



Université de Relizane
Faculté des Sciences et Technologie
Département de Génie Mécanique
-2021/2022-
S3- MASTER II



Défauts et Déformation Plastique

Corrigé TD2

Solution Exercice 1

Déterminer la contrainte de traction qui est appliquée le long de l'axe [110] d'un cristal d'argent pour provoquer un glissement sur le système (111) [011]. La contrainte de cisaillement critique résolue est de 6 MPa.

$$\cos\theta = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + l_1l_2}{\sqrt{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + k_2^2 + l_2^2}}$$

$$\cos\theta = \frac{[110][011]}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} \cdot \sqrt{(0)^2 + 1^2 + 1^2}} = \frac{1}{2}$$

$$\cos\varphi = \frac{[110][111]}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} \cdot \sqrt{(1)^2 + 1^2 + 1^2}} = \frac{2}{\sqrt{2}\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{6}}$$

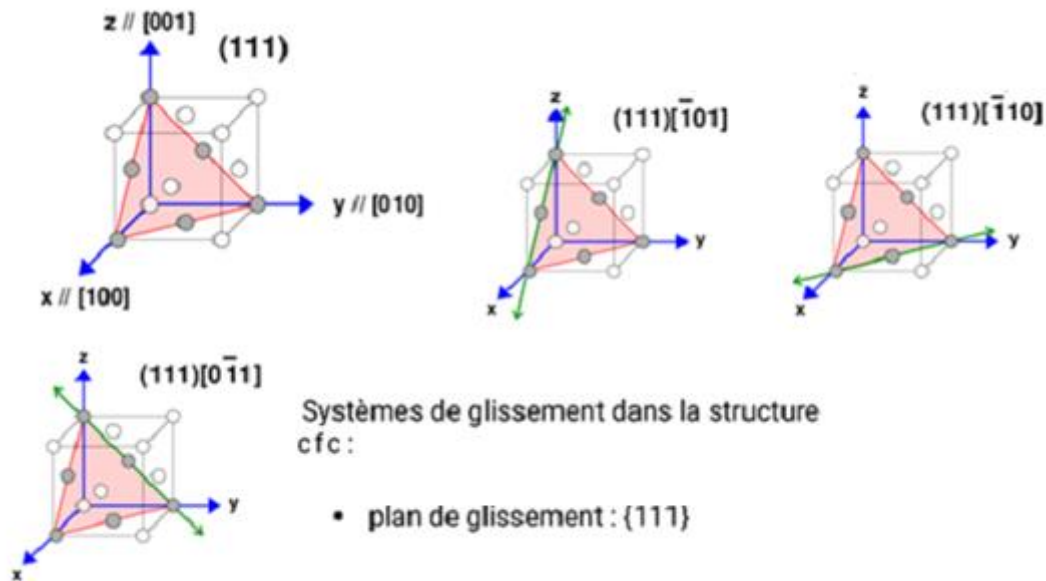
La contrainte critique de cisaillement est donnée par la loi de Schmid :

$$\tau^* = \sigma_a \cos\theta \cdot \cos\varphi$$

$$6 = \sigma_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{6}} \Rightarrow \sigma_a = 14,7 \text{ MPa}$$

Solution Exercice 2

Un monocristal CFC est sollicité selon la direction $[\bar{1}23]$. Il contient quatre plans de glissement de type {111}, avec chacun trois directions denses $\langle 110 \rangle$, ce qui constitue 12 systèmes de glissement. Il s'agit de savoir lequel va fonctionner le premier. On peut calculer les 12 facteurs de Schmid correspondants.



On calcule tous les facteurs de Schmid. La valeur la plus élevée est celle du premier glissement.

La méthode est comme suit :

Numéro	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
Plan	(111)	(111)	(111)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)
Direction	[0 $\bar{1}$ 1]	[10 $\bar{1}$]	[$\bar{1}$ 10]	[011]	[101]	[1 $\bar{1}$ 0]
Facteur de Schmid	0,18	...	...	...	...	...

