EXAMEN SEMESTRIEL
Propriétés des matériaux

Licence_Appliquée en Génie Mécanique LA_TGM1 *1ère Année*

Temps alloué : 1h30min **Janvier 2013**

Nom. …………………… **Prénom :** ………………… **Classe :** ………. **N° de place :** ………………………..

UN MANUSCRIT D'UNE SEULE FEUILLE FORMAT A4 EN RECTO-VERSO EST AUTORISE

Enseignants : Ben Nasser M., Brayek M. & Hassine H.

NB : La feuille doit porter le nom de l'étudiant, l'échange est strictement interdit

Barème : 5 pts pour les bacheliers, 10 pts pour les étudiants qui ont été présents et qui ont préparé leur cours, 5 pts pour ceux qui ont assisté au cours et qui ont compris la matière et 1 pt de bonus pour ceux qui veulent s'en profiter.

EXERCICE 1 : QCM (03 PTS)

Cochez la (les) réponse (s) vraie (s)

1. La grandeur de pénétration en nanoindentation est de l'ordre de :

[ ] µm [X] nm [X] 10^{-6}mm

2. Peuvent être considérées comme caractéristiques mécaniques la (l') :

[X] malléabilité [ ] Résistivité [X] Emboutissabilité

3. La striction d'un matériau est évaluée par :

[X] Z% [ ] n [ ] K

EXERCICE 2 : COMPORTEMENT MECANIQUE DES MATERIAUX (9 PTS)

L'exercice consiste à déterminer le comportement mécanique d'un acier ordinaire galvanisé destiné pour la carrosserie automobile. Pour ceci, on dispose d'une éprouvette rectangulaire de cet acier (longueur l_0=50mm, largeur b=10mm et épaisseur a=1.5mm). Pour un allongement de 0.001 mm l'effort relevé par les capteurs de force est de 5450N.

1. Calculer la section initiale de l'éprouvette

La section initiale est donnée par : $S_0 = b.a$; soit S0=10*1.5=15mm2 : S0=15mm2

2. Déduire la force maximale en traction si sa résistance mécanique est : R_m= 650MPa.

On sait que $R_m = \frac{F_m}{S_0}$; soit $F_m = R_m * S_0 = 9750N$

3. Calculer le coefficient de striction Z% si la réduction de la largeur est de 10% (on considère que l'épaisseur reste quasiment constante)

On a : $Z\% = \frac{S_0 - S_u}{S_0} * 100$; avec Su=bu*au=0.9*b*a (réduction de 10% de la largeur et épaisseur supposée constante), d'où : Su=0.9*S0 ; alors on déduit : Z% ≈10%

4. Que devrait être la section à la rupture $\mathbf{S_u}$ pour une éprouvette cylindrique, de même matériau, de même section initiale $\mathbf{S_0}$ et de même condition de réduction de son diamètre initiale (10%).

Même matériau et même section initiale : $S_{0-cyl} = \frac{\pi * d_0^2}{4} = S_{0-rectang} = b * a$;

soit : $d_0 = \sqrt{\frac{b*a*4}{\pi}}$; AN : d_0=4.4mm et puisque $d_u=0.9*d_0$=3.93mm ;

alors : $S_{0-cyl} = \frac{\pi * d_u^2}{4} = 12.15mm^2$; $S_u=12.15mm^2$

Conclure : $S_{u\_cylindrique}=12.15mm^2 < S_{u\text{-}rectangulaire}=13.5mm^2$, d'où à section égale et pour le m^me matériau : une éprouvette rectangulaire offre une meilleure résistance à la striction : cette dernière dépend de la géométrie de l'éprouvette sollicitée

Ne rien Ecrire Ici

5. Calculer **Re** [MPa] pour une déformation élastique ε_e=0.2%. Conclure.

On $\varepsilon_e = \frac{\Delta l_e}{l_0} * 100$; Δl_e=0.001mm ; d'où F_e=5450N et alors $R_e = \frac{F_e}{S_0}$; soit : R_e=363MPa

Puisque ε_e=0.2%, la limite d'élasticité calculée est celle apparente ou conventionnelle $R_{p0.2}$=363MPa.

