

DGET ISET du Kef	Examen Semestriel	Documents non Autorisés
Dép. DGM	Caractérisation des Matériaux	Durée : 1h30min
Module Matériaux	1ère Année Licence Appliquée en Génie Mécanique	Juin 2014
Nom : Prénom : Classe :		Classes : TGM11-6
		B. Nasser Mohamed / Hichem Hassine

✂

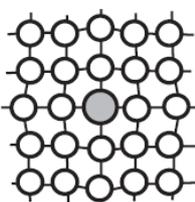
MISE EN SITUATION

Le comportement macrostructural des matériaux est étroitement lié à leur microstructure. La quelle, est identifiée par l'empilement spatial de ses atomes (ou plus précisément de ses ions pour le cas des métaux). A ce stade, l'empilement spatial détermine en une grande mesure le comportement élastoplastique des structures cristallines.

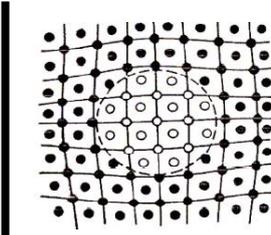
L'épreuve (en trois parties indépendantes et parfois des questions indépendantes) traite ses deux aspects de microstructure et de comportement mécaniques des métaux et des composites.

PARTIE 1 : STRUCTURES CRISTALLINES (7PTS)

1. Cocher la seule bonne réponse en identifiant le type de chaque défaut structural

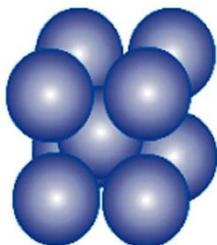


Auto-interstitiel	
Hétéro-interstitiel	X
Lacune	



Ponctuel	
Surfacique	
Volumique	X

2. Les structures suivantes sont

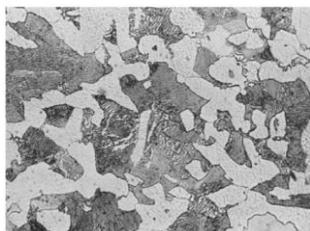


HC	
CFC	
CC	X

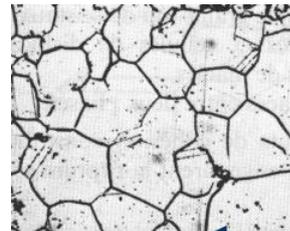


HC	
CFC	X
CC	

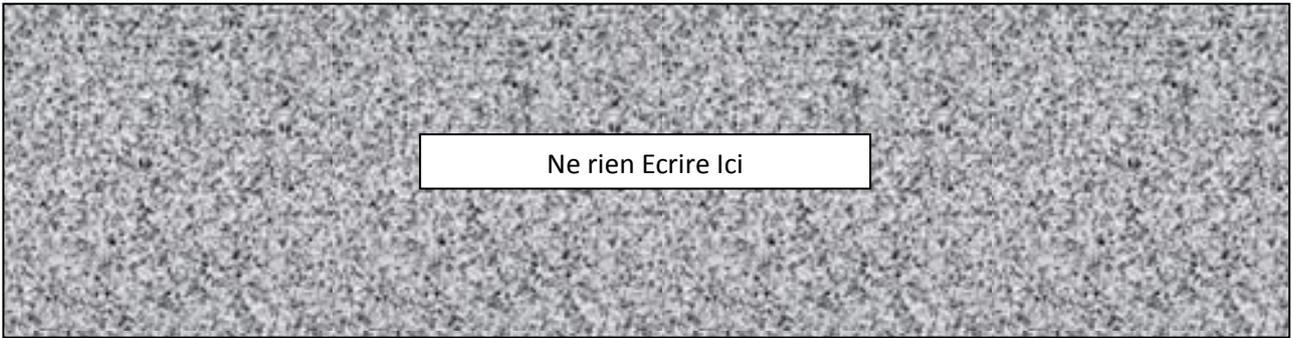
3. Affecter les noms des structures suivantes aux microscopies optiques : Monophasée, biphasée ou triphasée.



