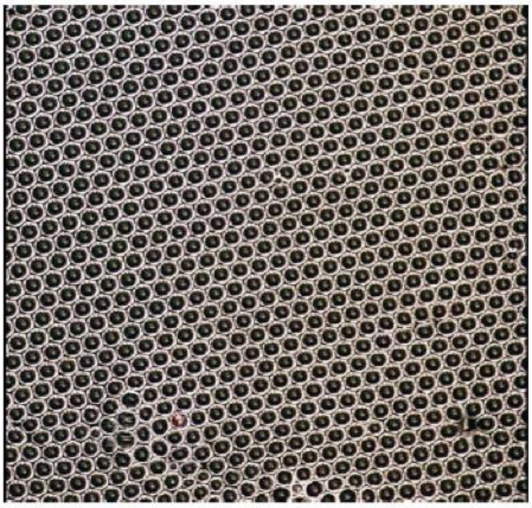
Déformation – Série 5

1. Défauts cristallins

Un moyen aisé de visualiser un réseau cristallin consiste à utiliser des bulles de savon. Identifier sur l'image ci-dessous les défauts suivants :

1. Un atome substitutionnel
2. Un atome interstitiel
3. Une lacune
4. Une dislocation



2. Dislocations

2.1 Considérons un matériau d'une structure cristalline cfc contenant une dislocation droite qui est caractérisée par :

$$\vec{b} = \frac{a}{2}\begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \vec{t} = \frac{1}{\sqrt{6}}\begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}$$

a) Quel est le caractère de cette dislocation ?
b) Son plan de glissement est-il un plan dense de la structure cfc ?

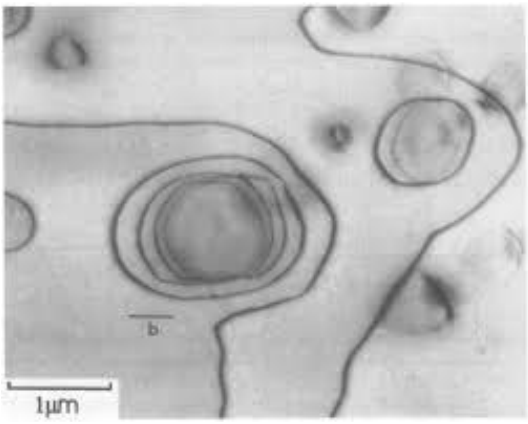
2.2 Considérez deux dislocations parallèles, dont les vecteurs de Burgers sont respectivement:

$$\overrightarrow{b_1} = \frac{a}{2}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{b_2} = a\begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

a) Quel serait le vecteur de Burgers résultant d'une combinaison de ces deux dislocations ?
b) Une telle combinaison est-elle énergétiquement favorable ?

3. Boucles d'Orowan

Montrez quantitativement pourquoi les boucles d'Orowan ont tendance à former des ellipses et non pas des cercles parfaits.



4. Mécanisme et contrainte d'Orowan

Dans un alliage durci par précipitation, l'augmentation de résistance est largement due au mécanisme d'Orowan. La limite d'élasticité varie alors comme l'inverse de la distance entre précipités puisque la contrainte critique pour laquelle les dislocations peuvent contourner des précipités non-déformables est donnée par :

$$\tau_c = \frac{2Gb}{d}$$

où d est la distance entre précipités.

Un durcissement implique que la limite d'élasticité de l'alliage doit être supérieure à la limite d'élasticité de la matrice. Celle-ci est approximée par G/1000.

Partant de ce constat, montrez que l'espacement interparticulaire doit être inférieur à 0.5 μm pour qu'un durcissement selon le mécanisme d'Orowan ait lieu (faites le calcul pour b = 0.25 nm).

5. Interaction de deux dislocations

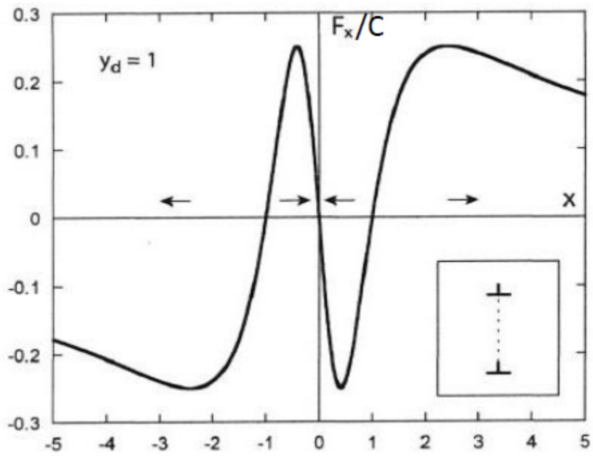
Soit deux dislocations coins droites parallèles (**t** // **z**), de vecteurs de Burgers parallèles orientés suivant **x**, distants de $\Delta y = 1\ \mu m$.

a. Montrer que la force par unité de longueur qu'exercent les dislocations l'une sur l'autre dans la direction **x** s'exprime par : $F_x = C\dfrac{x(x^2-1)}{(x^2+1)^2}$, avec $C = \dfrac{Gb^2}{2\pi(1-\nu)}$. Donner également l'expression de F_y et F_z.

b. A quelle valeur de Δx entre les dislocations correspond la position d'équilibre ?

c. Expliquer comment on peut calculer la force par unité de longueur à vaincre pour pouvoir séparer définitivement les dislocations de leur position d'équilibre. Si vous le pouvez, trouvez les valeurs de Δx et F_x/C correspondant à l'attraction maximum. A quel angle entre les deux dislocations cela correspond-il ? Précisez les unités de Δx et F_x/C .

d. A partir de quelle valeur de Δx les dislocations se repoussent-elles naturellement ?



Champ de contrainte d'une dislocation coin en coordonnées cartésiennes (ligne de dislocation alignée avec l'axe z) :

$$\sigma_{xx} = \frac{-Gb}{2\pi(1-\nu)}\frac{y(3x^2+y^2)}{(x^2+y^2)^2} \qquad \sigma_{yy} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)}\frac{y(x^2-y^2)}{(x^2+y^2)^2}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)}\frac{x(x^2-y^2)}{(x^2+y^2)^2} \qquad \sigma_{zz} = \nu(\sigma_{xx}+\sigma_{yy})$$