6. Déduire, donc, le module d'Young **E**. L'exprimer en [GPa]

Dans le domaine a comportement élastique, on écrira : $E=R_e/\varepsilon_e$; Soit E ≈182 GPa

7. Prouver mathématiquement et expliquer par un schéma comment nous pouvons déterminer graphiquement les caractéristiques d'écrouissage de ce matériau si la loi d'écrouissage est de la forme : $\sigma = K.(\varepsilon_0 + \varepsilon_p)^n$; avec : ε_0 :déformation à la limite d'écoulement plastique et ε_p :déformation plastique.

$$\sigma = K.(\varepsilon_0 + \varepsilon_p)^n$$

D'où :

$$Ln(\sigma) = Ln(K.(\varepsilon_0 + \varepsilon_p)^n)$$

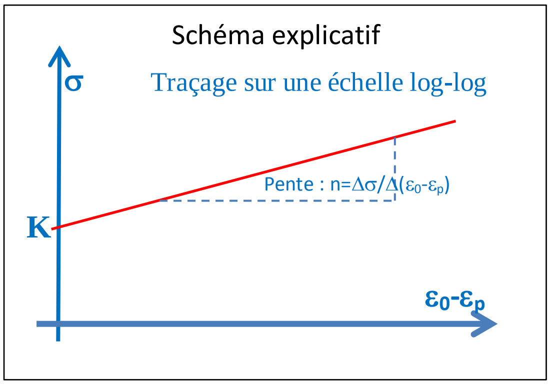
Soit :

$$Ln(\sigma) = Ln(K) + nLn(\varepsilon_0 + \varepsilon_p)$$

Significations physiques de K et n

……………………………………………

……………………………………………



8. On s'adresse dans cette question au comportement de revêtement de galvanisation. Pour ceci, un essai de nanoindentation est réalisé (courbe de la figure 1) sur la couche galvanisée d'une épaisseur de 3µm.

8.1. Décrire l'influence de galvanisation sur les propriétés des surfaces revêtues.

La galvanisation est un traitement de surface par immersion dans un bain liquide. En plus de son effet décoratif (impact sur l'aspect esthétique), ce revêtement industriel permettra d'améliorer, d'une façon significative, la résistance à la corrosion qui s'améliore d'un an environ à 150 ans pour le cas des poteaux de STEG par exemple.

8.2. Relever de la figure 1 les grandeurs : P_{max}, h_{max} et hr. Que présente h_r ?

A partir du graphique on détermine :

P_{max}=10mN

h_{max}= 2250 nm

h_r=1625nm

h_r : représente la profondeur de l'empreinte résiduelle en nanoindentation après retrait de la charge. C-à-d après le retour élastique suite de retour de l'indenteur.

8.3. Illustrer graphiquement sur la **figure 1** l'énergie élastique et l'énergie plastique (utiliser deux couleurs différentes et indexer l'illustration)

Formulation mathématique de la courbe F[mN]=F(h[nm]) :

Loading : Chargement :

$$F = Ch^2$$

Unloading : Déchargement :

