

DEFAUTS DE LA STRUCTURE CRISTALLINE

L'arrangement atomique cristal réel s'écarte localement de la structure du cristal idéal, décrit au chapitre 3, en raison de la présence de défauts dans la structure cristalline.

Ceux-ci modifient de manière considérable les propriétés des matériaux.

Les *défauts de structure* couramment rencontrés dans les cristaux sont de trois types:

- Les défauts ponctuels sont de l'ordre de grandeur du volume d'un atome.
- Les défauts linéaires ou dislocations sont des perturbations de la structure du cristal situées le long d'une ligne d'atomes ou d'une range réticulaire.
- Les défauts bidimensionnels ou défauts plans mettent principalement en jeu des imperfections comme celles situées l'interface séparant deux cristaux.

7.2 DEFAUTS PONCTUELS

On distingue trois types principaux de défauts ponctuels:

- La **lacune** caractérise l'absence d'un atome d'un site normal du réseau cristallin(A).
- L'**interstitiel** apparaît lorsqu'un atome étranger de petite taille (B) s'insère dans les espaces vides du réseau cristallin (§ 4.2.2). Lorsqu'un atome constitutif du cristal est placé en insertion, on a affaire à un auto-interstitiel (B').
- L'**atome en substitution** résulte du remplacement d'un atome constitutif du cristal placé en position régulière par un atome étranger (C, C').

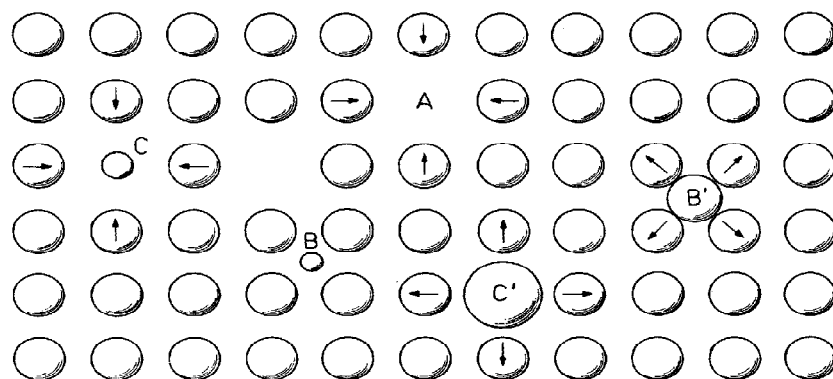


FIG. 7.1 Types de défauts ponctuels dans un cristal: (A) lacune; (B) atome étranger interstitiel; (B') atome auto-interstitiel; (C, C') atomes étrangers en substitution.

DEFAUTS LINEAIRES OU DISLOCATIONS

7.3.1 Géométrie des dislocations

La **dislocation** est un défaut du cristal qui résulte d'une perturbation de la structure centrée autour d'une ligne (range réticulaire).

Imaginons l'expérience suivante: coupons un cristal à réseau cubique idéal (fig. 7.11 (a)) selon un plan ABCD en déplaçant sa partie supérieure d'une distance interatomique. Pour permettre de reformer les liaisons interatomiques, il est nécessaire que le déplacement s'effectue le long du plan de coupe ABCD. Il existe dans ce plan deux directions de déplacement particulières:

- Lorsque le déplacement des atomes est effectuée dans une direction perpendiculaire la ligne AB (fig. 7.11(b)), on comprime la partie supérieure du cristal et on observe la formation d'un plan réticulaire, ABEF qui se termine à l'intérieur du cristal le long de la **ligne de dislocation** (ligne AB). Ce plan d'atomes supplémentaires s'enfonce donc comme un coin dans le cristal, d'où le nom **dislocation-coin** donne à ce type de défaut. À l'extérieur du cristal, on observe la formation d'une marche CC'DD' dont la largeur caractérise le déplacement des atomes le long du plan de coupe.
- Si le déplacement des atomes se fait parallèlement à la ligne de dislocation AB (fig. 7.11(c)), on induit une torsion hélicoïdale du cristal qui a la ligne AB comme axe. Ce défaut linéaire est appelé **dislocation-vis**. Les signes extérieurs du glissement des atomes sont les marches ADD' et BCC'.

Tout autre déplacement dans le plan ABCD formant un angle quelconque avec

La ligne AB produit une **dislocation mixte**, c'est-à-dire une dislocation ayant en même

Temps une composante-vis et une composante-coin.

