



Université de Relizane

Faculté des Sciences et Technologie

Département de Génie Mécanique



-2021/2022-

Défauts et Déformation Plastique

S3- MASTER II

COURS 02

III- Calcul de Frenckel

Le concept de dislocation a pour origine le profond désaccord entre la théorie et l'expérience concernant la déformation plastique (permanente) des cristaux par cisaillement. La limite élastique théorique d'un cristal correspond à la contrainte la plus faible nécessaire pour obtenir la déformation plastique la plus petite possible. Plus précisément, dans cette hypothèse, la contrainte de cisaillement τ doit fournir le travail s'opposant aux forces de cohésion (Fig. 6). Soit U l'énergie de cohésion du cristal, et considérons un déplacement u . U est minimale pour $u=0$ et $u=a$, (où a correspond au paramètre du réseau cristallin) et passe par un maximum pour $u=a/2$.

En identifiant U avec le travail de la contrainte, on voit que, à chaque valeur de déplacement u on doit exercer une contrainte de :

$$\tau = \frac{dU}{du}$$

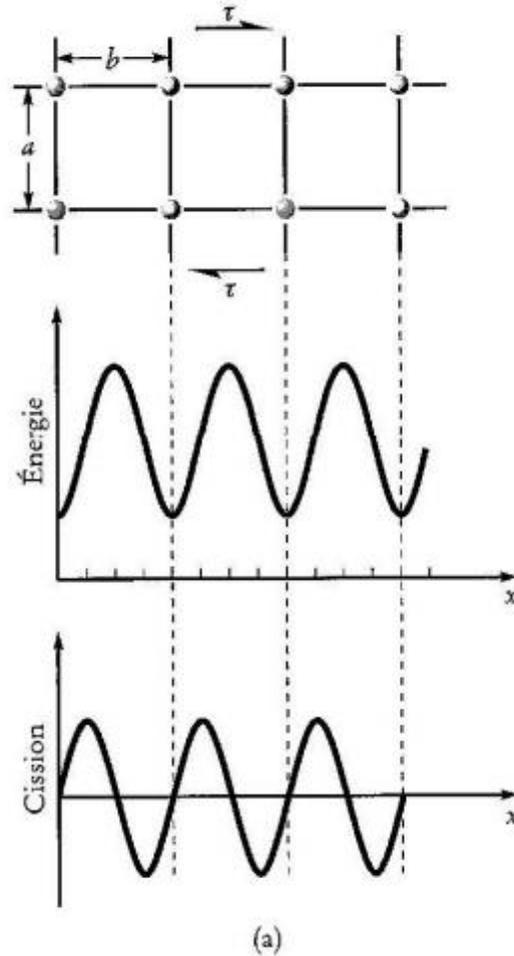


Fig. 6 : Etude du glissement de deux plans atomiques l'un sur l'autre ; \mathbf{b} =distance interatomique dans un plan cristallin, \mathbf{a} =distance interréticulaire, $\boldsymbol{\tau}$ =contrainte de cisaillement, parallèle aux plans **A** et **B** et dans le plan de la figure, \mathbf{x} =déplacement du plan **A** par rapport au plan **B** compté à partir d'une position d'équilibre ($\boldsymbol{\tau} = \mathbf{0}$).

Cette contrainte est donc nulle pour $u=0$ et $u=a/2$, et est périodique de période \mathbf{b} :

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\tau}_0 \sin\left(\frac{2\pi u}{b}\right)$$

La valeur maximale de cette contrainte qui donnerait la limite élastique théorique est $\boldsymbol{\tau}_0$. D'autre part, pour les faibles valeurs de u/b , cette équation peut être linéarisée et identifiée à la loi de Hooke de l'élasticité. Avec $\boldsymbol{\mu}$ le module de cisaillement on a donc :

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\tau}_0 \left(\frac{2\pi u}{b}\right)$$

D'où :

$$\boldsymbol{\tau}_0 \approx \frac{\boldsymbol{\mu}}{2\pi}$$

La limite élastique devrait être de l'ordre de grandeur du dixième du module de cisaillement

$$\tau = \mu\gamma = \frac{\mu u}{a}$$

Avec μ est le module de cisaillement

La contrainte de cisaillement critique théorique à laquelle le réseau devient instable est la valeur maximale de :

$$\tau_{cr} = \frac{b}{a} \frac{\mu}{2\pi} \approx \frac{\mu}{2\pi} \approx \frac{\mu}{6}$$

L'approche de Frenkel a le mérite de suggérer que dans un empilement d'atomes, les plans de glissement les plus propices sont les plans réticulaires les plus denses, pour lesquels les extrema de la fonction $\tau(x)$ sont les plus marqués. Le glissement dans ces plans se fait le long des rangées denses pour les mêmes raisons. C'est ce que confirme l'expérience en général. Leur déplacement peut alors provoquer une déformation même pour de faibles niveaux de contrainte.

En 1934, trois chercheurs, Taylor, Orowan et Polanyi, établirent indépendamment que la présence d'imperfections cristallines à l'intérieur des matériaux pouvait expliquer cette divergence.