$$F = \alpha.(h - h_r)^m$$

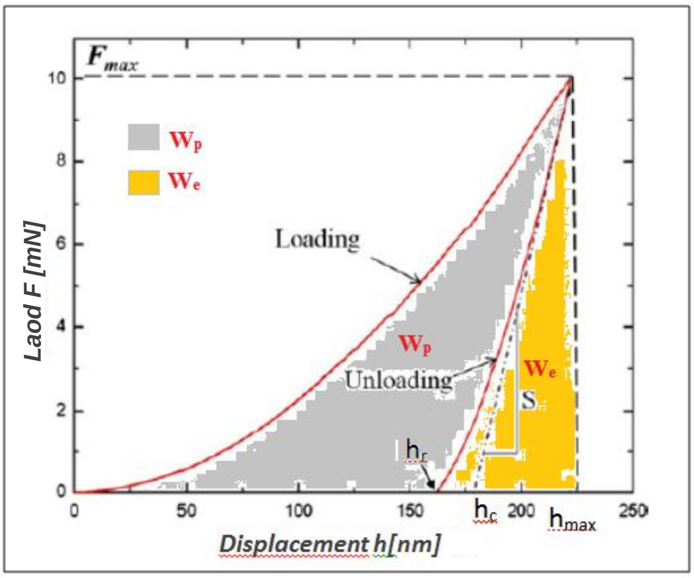


Figure 1

8.4. Déterminer le coefficient C. Préciser son unité.

On a dans le domaine de chargement élastoplastique : $F=C*h^2$, d'où $C=F/h^2$

Alors pour $h=h_{max}$; $C=F_{max}/h^2_{max}$; soit : <u>$C=19.75*10^{-5}$mN/nm^2</u>

8.5. Déterminer graphiquement la pente S (appelée raideur de déchargement élastique) sachant qu'elle est la pente de la phase déchargement relevée à sa pénétration maximale

On déduit du graphique que $S=\Delta F/\Delta h = F_{max}/(h_{max}-h_c)=20.4*10^{-2}$mN/nm

8.6. Etablir l'expression qui permettra de tracer la courbe ci-dessous. Déduire du graphique les valeurs de α et m et calculer par déduction la pente S. Comparer 8.5 et 8.6.

On a $F=\alpha*(h-h_r)^m$

D'où : $Ln(F)=Ln(\alpha) + m*Ln(h-h_r)$

Déduction de m et calcul de α et calculer S. Préciser l'unité de chacun

A partir du graphique, on déduit :

m=1.1339

α=exp(-2.2508)=0.1053

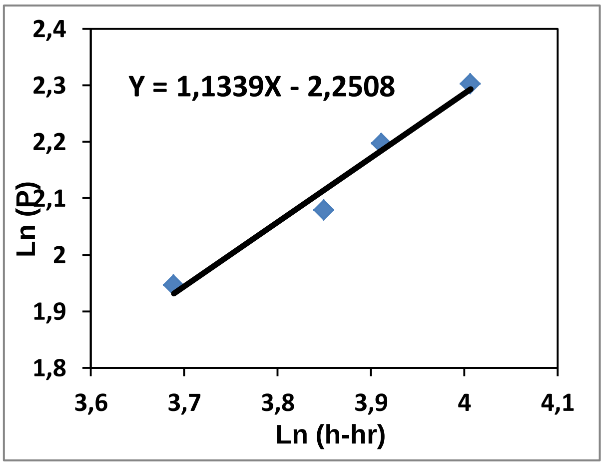
$$S = \left.\frac{dF(h)}{dh}\right|_{h_{max}}$$

Soit: $S(h=h_{max}) = \alpha*m*(h_{max}-h_r)^{m-1} =20.77*10^{-2}$mN/nm

m : un exposant donc sans unité Alors α en mN*nm^{-m}

<u>m=1.1339 ; α=0.1053mN*nm^{-m} et $S=20.77*10^{-2}$mN/nm</u>

- Les deux résultats de raideur S sont comparables

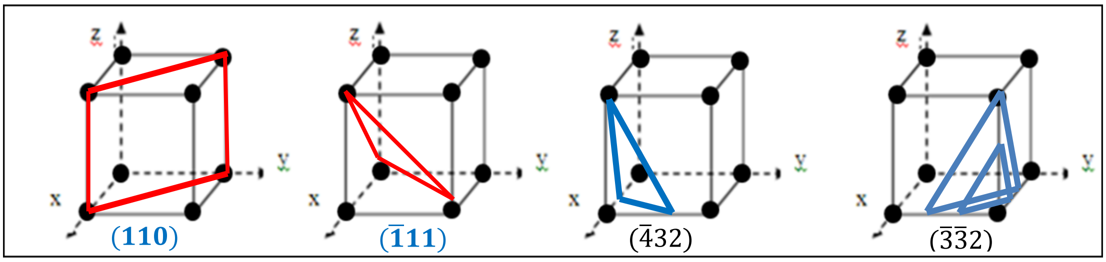


EXERCICE 3: LES STRUCTURES CRISTALINNES (9 PTS)