Numéro	c_1	c_2	c_3	d_1	d_2	d_3
Plan	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)
Direction	[0 $\bar{1}$ 1]	[$\bar{1}$ 0 $\bar{1}$]	[110]	[011]	[10 $\bar{1}$]	[1 $\bar{1}$ 0]
Facteur de Schmid	...	...	...	...	...	...

$$\cos\theta = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + l_1l_2}{\sqrt{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + k_2^2 + l_2^2}}$$

$$\cos\theta = \frac{[123][0\bar{1}1]}{\sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} \cdot \sqrt{(0)^2 + (-1)^2 + (1)^2}} = \frac{1 \cdot (0) + 2 \cdot (-1) + 3 \cdot (1)}{\sqrt{14}\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{14}\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{7}} = 0.19$$

$$\cos\varphi = \frac{[123][111]}{\sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} \cdot \sqrt{(1)^2 + (1)^2 + 1^2}} = \frac{6}{\sqrt{14}\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{7}} = 0.93$$

Le facteur de Schmid égale à :

$$S = \cos\theta \cdot \cos\varphi$$

$$S = 0.19 * 0.93 = 0.18$$

Solution Exercice 3

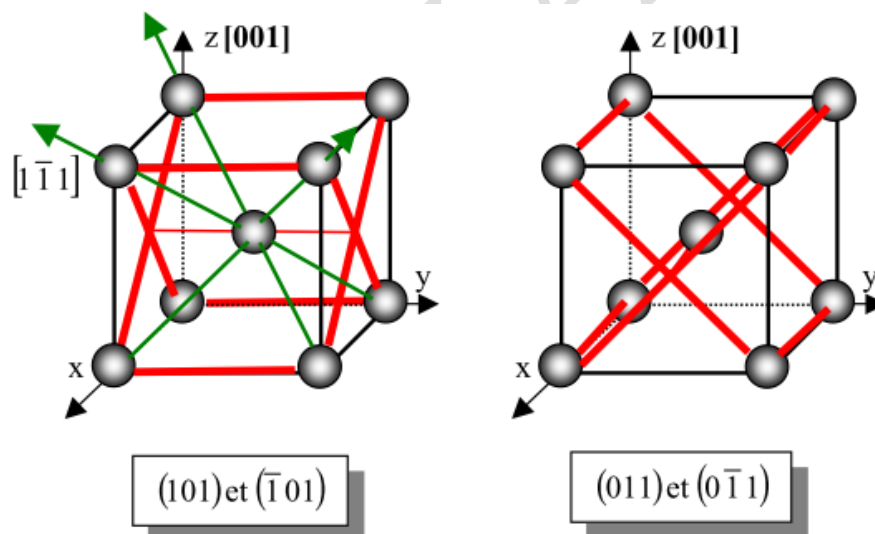
À température ambiante, on réalise une essai de traction sur un monocristal de fer α , qui est de structure cubique centrée (CC). Le monocristal a une section S_0 égale à 1 cm^2 . L'axe de traction est parallèle à la direction $[001]$ du monocristal. On constate l'apparition des premiers signes de glissement cristallographique irréversible quand la force appliquée atteint $6,8 \text{ kN}$.

a) Quel est le type de système de glissement actif dans le fer α ?

Ra) Le glissement cristallographique se produit dans les plans de plus forte densité atomique et dans les directions de plus forte densité atomique contenues dans ces plans. Dans le cas de la structure cubique centrée (CC), un système de glissement est donc de type $(110) [111]$.

b) Pour l'orientation de traction choisie, combien y a-t-il de systèmes particuliers de glissement qui ont pu être activés à l'apparition des premiers signes de glissement cristallographique ?

Rb) Nombre de systèmes particuliers de glissement potentiellement activés avec la direction de traction alignée selon la direction $[001]$ du monocristal, la position des plans de glissement de type $\{110\}$ qui sont favorablement orientés pour être actifs est présentée à la figure ci-dessous :