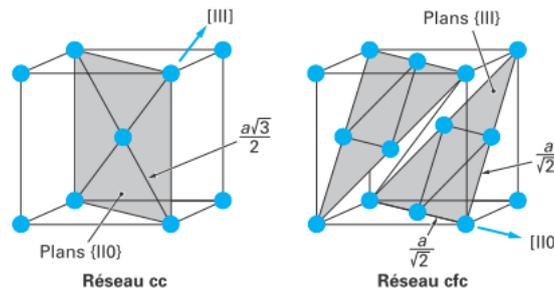


Fig. 7 : Directions et plans de glissement dans les structures CFC, CC

Dans ces conditions, le glissement relatif des deux parties du cristal ne se fait pas en bloc, mais grâce à la propagation de ces imperfections le long d'une direction et dans un plan donné, selon les directions et les plans les plus denses (Fig.7). Leur déplacement peut alors provoquer une déformation même pour de faibles niveaux de contrainte.

Ces imperfections sont les dislocations. Ce sont des défauts linéaires qui se déplacent le long des plans atomiques. De tels défauts permettent une déformation plus facile car la majeure partie du cristal demeure inaltérée.

IV- Description géométrique

Il existe deux types de dislocations droites : les dislocations coin et les dislocations vis. En pratique, les dislocations présentent souvent, en proportion donnée, le caractère coin et le caractère vis : on parle alors de dislocations mixtes. Ces dislocations sont courbes (ou gauches) et en chaque point on peut les décomposer en une composante coin et une composante vis.

- Dislocation coin

Géométriquement, une dislocation coin peut être comprise comme résultant de l'introduction d'un demi plan atomique à l'intérieur d'un cristal parfait. L'emplacement de la dislocation est défini comme la limite de ce demi plan supplémentaire dans le cristal par ailleurs parfait (Fig. 8).

La déformation est identique à celle créée en introduisant un plan supplémentaire d'atomes à la partie supérieure du cristal. Les atomes du demi-cristal supérieur sont comprimés, les autres sont dilatés.

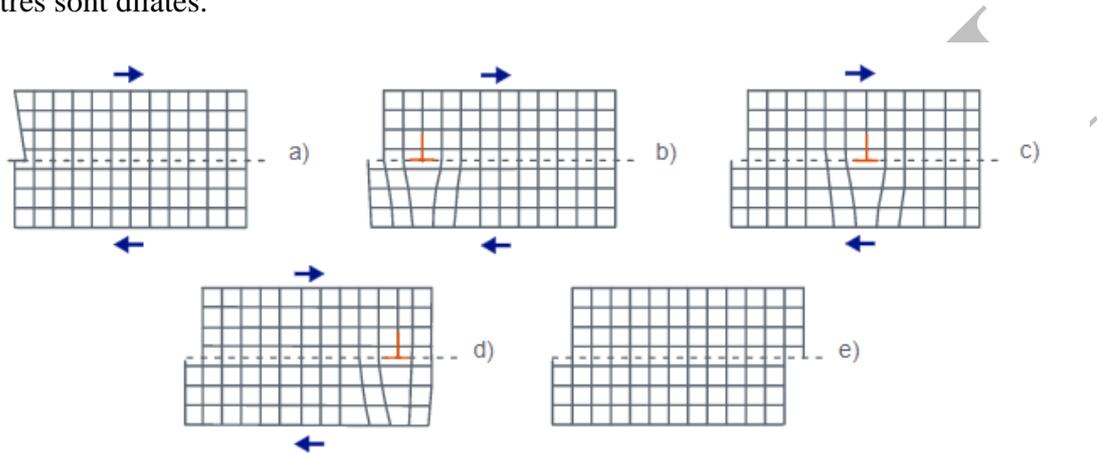


Fig. 8 : Structure d'une dislocation coin

- Dislocation vis

On peut se représenter une dislocation vis en imaginant que l'on fait une entaille dans le cristal et que l'on fait glisser l'un des bords de cette entaille par rapport à l'autre d'une distance interatomique.

Une dislocation vis transforme les plans atomiques successifs en une surface hélicoïdale d'où son nom (voir Fig. 9).