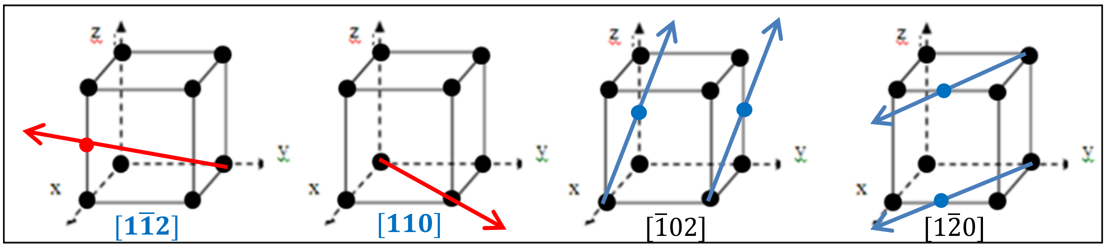
9. Décrire <u>brièvement mais précisément</u> l'intérêt industriel dans l'identification métallurgique et microstructurale des matériaux.

L'identification métallurgique détermine les phases constitutives d'une structure et leurs fraction massiques tandis que celle microstructurale permettra l'identification des structures cristallines et leurs orientations spatiale. Ceci gouverne, en une grande mesure, la tenue en service des matériaux. D'où la nécessité de cette identification pour qu'on puisse choir un matériau adéquat pour une application industrielle donnée.

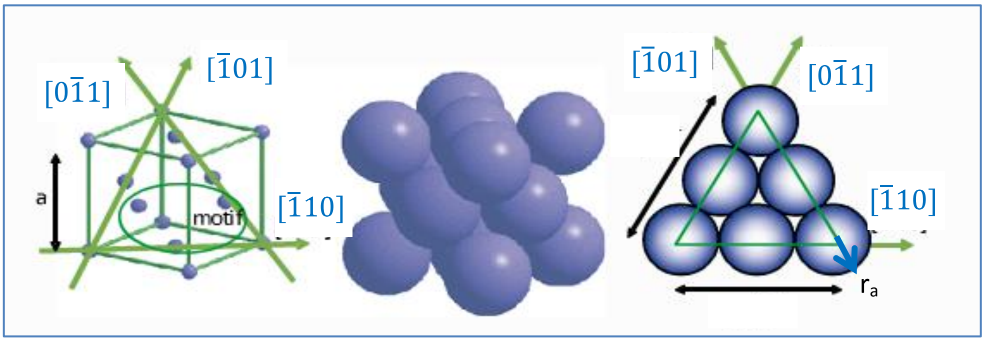
10. Déterminer les indices de Miller (hkl) des plans teintés et tracer les plans demandés.



11. Déterminer les directions présentées en gras [uvw] et tracer les directions demandées.



12. Remplir la figure ci-dessous et déduire la relation entre le paramètre de la maille et le rayon atomique.



Calcul : On $4 * r_a = \sqrt{a^2 + a^2} = a * \sqrt{2}$; soit ; $r_a = \frac{a*\sqrt{2}}{4}$

13. Calculer $a=f(r_a)$ puis démontrer que la compacité des structures HC est : $C_v = \frac{2a\pi}{3c\sqrt{3}}$.

On déduit facilement des graphiques associés que : $a=2*r_a$

D'autre part on a ;

Nombre d'atomes par maille : $3 + 12 * \frac{1}{6} + 2 * \frac{1}{2} = 3$

Compacité : $C = \frac{Volume\ des\ atome\ de\ la\ maille}{Volume\ de\ la\ maille} = \frac{\frac{6*4*\pi*(r_a)^3}{3}}{3a*\frac{a*\sqrt{3}}{2}*c} = \frac{2a\pi}{3c\sqrt{3}}$

Faire l'A. N. pour $\frac{c}{a} = 1.63$

Pour a/c=1/1.63, on trouve :

C=0.74