Les défauts linéaires observés dans les cristaux sont appelés dislocations (Figure 2). Les dislocations sont obtenues par le glissement b d'une partie du cristal le long d'un plan. La ligne de dislocation proprement dite correspond à la ligne du plan de glissement séparant la partie du cristal qui a glissé de celle qui est restée immobile. Le vecteur de glissement b est appelé vecteur de Burgers de la dislocation. On distingue les dislocations coin, pour lesquelles b est perpendiculaire à la ligne de dislocation, et les dislocations vis, pour lesquelles b est parallèle à la ligne de dislocation. Les autres dislocations sont dites mixtes

La dislocation coin peut également être décrite comme faisant suite à l'insertion d'un demi-plan supplémentaire après écartement de deux plans atomiques adjacents.

La notion de dislocation a été introduite de manière très simple en effectuant une translation des atomes d'une partie d'un cristal idéal parallèlement a un plan de coupe(fig. 7.11 (a), plan ABCD) qui est appel **plan de glissement**, C'est dans ce plan que la dislocation se déplace dans le cristal.

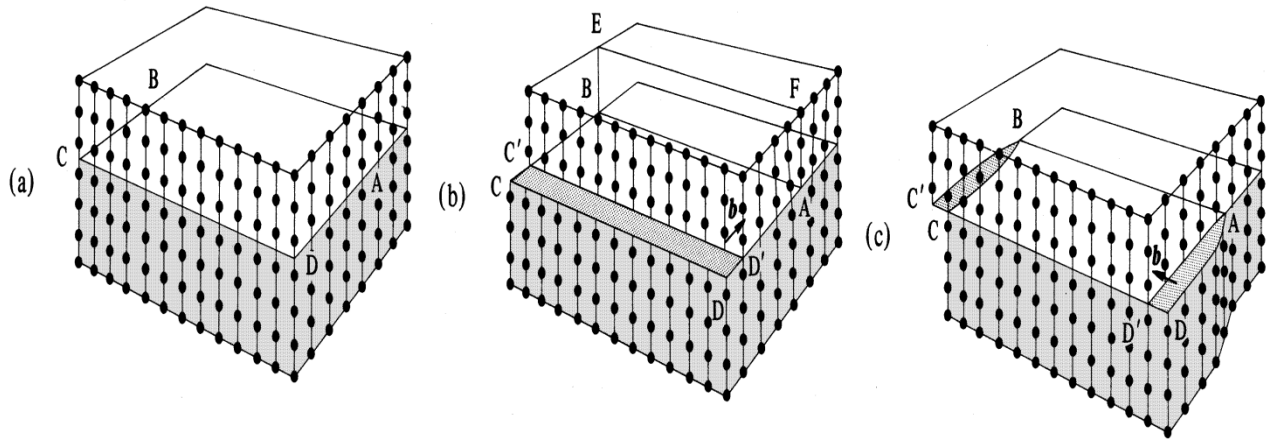


FIG. 7.11 Géométrie des dislocations dans un cristal a réseau cubique: (a) réseau sans défaut; (b) dislocation- coin; (c) dislocation-vis.

Le vecteur qui caractérise l'amplitude, la direction et le sens du déplacement des atomes de la dislocation est appel **vecteur de Burgers**, b . On le détermine par la méthode dite du *circuit de Burgers* qui est résumée à la figure 7.13

