

Examen de Sciences des Matériaux
Sylvain CLOUPET

Date : 02/12/15

Durée : 1H30

Documents autorisés : NON

1^{er} partie : Essais mécaniques

Cette partie concerne une série de questions et d'exercices sur les différents essais en mécanique abordés en cours de Sciences de Matériaux à l'ISTIA.

Essai de traction

On souhaite connaître les caractéristiques mécaniques d'un acier utilisé comme renfort du béton armé (Figure 1).

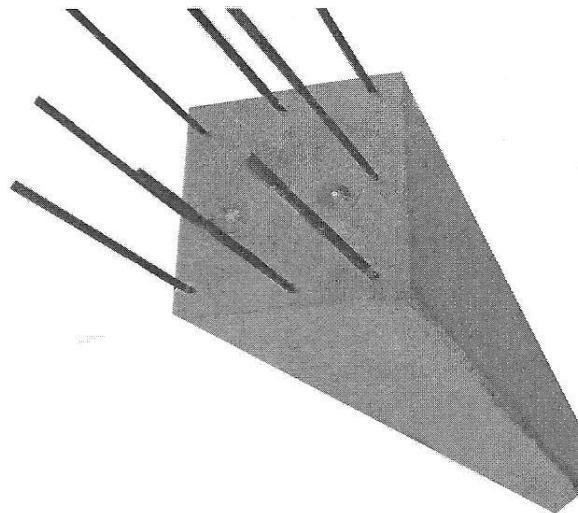


Figure 1. Poutre en béton renforcée par des armatures en acier

Pour cela, une éprouvette de dimensions :

- Diamètre $\phi = 8$ mm
- Longueur initiale de l'éprouvette $L_0 = 100$ mm

a été utilisée pour réaliser un essai de traction. Le résultat Effort – Allongement de cet essai est présenté sur la Figure 2 et un zoom du même essai sur la Figure 3.



Attention aux unités de l'effort sur les graphiques ($\times 10^4$ N)

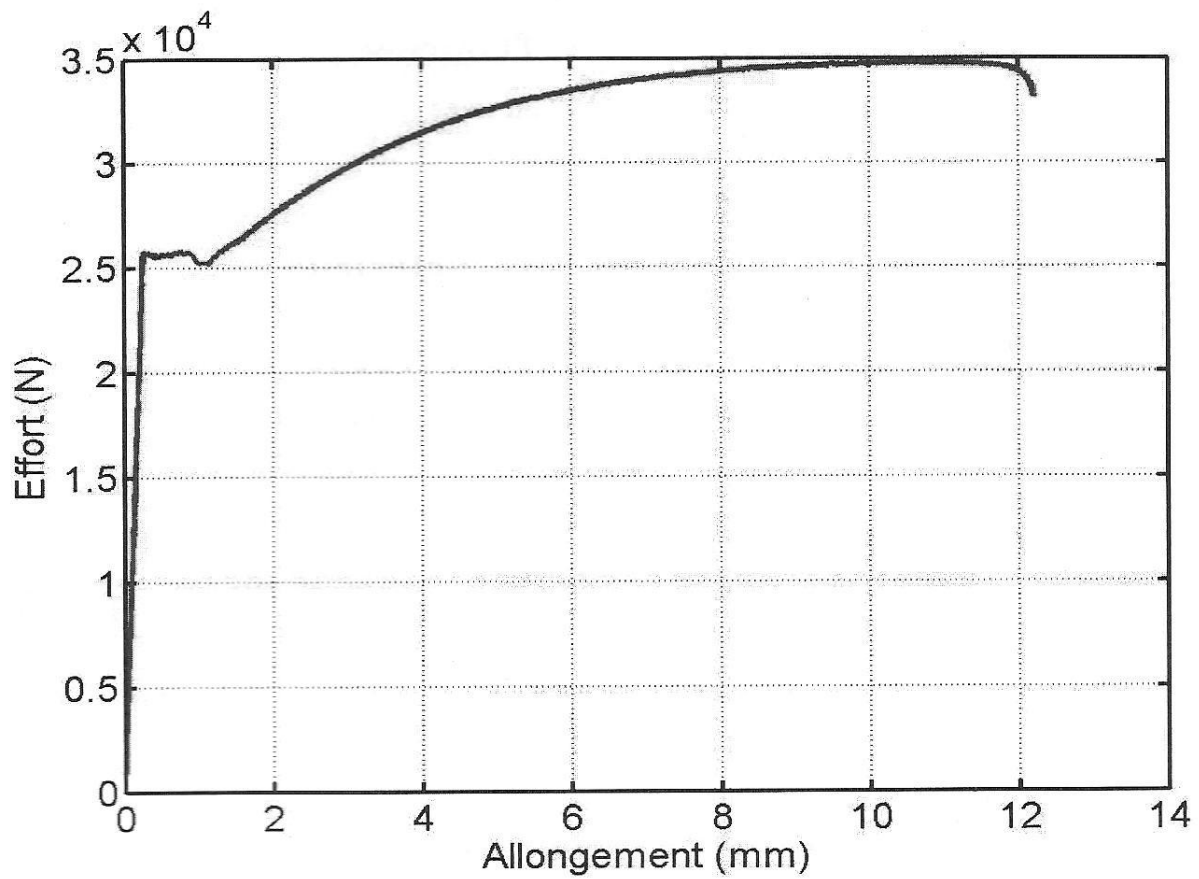


Figure 2. Essai de traction Effort – Allongement.

