

|                                                                                                                               |                                                              |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| NOM :                                                                                                                         | <b>Corrigé Final PS40</b><br><b>Partie Matériaux AU 2010</b> | Note :<br><div>/20</div> |
| Durée : <b>50mn</b> . Calculatrice <u>autorisée</u> . Aucun document personnel n'est autorisé.<br>Téléphone portable interdit |                                                              |                          |

Pour chaque réponse, on expliquera la démarche qui conduit au résultat proposé. Les expressions mathématiques seront exprimées littéralement avant d'être éventuellement calculées de façon numérique.

### **EXERCICE 1** 6

On applique une contrainte de traction à un monocristal d'argent dans une direction [001]. Si un glissement se produit dans un plan (111) suivant une direction [101] lorsqu'une contrainte de 1,1 MPa est appliquée, calculez la contrainte de scission critique de glissement.

$\sigma_e$  est de 1,1 MPa suivant la direction [001]. Le glissement s'effectue dans le plan (111) suivant une direction [101].

On sait que  $\tau_c = \sigma_e \cdot \cos\varphi \cdot \cos\lambda$

$\varphi$  est l'angle entre la perpendiculaire au plan de glissement et la direction de traction. Ici entre [111] et [001].

$\lambda$  est l'angle entre la direction de glissement et la direction d'application de la force. Ici entre [101] et [001].

Par conséquent :

$$\cos\varphi = \frac{(1 \times 0) + (1 \times 0) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 1^2 + 1^2) \times (0^2 + 0^2 + 1^2)}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{et} \quad \cos\lambda = \frac{(1 \times 0) + (0 \times 0) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (0^2 + 0^2 + 1^2)}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Et } \tau_c = 1,1 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,45 \text{ MPa}$$

## EXERCICE 2

8

Un monocristal de cuivre (CFC) possède une contrainte de scission critique  $\tau_c = 0,65$  MPa. Calculer la limite élastique du cuivre si la force est appliquée suivant une direction  $[121]$ .

**Aide** des professeurs extrêmement sympathiques : on rappelle qu'il sera nécessaire de considérer 4 plans de glissement de la famille  $\{111\}$  chacun possédant 3 directions de glissement du type  $\langle 110 \rangle$ . Un total de 12 systèmes de glissement sera donc obtenu.

$\tau_c$  est de 0,65 MPa. La force est appliquée suivant la direction  $[121]$ . Le glissement s'effectuera dans le système de glissement donc le facteur de Schmidt est le plus important ( $\cos\phi \cdot \cos\lambda$ ).

- Considérons tout d'abord le plan  $(111)$  et ses directions associées ( $[\bar{1}\bar{1}0]$ ,  $[10\bar{1}]$  et  $[01\bar{1}]$ ) :

$$\text{Avec } (111) \text{ on obtient } \cos\phi = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 1^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{4}{\sqrt{18}}$$

$$\text{Avec } [\bar{1}\bar{1}0] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(1 \times 1) + (-1 \times 2) + (0 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{-1}{\sqrt{12}}$$

$$\text{Avec } [10\bar{1}] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(1 \times 1) + (0 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{0}{\sqrt{12}}$$

$$\text{Avec } [01\bar{1}] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(0 \times 1) + (1 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{1}{\sqrt{12}}$$

- Considérons maintenant le plan  $(\bar{1}\bar{1}1)$  et ses directions associées ( $[110]$ ,  $[101]$  et  $[01\bar{1}]$ ) :

$$\text{Avec } (\bar{1}\bar{1}1) \text{ on obtient } \cos\phi = \frac{(-1 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 1^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{2}{\sqrt{18}}$$

$$\text{Avec } [110] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{3}{\sqrt{12}}$$

$$\text{Avec } [101] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(1 \times 1) + (0 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{2}{\sqrt{12}}$$

$$\text{Avec } [01\bar{1}] \text{ on obtient } \cos\lambda = \frac{(0 \times 1) + (1 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{1}{\sqrt{12}}$$

- Considérons maintenant le plan  $(1\bar{1}\bar{1})$  et ses directions associées ( $[110]$ ,  $[10\bar{1}]$  et  $[011]$ ) :

$$\text{Avec } (1\bar{1}\bar{1}) \text{ on obtient } \cos\phi = \frac{(1 \times 1) + (-1 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 1^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{0}{\sqrt{18}}$$

Avec  $[110]$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{3}{\sqrt{12}}$

Avec  $[10\bar{1}]$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(1 \times 1) + (0 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{0}{\sqrt{12}}$

Avec  $[011]$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(0 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{3}{\sqrt{12}}$

- Considérons maintenant le plan  $(11\bar{1})$  et ses directions associées  $(\bar{1}10), [101]$  et  $[011]$  :

Avec  $(11\bar{1})$  on obtient  $\text{Cos}\varphi = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 2) + (-1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 1^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{2}{\sqrt{18}}$

Avec  $\bar{1}10$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(-1 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{1}{\sqrt{12}}$

Avec  $[101]$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(1 \times 1) + (0 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{2}{\sqrt{12}}$

Avec  $[011]$  on obtient  $\text{Cos}\lambda = \frac{(0 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 1)}{\sqrt{(1^2 + 0^2 + 1^2) \times (1^2 + 2^2 + 1^2)}} = \frac{3}{\sqrt{12}}$

Seuls deux systèmes de glissement :  $(\bar{1}11)$  et  $[110]$  ainsi que  $(11\bar{1})$  et  $[011]$  donnent le  $\text{cos}\varphi.\text{cos}\lambda$  le plus grand :  $\frac{2}{\sqrt{18}} \times \frac{3}{\sqrt{12}} = 0,408$

Donc :  $\sigma_e = \frac{\tau_c}{\text{cos}\varphi.\text{cos}\lambda} = \frac{0,65}{0,408} \approx 1,6 \text{ MPa}$

### EXERCICE 3

6

A l'aide du diagramme TTT fourni (acier 0,45% de C), déterminez la microstructure finale d'un échantillon ayant subi les traitements décrits ci-dessous. Dans chaque cas, on part d'une température de 840 °C ayant été maintenue assez longtemps pour que l'acier possède une microstructure 100 % austénitique et homogène.

1

1°) Refroidissement rapide à 250°C, (voir figure : )  
Donc environ 90% de martensite

1

2°) Refroidissement rapide à 500°C , maintien à cette T° pendant 1000 secondes puis refroidissement rapide à 400°C et maintient pendant 10 secondes puis refroidissement rapide à l'ambiante   
100% Bainite

1

3°) Maintient à 840°C pendant 104 secondes. Refroidissement rapide à l'ambiante.   
100% martensite

1

4°) Refroidissement rapide à 600°C, maintien à cette température pendant une seconde, puis refroidissement rapide à 500°C, maintien à cette température pendant 1000 secondes et enfin refroidissement rapide à l'ambiante.   
50 % perlite et 50% bainite

**Décrivez maintenant, en justifiant, un traitement thermique permettant d'obtenir un acier :**

1

5°) à 50% de perlite fine et 50% de martensite : 

1

6°) contenant de la ferrite, de la perlite, de la bainite, mais pas de martensite.

Plusieurs solutions, en voici une : 

