

EXAMEN SEMESTRIEL
Propriétés et Comportement des Matériaux

Licence Appliquée en Génie Mécanique LA\_GM1

Temps alloué : 1h30min

1ère Année

Janvier 2012

Nom. Prénom : Classe : N° de place :

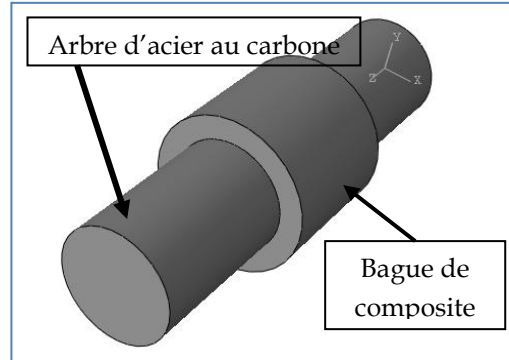
Enseignants : Brayek M., Hassine H. & Ben Nasser M.

DOCUMENTS NON AUTORISES

NB : les parties indépendantes, Gérer bien votre temps et votre concentration.

Présentation

La tenue en service des matériaux dépend de ses propriétés fonctionnelles. La surface d'une pièce mécanique joue un rôle primordial en service, son impact peut conditionner directement plus que 90% de la durée de vie des structures. Le traitement de surface est une technique très répandue comme le cas de nitruration de l'arbre d'acier au carbone. De ce fait, l'épreuve s'adresse à l'étude d'un ensemble arbre-bague extrait d'un guidage en rotation précis destiné pour une machine de pointe.



Données de l'épreuve : montage arbre-bague. Arbre (rayon : r = 12mm, longueur : L=92mm) & bague (rayon intérieur : r = 12mm, rayon extérieur : R =26 mm, largeur : b = 30mm).

PARTIE I. COMPORTEMENT DES METAUX ET DES SURFACES (7 PTS)

Pour assurer la fonction de précision en rotation de l'arbre, un essai de traction est exécuté en vue de déterminer ses propriétés mécaniques.

I. Etude de comportement macroscopique d'un acier au carbone.

I.1. Calculer la section de l'éprouvette à la rupture Su son allongement relatif à la rupture A%. On donne : Z%=2.5% et lu=112mm et l0=92mm. Que caractérisent les indicateurs Z% et A%.

.....
.....
.....
.....

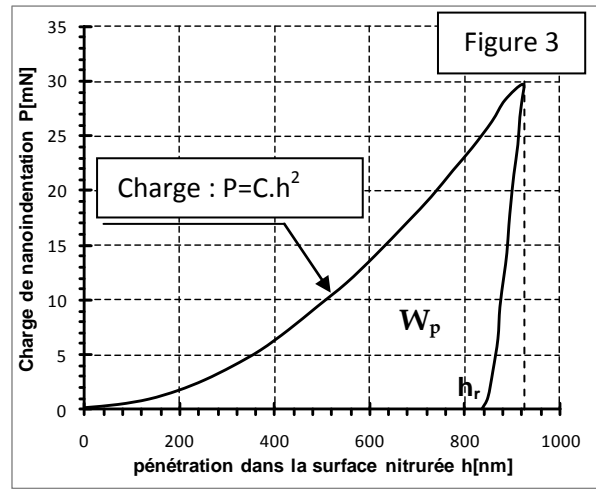
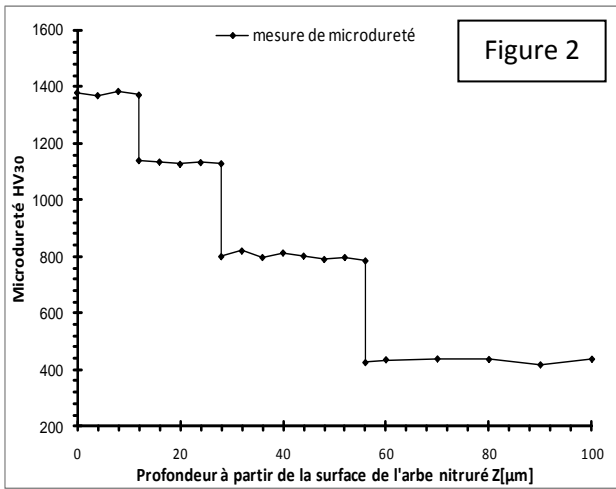
I.2. Démontrer que KIC = (sigma\_y^2 / ((n+1)E)) \* [(1 + (E/sigma\_y) \* epsilon)^(n+1) - 1] sachant que la loi d'écrouissage est définie par : sigma = sigma\_y \* [1 + (E/sigma\_y) \* epsilon]^n. Avec KIC = integral from epsilon\_e to epsilon\_r of sigma d epsilon, (E, sigma\_y et n des constantes et epsilon\_e << epsilon\_r).