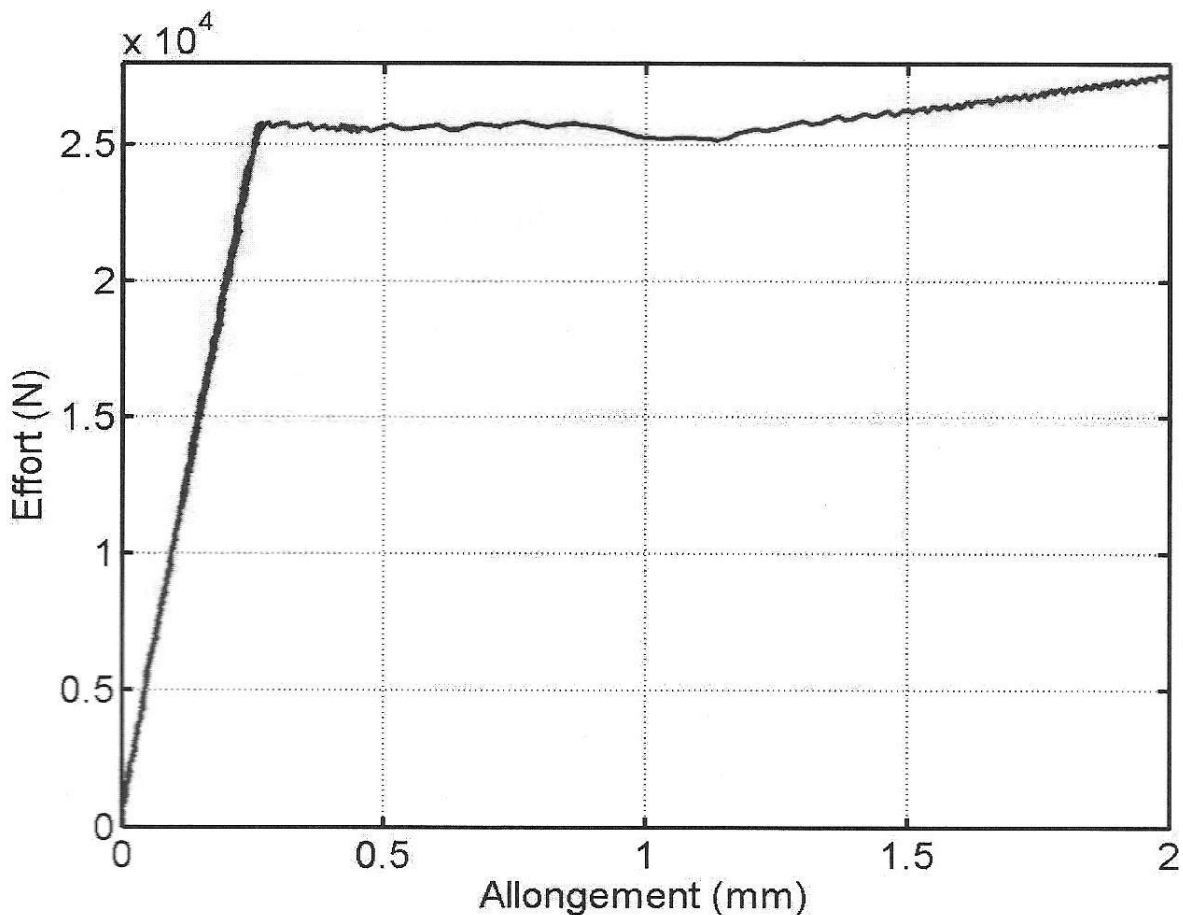


Figure 3. Zoom du début de l'essai de traction Effort – Allongement

On demande, à partir des graphes et des définitions suivantes :

▪ contrainte : $\sigma = \frac{F}{S_0}$ et déformation : $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$

1. Calculer le module d'Young E de ce matériau, la limite d'élasticité conventionnelle $R_{e0,2\%}$ et la limite à rupture R_m .
2. Quelle est la valeur de l'allongement total à rupture $A\%$. Cet acier a-t-il un comportement ductile ? Justifier votre réponse. Quelle est la particularité de la forme de la courbe qui permet également d'obtenir la même conclusion.
3. Pourquoi pouvez-vous dire que le béton armé est un matériau composite. En quoi les armatures en acier sont-elles importantes pour la résistance de ce composite ?