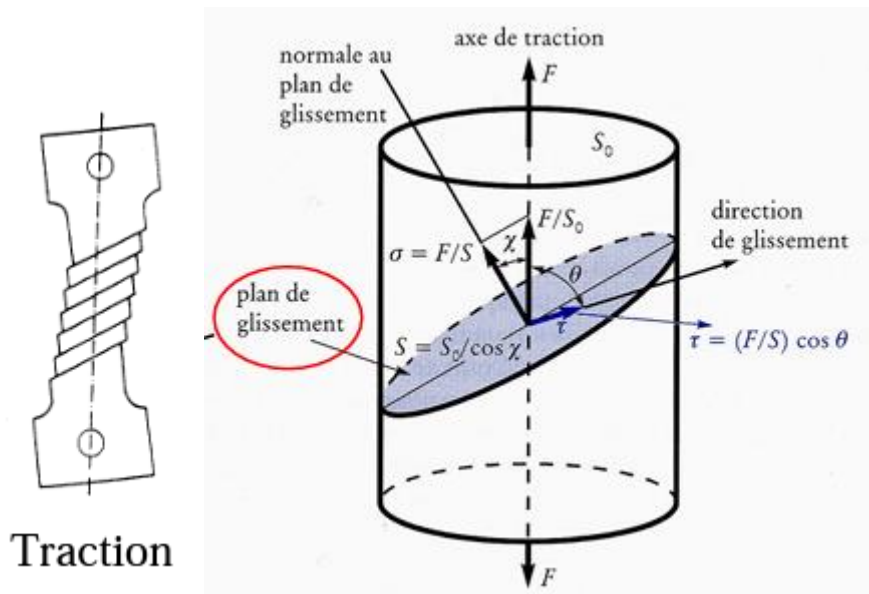


L'angle χ , fait par la direction de traction et la normale d'un de ces plans, est égal à 45° .

Dans chacun de ces plans, il y a deux directions de grande densité atomique de type $\langle 111 \rangle$; ce sont les grandes diagonales du cube dont certaines sont tracées sur la figure ci-dessus. L'angle θ , fait par la direction de traction et l'une de ces directions, est le même pour toutes les directions et peut être obtenu grâce au produit scalaire de la direction $[001]$ de traction et d'une de ces directions, par exemple la direction $[1\bar{1}1]$:

Il y aura donc au total $4 \times 2 = 8$ systèmes particuliers de glissement qui pourront être activés quand la cission critique t^* de mise en mouvement sera atteinte sous l'effet de la force de traction.

- c) Quelle est la valeur (en MPa) de la cission τ^* critique de mise en mouvement des dislocations dans le fer ?



Rc) Cette cission est donnée par la loi de Schmid :

$$\tau^* = \sigma_0 \cos \theta \cdot \cos \chi$$

Ici la contrainte nominale σ_0 pour laquelle apparaissent les premiers signes de glissement est égale à F/S_0 . On obtient donc :

$$\tau^* = \frac{F}{S_0} \cos \theta \cdot \cos \chi$$

Avec les données numériques disponibles (F, S_0, θ et χ), on obtient une valeur de la cission critique :

$$\tau^* = 27.8 \text{ MPa}.$$

- d) Quelle devrait être la valeur de la limite proportionnelle d'élasticité d'un polycristal de fer ?

Comme un polycristal est formé d'un très grand nombre de petits grains orientés au hasard, il y existe toujours une certaine fraction de grains pour lesquels le facteur de Schmid $\cos \theta \cos \chi$ a sa valeur maximale, égale à $\frac{1}{2}$ pour $\theta = \chi = 45^\circ$. C'est dans ces grains qu'apparaîtront les premiers signes de glissement cristallographiques irréversibles, ce qui correspond à la limite proportionnelle R_e du matériau. Nous avons donc cette simple relation :

$$R_e \approx 2 \tau^* = 55,6 \text{ MPa}$$

Solution Exercice 4

Un monocristal de nickel a une contrainte de cisaillement critique de $5,7 \text{ MPa}$. Si une contrainte de $13,7 \text{ MPa}$ est appliquée le long de la direction $[001]$ de la maille élémentaire, alors quelle

sera la contrainte de cisaillement résolue pour le système de glissement $(111)[0\bar{1}1]$? Le cristal va-t-il glisser ?

$$\text{Facteur de Schmid} \rightarrow \cos\theta\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{6}}$$

$$\tau^* = \sigma_a \cos\theta \cos\varphi$$

$$\tau = \sigma_a \cos\theta \cos\varphi = 13.7 * \frac{1}{\sqrt{6}} = 5.59 \text{ MPa}$$

$$5.59 \text{ MPa} < 5.7 \text{ MPa}$$

La valeur trouvée est inférieure à la contrainte critique de cisaillement et par conséquent il n'y a pas de glissement.