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



2. Comportement de la surface de l'arbre : Cas du traitement de nitruration.

Pour améliorer la tenue en service des surfaces mécaniques de l'arbre en acier au carbone, un traitement de surface par nitruration (diffusion d'azote) est mis en œuvre. Pour caractériser ce traitement de surface, des essais de microdureté (figure 2) et de nanoindentation (figure 3) ont été réalisées comme l'indiquent les figures ci-dessous.



2.1. Pouvez-vous dégager l'impact du comportement de surface sur la tenue en service des pièces mécaniques. Citer des exemples industriels.

.....

2.2. Relever de la figure 2, le nombre des couches de traitement (l'illustrer sur la même figure). Déduire l'épaisseur et la dureté de chacune de ces couches.

.....

2.3. Pouvez-vous dégager l'intérêt industriel de nitruration à trois couches pour des différentes duretés au lieu d'avoir un traitement monocouche possédant la dureté maximale de l'ordre de 1400 HV<sub>30</sub>.

.....

3. Nanodureté de traitement superficiel de nitruration.

3.1. Relever de la courbe de nanodureté (figure 3) la valeur de **P<sub>max</sub>** et **h<sub>max</sub>**. Déduire la grandeur de **C** et préciser son unité.

.....

3.2. Déterminer l'expression de l'énergie totale  $W_t = W_p + W_e$ . Faire l'application numérique pour calculer  $W_t$ ,  $W_p$  et  $W_e$  sachant que  $\frac{W_p}{W_t} = \frac{h_r}{h_{max}}$ .

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

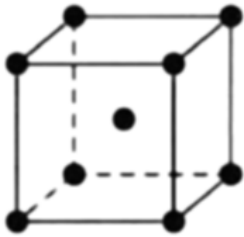
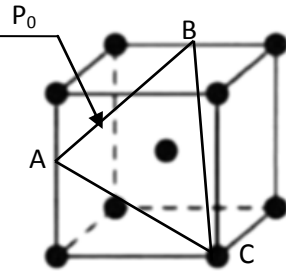
**PARTIE II. IDENTIFICATION DES STRUCTURES CRISTALLINES (7 PTS)**

En vue de comprendre le comportement macroscopique de nuance d'acier au carbone constitué majoritairement de ferrite qu'en vise à identifier dans la suite sa structure CC.

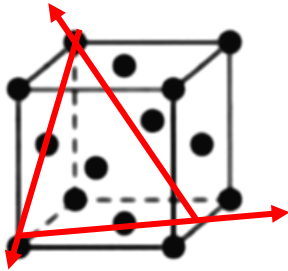
4. Les plans cristallins d'une structure CC.

4.1. Soit le plan  $P_0$  (tableau ci-dessous) passant par les Points A, B et C. Relever leurs coordonnées par rapport à l'origine : A (... ;... ;... ) ; B (... ;... ;... ) et C (... ;... ;... ).

4.2. Remplir le tableau suivant en traçant les plans demandés.

Tracer le plan (101)	Plan (.....)	Démarche																				
		Déduire les indices de Miller à partir des calculs retrouvés ci-dessous. <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>i.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>2i.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>3i.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>4i.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </table> <i>i.</i> : Intersections, <i>2i</i> : Inverses, <i>3i</i> même dénominateur, <i>4i</i> : Indice de Miller		a	b	c	i.	.	.	.	2i.	.	.	.	3i.	.	.	.	4i.	.	.	.
	a	b	c																			
i.	.	.	.																			
2i.	.	.	.																			
3i.	.	.	.																			
4i.	.	.	.																			
Tracer le plan (110)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déterminer l'équation du plan passant par A, B et C. Déduire les intersections avec les axes de repère et remplir la case de la démarche.</li> </ul> <p>.....          .....          .....          .....          .....          .....</p>																					