Essai de résilience

Cette poutre, une fois en service, doit pouvoir supporter des chocs importants. Pour vérifier sa résistance aux chocs, un essai de résilience est réalisé sur cet acier.

4. En quoi consiste cet essai ? Quelle grandeur mécanique est utilisée pour mesurer cette propriété mécanique ?

5. La résilience admissible doit être de 50 J/cm², à partir des résultats de l'essai de résilience (Tableau 1). Vérifier que cet acier respecte bien cette contrainte.

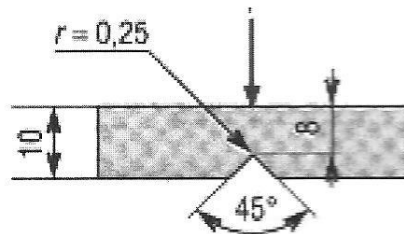
Essais de résilience sur éprouvette entaillée en V

La résilience K est définie par :

$$K = \frac{\text{Energie absorbée } (W_a)}{\text{Section au droit de l'entaille } (S)} \text{ et } W_a = W - W' \\ W_a = mgh - mgh' = mg(h - h')$$

La géométrie de l'éprouvette utilisée et les conditions d'essai sont les suivantes :

- Masse du marteau : 10 kg
- Hauteur de départ : 1,1 m
- L'éprouvette a une entaille en V de dimension : 10x10x55 :



Materiau	K	h'
Acier (Fer à béton)	J/cm ²	0,6107 m

Tableau 1. Conditions d'essai de résilience

6. Est-ce que la réalisation d'un essai de dureté apporterait une information supplémentaire ? justifier et/ou expliquer votre réponse.
7. Qu'est-ce qu'un essai de dureté ?
8. Un matériau fortement résilient, est-il un matériau très dur ? Expliquez votre réponse.

La définition de la dureté Brinell est la suivante :

$$H_B = 0,102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ et } d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Sachant que des essais de dureté brinell ont été réalisés dans les conditions suivantes :

- Bille de diamètre D = 10 mm
- Charge, masse appliquée = 3000 Kg

Les résultats sont en moyenne :

- Diamètres des diagonales de l'empreinte : d₁ = 3,384 mm et d₂ = 3,317 mm

9. Calculer la dureté brinell de cet alliage.
10. Quelle est la caractéristique mécanique estimée à partir d'un essai de fatigue ? Est-elle supérieure ou inférieure à la limite élastique ? Comment est-elle définie à partir des courbes de fatigue ?
11. Quelle est la particularité du chargement de cet essai ?
12. Expliquer comment se propage une fissure en fatigue (un schéma peut améliorer la compréhension.). La réponse doit contenir les mots suivants : amorçage, propagation, rupture.

2^{ème} partie : étude des sollicitations sur les armatures.

La poutre en béton armé une fois installée est sollicitée en compression. Elle dispose d'un nombre « n » d'armature(s) à définir. La poutre en service permettra de soutenir une dalle d'entrepôt de logistique. Elle sera montée en compression de part et d'autre et devra encaisser un effort de cisaillement dû à une charge dynamique tombant d'un matériel de manutention par exemple.

On précise les informations suivantes :

- Les relations qui lient les efforts locaux et globaux sont :
 - $F = \sum_{i=1}^n F_i = nF_i$ où F est l'effort de compression global, appliqué sur les « n » armatures.
 - $T = \sum_{i=1}^n T_i = nT_i$ où T est l'effort de cisaillement global, appliqué sur les « n » armatures.
- Le diamètre de chaque armature est de 8 mm.
- Les armatures sont en acier de résistance élastique $R_{e0,2\%} = 510$ MPa
- Un coefficient de sécurité $s = 2$

On précise les définitions suivantes :

- Définition du critère de von Mises : $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$ avec :

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad \text{et} \quad \tau = \frac{T}{S_0}$$

13. Montrer que la contrainte équivalente de Von Mises au niveau d'une armature s'écrit :

$$\sigma_{eqi} = \frac{1}{nS} \sqrt{F^2 + 3T^2}$$

14. En considérant une sollicitation de compression pure, et en faisant l'hypothèse d'un chargement global $F = 10000$ daN, quelle est le nombre d'armatures noyées dans la poutre pour résister à cette sollicitation.

15. Calculer le même nombre d'armatures en ajoutant une charge dynamique de cisaillement $T = 7500$ daN
16. En gardant le même nombre d'armatures que le résultat de la question 13 et en considérant des armatures de 10 mm de diamètre, quel doit être l'effort tranchant T maxi admissible permettant d'éviter la plastification des renforts.