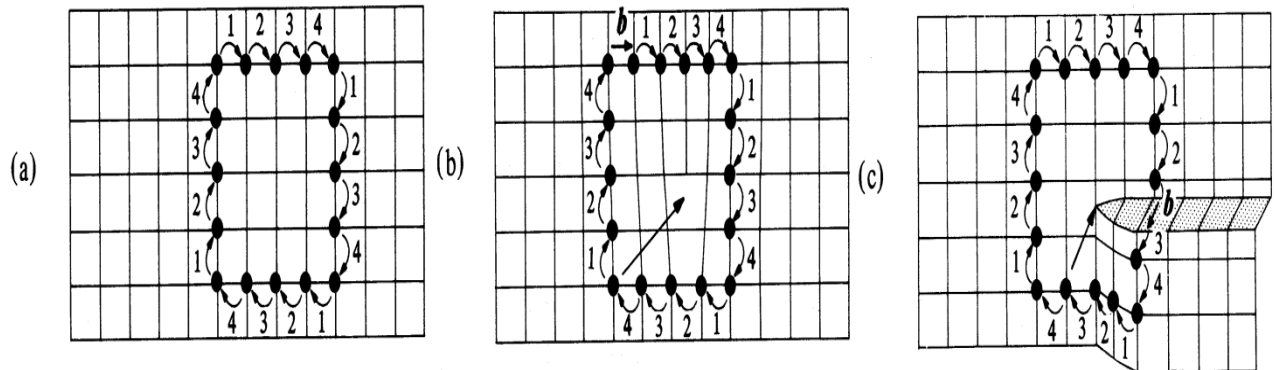


FIG. 7.13 Circuit de Burgers permettant la détermination du vecteur de Burgers b . Le plan du circuit est perpendiculaire à la ligne de dislocation indiquée par une grande flèche. (a) Circuit dans un cristal parfait (vecteur $b = 0$); (b) circuit autour d'une dislocation-coin; (c) circuit autour d'une dislocation vis.

En fermant complètement la boucle circulaire de la figure 7.14, on observe (fig.7.16) qu'en deux points A et A' de celle-ci, la dislocation a un caractère vis pur, tandis qu'en deux autres points B et B', celle-ci a un caractère coin pur (les dislocations

sont chaque fois de sens oppose). Le reste de la boucle est forme de dislocations mixtes. Ce type de boucle de dislocation glissiez joue un rôle clef dans la déformation plastique, nous y reviendrons a la figure 7.21 ainsi qu'au chapitre 12.

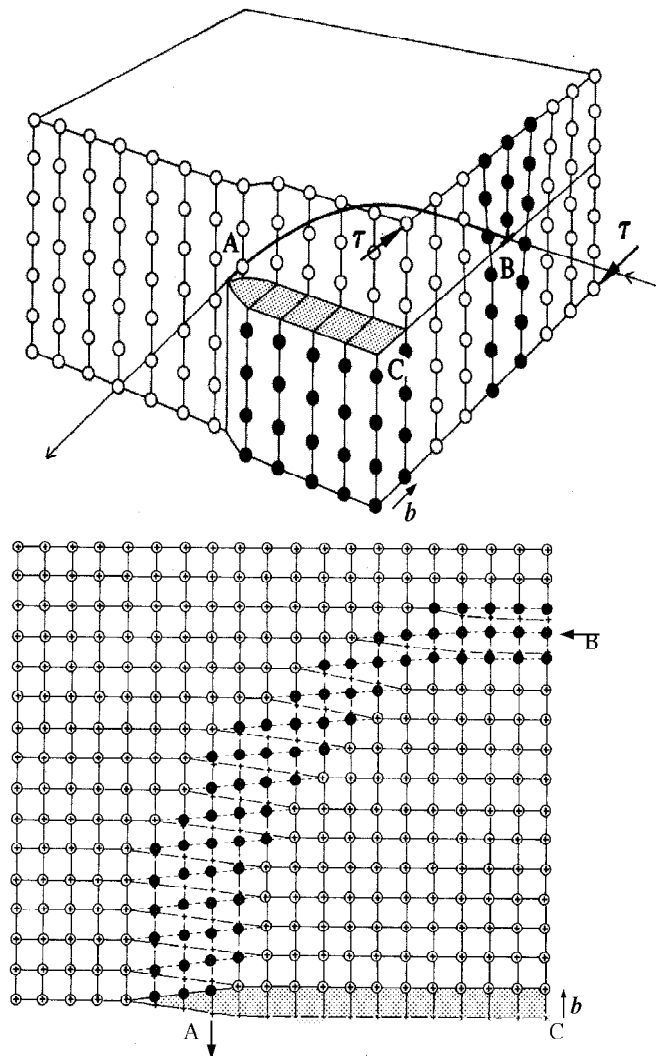


Figure : dislocation mixte

DEFAUTS BIDIMENSIONNELS

Joints de grains : Les régions ou les grains se touchent sont appelées **joints de grains**.

Fautes d'empilement et macles : la structure cristalline à faces centrées (cc) était caractérisée par une alternance de couches hexagonales compactes suivant une séquence **ABCABCABC**. Une **faute d'empilement** sera constituée par une séquence anormale comme par exemple **ABCABABC**