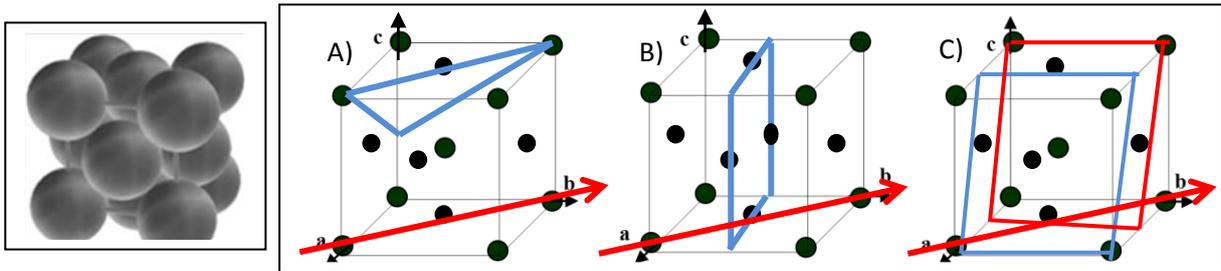
Biphasée



Monophasée



4. Traçage des directions cristallines des structures CFC



4.1. Sur la figure A) tracer le plan $(11\bar{2})$

4.2. Déterminer les indices de Miller du plan cristallin tracé sur la figure B)

Plan parallèle à l'axe (a) et à l'axe (c) et coupe l'axe (b) en 1/2, d'où le plan s'écrit : (020)

4.3. Déterminer les indices de Miller d'un plan cristallin qui passe par les trois points $H_1(1/2, 1, 1)$; $H_2(1, 1, 0)$ et $H_3(1/2, 0, 1)$. Illustrer le résultat en retraçant le plan trouvé sur la figure C).

- Soit l'équation de ce plan : $ax+by+cz=1$ (Premier plan)
- Les trois points H_i vérifient l'équation du plan, d'où : $a=1$, $b=0$ et $c=1/2$
- $b=0$, alors le plan à tracer parallèle à l'axe (b)
- On pose M1 l'intersection du plan avec l'axe (x) et M2 son intersection avec l'axe (z), on obtient l'équation du plan : $(\bar{2}0\bar{1})$ ou (201)

4.4. Retracer sur les trois figures la direction $[\bar{1}10]$. Vérifier par les calculs si la dite direction appartient (ou non) à chacun des trois plans déterminés en 4.1.

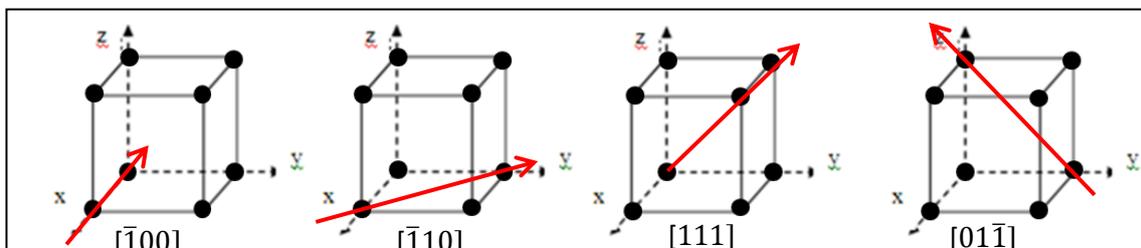
Plan A) : $-1*1+1*1+2*0=0$, d'où l'axe $[\bar{1}10]$ est incluse dans le plan $(11\bar{2})$

Plan B) : $-1*0+1*2+0*0=2$, d'où l'axe $[\bar{1}10]$ n'est pas incluse dans le plan (020)

Plan C) : $-1*2+1*0+0*1=-2$, d'où l'axe $[\bar{1}10]$ n'est pas incluse dans le plan (201)

Les trois résultats sont aussi vérifiés graphiquement sur les mailles A), B) et C)

5. Tracer les droites cristallines mentionnées sur les quatre structures cubiques suivantes. Les classer de plus denses au moins dense.

