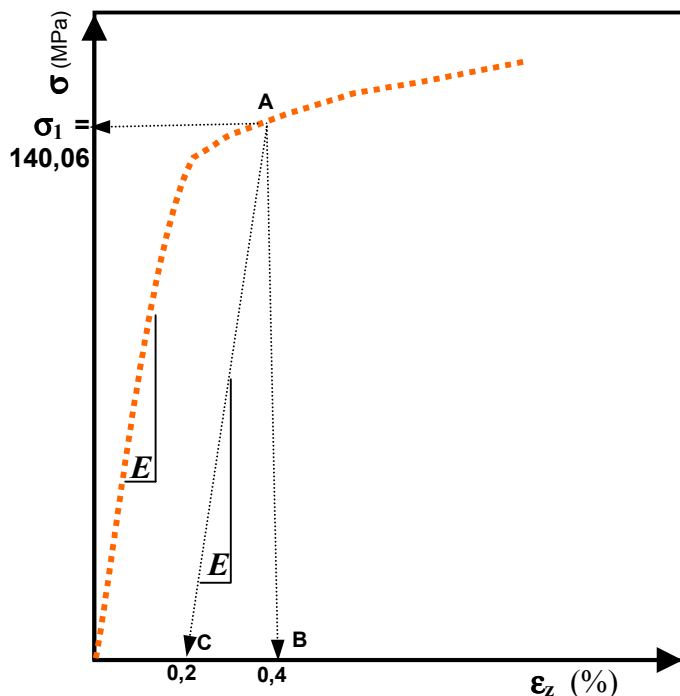
On obtient ainsi le tableau suivant :

Indice	Force F (N)	Contrainte σ (MPa)	Déformation axiale ε_z (%)		Déformation radiale ε_r (%)	
			sous charge		sous charge	
1	11 000	140,06	sous charge	0,4	sous charge	N.D.
			après décharge	0,2	après décharge	N.D.
2	7 854	100,00	sous charge	N.D.	sous charge	- 0,05
3	5 000	63,66	sous charge	N.D.	sous charge	N.D.
4	19 630	249,94	sous charge	N.D.	sous charge	N.D.
5	N.D.	N.D.	après décharge	28,4	sous charge	N.D.

N.D. : donnée non disponible

a) Module d'Young E du matériau X :

Pour calculer ce module, on dispose de deux indices (indices 1 et 3), indépendants l'un de l'autre et qui doivent bien entendu conduire au même résultat.



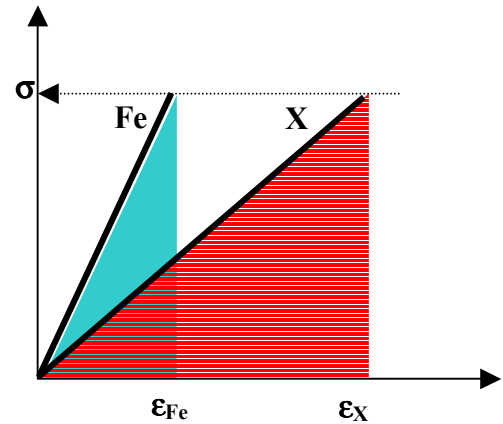
Considérons tout d'abord le 1^{er} indice. Avec ces données (σ et ε_z), il est possible de tracer schématiquement le début de la courbe de traction du matériau étudié en précisant certains points caractéristiques A, B et C de cette courbe (voir figure $\sigma = f(\varepsilon)$ ci-dessous).

On constate que le point A correspond à la définition même de la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ et que la pente de la droite AC est égale au module d'Young E_X du matériau X. Sa valeur est égale à :

$$E_X = \frac{\sigma}{\varepsilon_{el}} = \frac{AB}{CB} = \frac{140,06 \text{ MPa}}{0,2\%} = 70 \text{ GPa}$$

Si l'on calcule le module en utilisant le 3^{ème} indice, on peut construire schématiquement la figure suivante pour évaluer le rapport **R** des énergies élastiques emmagasinées dans le fer et dans le matériau **X** soumis à une même contrainte élastique $\sigma = 63,66$ MPa. En utilisant la définition de l'énergie élastique et en appliquant la loi de Hooke, on obtient la valeur suivante du rapport **R** :

$$R = \frac{W_{\text{élX}}}{W_{\text{élFe}}} = \frac{\left(\frac{1}{2} \sigma \varepsilon_X\right)}{\left(\frac{1}{2} \sigma \varepsilon_{\text{Fe}}\right)} = \frac{\varepsilon_X}{\varepsilon_{\text{Fe}}} = \frac{\frac{\sigma}{E_X}}{\frac{\sigma}{E_{\text{Fe}}}} = \frac{E_{\text{Fe}}}{E_X} = 3$$



Puisque le module d'Young du fer est égal à 210 GPa (tableau 2.4, p. 64 du livre *Des Matériaux*), le module d'Young du matériau **X** est égal à **70 GPa**, ce qui confirme bien la valeur obtenue à partir du 1^{er} indice.

$$E_X = 70 \text{ GPa}$$

b) Limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ du matériau :

Par définition, la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% ($R_{e0,2}$) correspond à la contrainte qui, après suppression, a causé une déformation permanente ε de 0,2%. Dans le cas présent, cette limite d'élasticité $R_{e0,2}$ correspond donc au point **A** de la courbe de traction.

$$R_{e0,2} = \sigma_1 = 140 \text{ MPa}$$

c) Coefficient de Poisson ν du matériau :

Par définition, le coefficient de Poisson ν est égal à la valeur absolue du rapport de la déformation transversale ε_r à la déformation axiale principale ε_z . Le 2^{ème} indice donne la valeur de la déformation transversale ε_r , égale à -0,05 % sous une contrainte de 100 MPa. La déformation axiale principale ε_z n'est pas connue pour cette valeur de la contrainte mais peut être calculée en appliquant la loi de Hooke :

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma}{E_X} = \frac{100 \text{ MPa}}{70 \text{ GPa}} = 0,143\%$$

Le coefficient de Poisson ν est donc égal à : $\nu = \left| \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_z} \right| = \frac{0,05\%}{0,143\%} = 0,35$

$$\nu = 0,35$$

d) Résistance à la traction R_m du matériau :

C'est la contrainte maximale atteinte durant l'essai de traction :

$$R_m = \sigma_4 = 250 \text{ MPa}$$

e) Allongement à la rupture A :

Il est déduit de la longueur finale de l'éprouvette après rupture :

$$A = 28,4 \%$$

f) Matériau **X :**

Avec les valeurs de E et de ν trouvées ci-dessus et en consultant le tableau 2.4 (p. 64 du livre *Des Matériaux*), on en déduit que le matériau **X** est l'aluminium (Al).

Aluminium