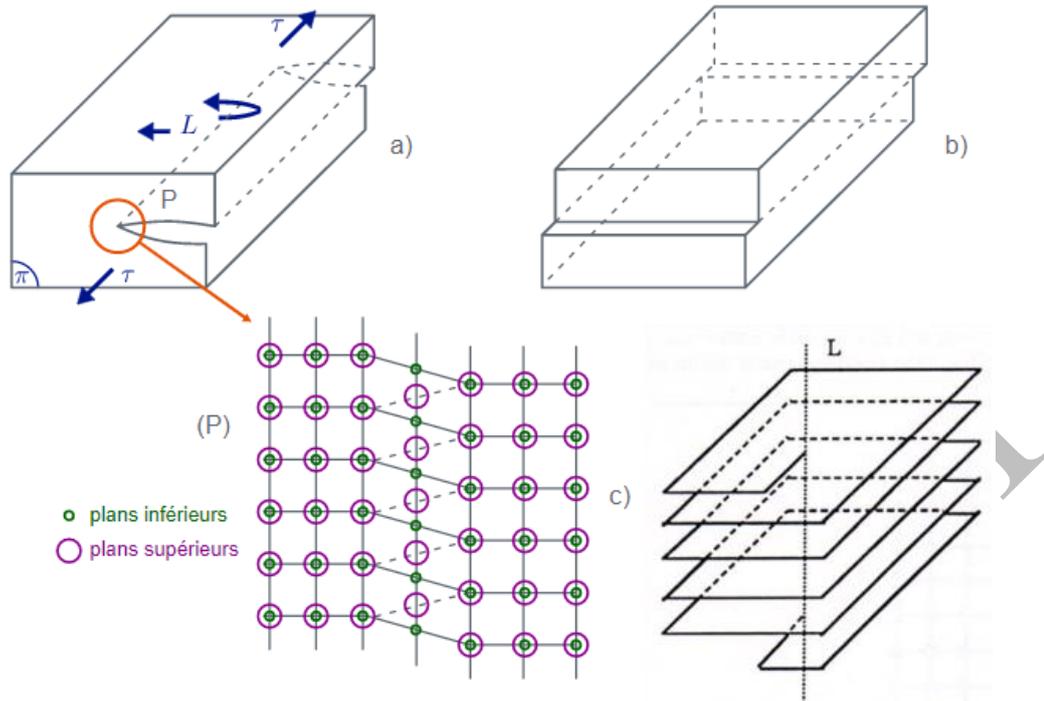


Fig. 9 : Structure d'une dislocation vis : la ligne verticale passant par A qui marque l'emplacement de la dislocation est entourée de matériau déformé

- **Dislocation mixte**

Dans le cas général, la dislocation a un caractère dit mixte, où le vecteur de Burgers \vec{b} et le vecteur unitaire \vec{u} de la ligne forment un angle quelconque.

La ligne de dislocation est de manière générale courbe, la dislocation présente de fait des portions à caractère mixte.

Dr. ZOUHA

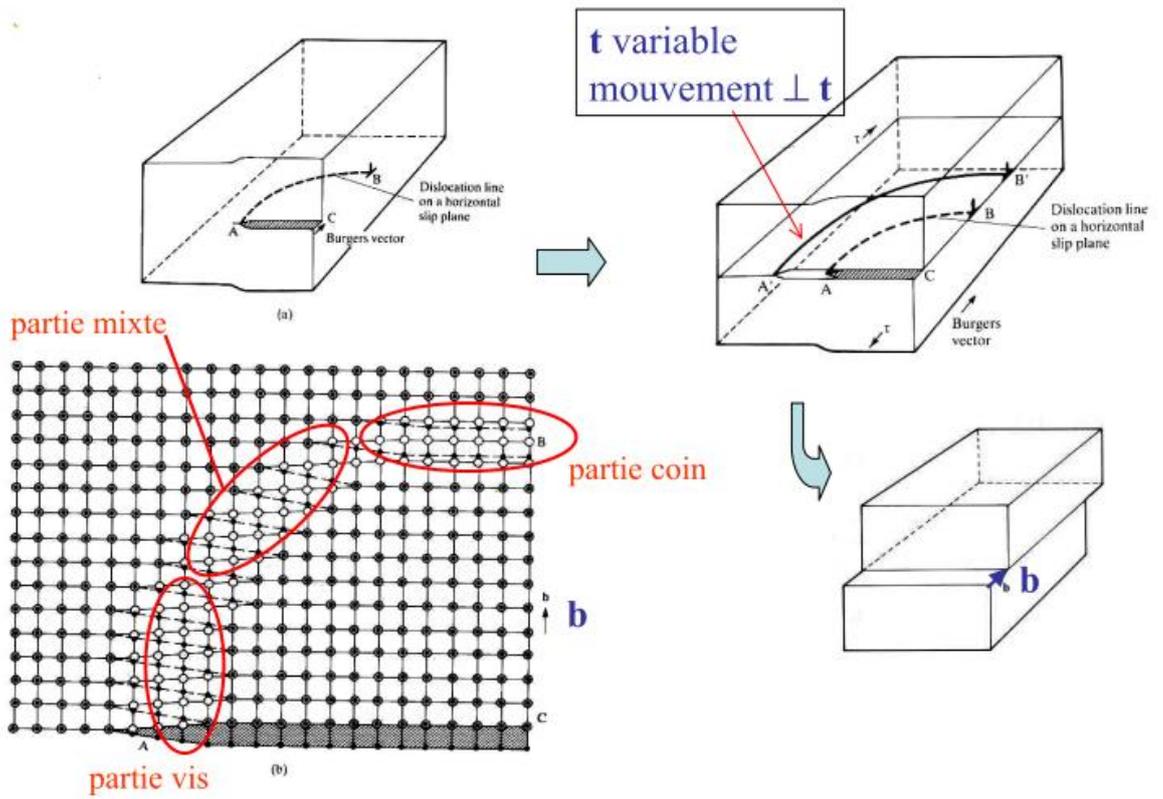


Fig. 10 : Déplacement élémentaire d'un bloc cristallin sur un plan de glissement

Dr. ZOU