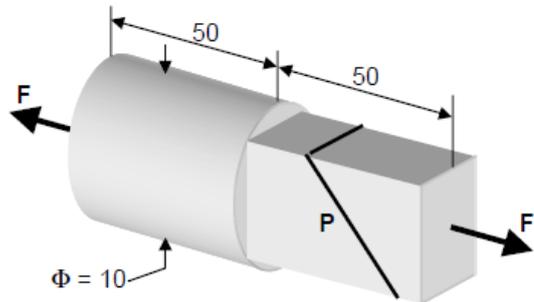


La direction $[\bar{1}00]$ est la plus dense, puis $[\bar{1}10] \equiv [0\bar{1}1]$ et la direction $[111]$ est celle la moins dense.

PARTIE 2 : CARACTERISATION MECANIQUE D'UN ACIER DOUX (7PTS)

La barre représentée ci-dessous est soumise à une force axiale de traction égale à 14 500 N dans le domaine élastique. Son allongement élastique total est égal à 2 mm. Les données relatives au problème sont les suivantes :

- On néglige les concentrations possibles de contraintes;
- Les cotes sont données en millimètres.



6. Quelle est la contrainte (en MPa) développée dans chacune des sections?

Section cylindrique : $S_{cyl} = \pi * 5^2 = 78.54 \text{ mm}^2$, d'où $\sigma_{cyl} = \frac{14500}{78.54} = 184.62 \text{ MPa}$

Section carrée : $S_{carrée} = \sqrt{\frac{10^2}{2}} = 50 \text{ mm}^2$, d'où : $\sigma_{carr} = \frac{14500}{50} = 290 \text{ MPa}$

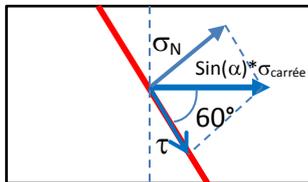
7. Quel est le module d'Young (en GPa) du matériau dont est faite cette barre?

On a $F_{cyl} = F_{carrée} = 14500 \text{ N}$ et $\Delta l_t = 2 \text{ mm} = \Delta l_{carrée} + \Delta l_{cylindrique}$

On écrira la loi de Hooke et l'expression de la déformation pour les deux sections, on démontre :

$$E = \frac{50 * (\sigma_{cyl} + \sigma_{carrée})}{\Delta l_t}, \text{ soit } E \approx 12 \text{ GPa}$$

8. Quelle est la valeur (en MPa) de la contrainte normale σ et de la contrainte tangentielle τ s'exerçant dans le plan P faisant un angle α de 60° avec l'axe de la barre?



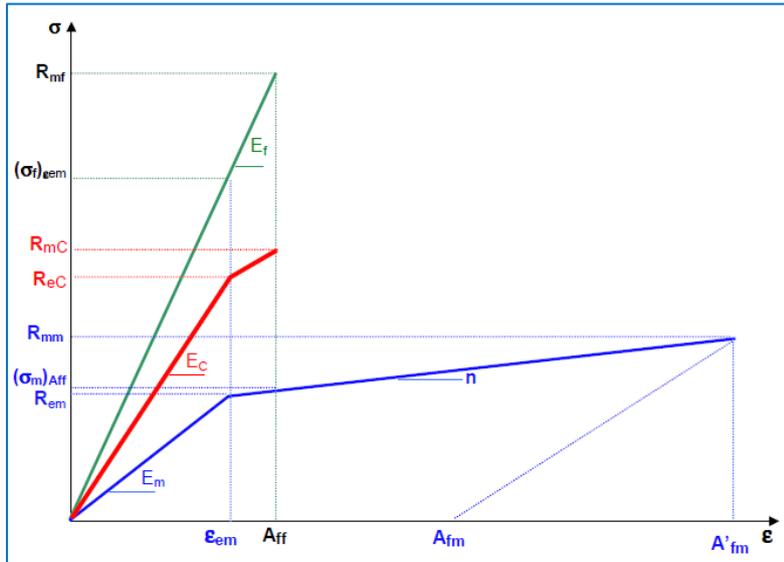
On démontre que la section du plan P vaut : $S_p = S_{carrée} / \sin(\alpha)$
 D'où : $\sigma_N = \sigma_{carr} * \sin(\alpha)^2$ et $\tau = \sigma_{carrée} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)$
 AN : $\sigma_N = 217.5 \text{ MPa}$ et $\tau = 125.6 \text{ MPa}$

PARTIE 3 : COMPORTEMENT DE MATERIAUX COMPOSITES (7PTS)

Un composite à matrice métallique est fait d'une matrice d'alliage d'aluminium (Al) renforcée de fibres longs continues (selon la direction de la charge) de carbure de silicium (SiC). La fraction volumique V_f de fibres est égale à 35% et les propriétés des composants sont données au tableau suivant.