5. Les inclusions en austénite résiduel de structure CFC ont un impact direct sur le comportement de l'arbre en acier au carbone. On vous demande donc :

Donner les directions [uvw]	Caractérisation préliminaire des systèmes de glissement
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculer les distances interatomiques <math>d_{\langle uvw \rangle}</math> (distance entre deux atomes successifs) pour chaque direction.            D1 : .....            .....            D2 : .....            .....</li> <li>Dans quelle direction (D1, D2 ou D3 s'active la déformation plastique si le plan P1 est celui de glissement. Justifier.            .....            .....            .....</li> </ul>

**PARTIE III. PROPRIETES DES POLYMERES ET DES COMOSITES (7 PTS)**

La bague est constituée d'un matériau composite à matrice polymère renforcé de fibre continue (*selon la direction parallèle à celui de traction*) en silicium SiC. La fraction volumique de la matrice est  $f_{vm}=73\%$ . La bague est soumise à une pression interne ( $p$ ) de 20 MPa exercée par l'arbre entraînant une contrainte tangentielle maximale :  $\sigma_\tau = \frac{pD}{2e}$  ( $p$  : pression interne,  $D$  : diamètre extérieur,  $e$  : épaisseur de la bague)

6. Décrire brièvement les principales caractéristiques des polymères

.....  
 .....

7. Calculer la masse moléculaire en nombre  $\bar{M}_n$  de la matrice polymère constituant la bague et son degré moyen de polymérisation  $\bar{X}$ . (Consulter le tableau de l'annexe)

.....  
 .....

8. Calculer le module d'Young de la bague composite  $E_c$ . ( $E_m=10GPa$ ,  $E_f=500GPa$ ).

.....  
 .....

9. Calculer  $\epsilon_{mf}$  et  $\epsilon_{mm}$ . Conclure. (Avec  $R_{mf}=2500 MPa$  et  $R_{mm}=280 MPa$ )

.....  
 .....

10. Tracer, alors, l'allure schématique de la courbe de traction d'un échantillon en traction du composite sur la figure 4 (Soigner la limite élastique et le stade de rupture).

11. Déduire  $R_{mc}$ .

.....  
 .....

12. Déterminer la contrainte tangentielle maximale admissible par la bague composite. La bague supporte-t-elle la charge exercée par l'arbre. Si non proposer une solution.

.....  
 .....

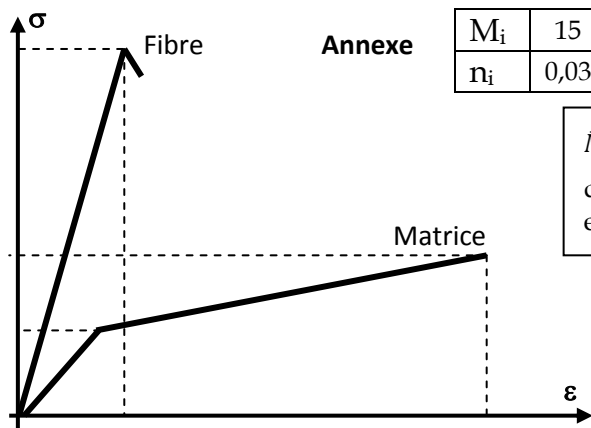


Figure 4

Annexe

$M_i$	15	25	35	45	55	65	75	85	95
$n_i$	0,03	0,09	0,15	0,25	0,22	0,14	0,08	0,04	0,12

$\bar{M}_n = \frac{\sum n_i \cdot M_i}{\sum n_i}$  ;  $\bar{X} = \frac{\bar{M}_n}{M_0}$  ; Avec  $M_0$  : **Masse moléculaire** de polymère. Ici le Téflon  $C_2F_4$  avec  $M_c=12.01 g/mol$  et  $M_F = 19 g/mol$

$$R_{mc} = R_{mf} \cdot V_f + (1 - V_f) \cdot \sigma_m$$

$$R_{mc} = \sigma_f \cdot V_f + (1 - V_f) \cdot R_{mm}$$

Avec  $\sigma_m = E_m \cdot \epsilon_f$  si  $\epsilon_f < \epsilon_m$

Avec  $\sigma_f = E_f \cdot \epsilon_m$  si  $\epsilon_f > \epsilon_m$