	Unités	Al	SiC
Module d'Young E	GPa	70	500
Limite d'élasticité Re	MPa	280	-
Résistance à la traction Rm	MPa	520	2500
Allongement à la rupture A_{fm} %	%	11.66	-

9. Sans faire aucun calcul, compléter le graphique ci-dessous



- Expliquer pourquoi le matériau composite subira une déformation plastique linéaire avant sa rupture
Avant la contrainte R_{em} le composite obéira au comportement élastique de la fibre et de la matrice. Par la suite le composite suit l'écroutissage linéaire de la matrice
- Compléter l'illustration graphique des différentes caractéristiques mécaniques des fibres, de la matrice et du composite

10. Etablir l'expression puis calculez le module d'Young E (en GPa) du composite.

On applique la règle des mélanges : $E = V_f \cdot E_f + (1 - V_f) \cdot E_m$

AN $E_m = 220.5 \text{ GPa}$

11. Calculez l'allongement A_c (en %) du composite à l'instant de sa rupture.

Par convention, l'allongement final A_c du matériau composite à la rupture est égal à l'allongement A_{ff} des fibres à l'instant de leur rupture (rupture des fibres avant la matrice). Comme les fibres ont un comportement fragile, il suffit d'appliquer la loi de Hooke à :

D'où : $A_c = A_{ff} = \frac{R_{mf}}{E_f}$; soit $A_c = 0.5\%$

12. Vérifier par les calculs que le composite présentera une transition élastique-plastique avant sa rupture.

Pour vérifier si la courbe de traction de la composite présente une transition « élastique – plastique », c'est-à-dire une limite d'élasticité, il faut vérifier si la matrice a commencé à se déformer plastiquement avant que les fibres ne se rompent. C'est le cas de figure représentée ci-dessus. Il faut donc vérifier si la déformation ϵ_{em} , atteinte dans la matrice à sa limite d'élasticité, est inférieure à A_{ff} :

$\epsilon_{em} = \frac{R_{em}}{E_m} = \frac{280}{70000} = 0.4\%$ inférieur à A_{ff}

On constate que la déformation élastique de la matrice ϵ_{em} est inférieure à A_{ff} . Donc le composite présentera une limite d'élasticité sur sa courbe de traction

13. Calculez la limite d'élasticité R_{ec} (en MPa) du composite. Consulter formulaire.

$R_{ec} = V_f \cdot \sigma_{ef} + (1 - V_f) R_{em} = V_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{em} + (1 - V_f) R_{em}$

Soit : $R_{ec} = 882 \text{ MPa}$

14. Sachant que $\sigma_{mm} = R_{em} + n(A_{ff} - \epsilon_{em})$. Déterminer graphiquement (n) de 6. puis déduire σ_{mm} .

On déterminera graphique $n = 2000 \text{ MPa}$ puis on appliquera la formule ci-dessus pour calculer finalement : $\sigma_{mm} = 282 \text{ MPa}$

15. Calculer donc, $R_{mc} = V_f \cdot (\sigma_f)_{\epsilon_{em}} + V_m \cdot \sigma_{mm}$

En portant cette valeur dans l'équation ci-dessus et avec les autres valeurs numériques connues, on obtient ainsi la valeur de la résistance à la traction R_{mc} du composite : $R_{mc} = 1058 \text{ MPa}$

Formulaire :

$R_{ec} = V_f \cdot \sigma_{ef} + (1 - V_f) R_{em}$, avec $\sigma_{ef} = E_f \cdot \epsilon_{em}$, si $\epsilon_{em} < \epsilon_{ef}$

$R_{ec} = V_f \cdot R_{ef} + (1 - V_f) \sigma_{em}$, avec $\sigma_{em} = E_m \cdot \epsilon_{ef}$, si $\epsilon_{em} > \epsilon_{ef}$