

Chapitre 1

L'ETAT CRISTALLIN

Figures et tableaux relatifs au chapitre 1

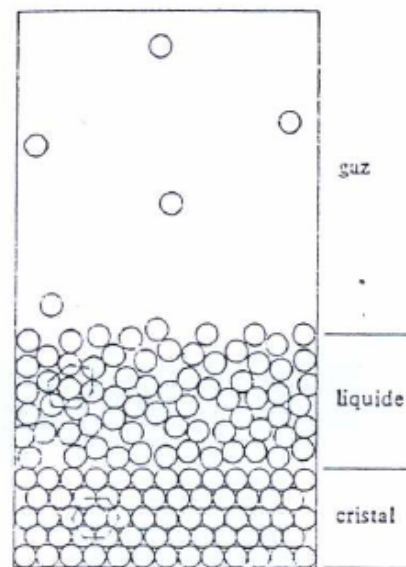


Fig.1 Transition entre l'état compact et ordonné à grande distance des atomes d'un solide cristallin et l'état désordonné du gaz en passant par l'ordre à courte distance du liquide.

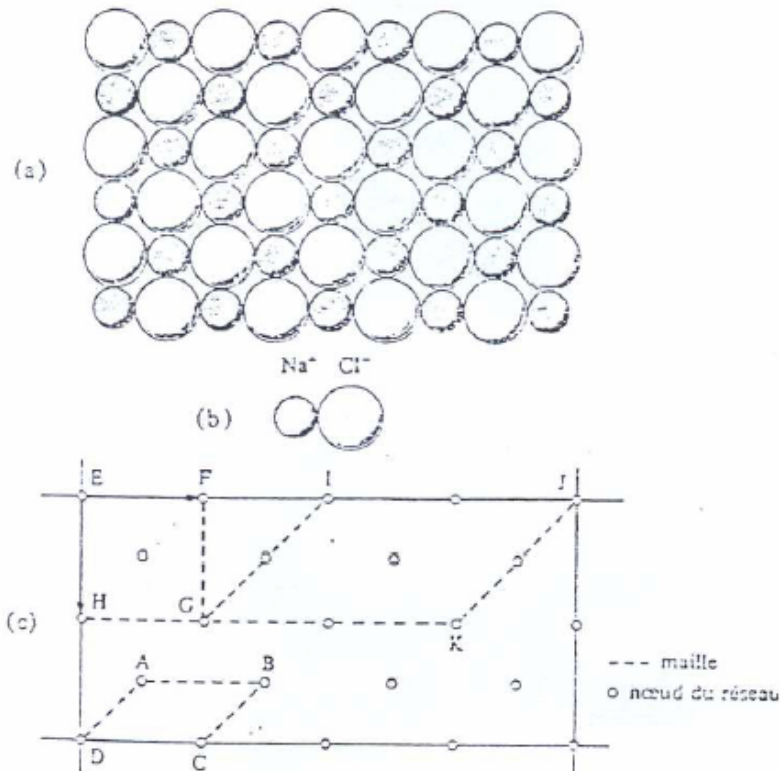


Fig.2 Description à deux dimensions de la structure cristalline de NaCl: (a) plan réticulaire du cristal de NaCl; (b) motif; (c) réseau représentant la structure cristalline.

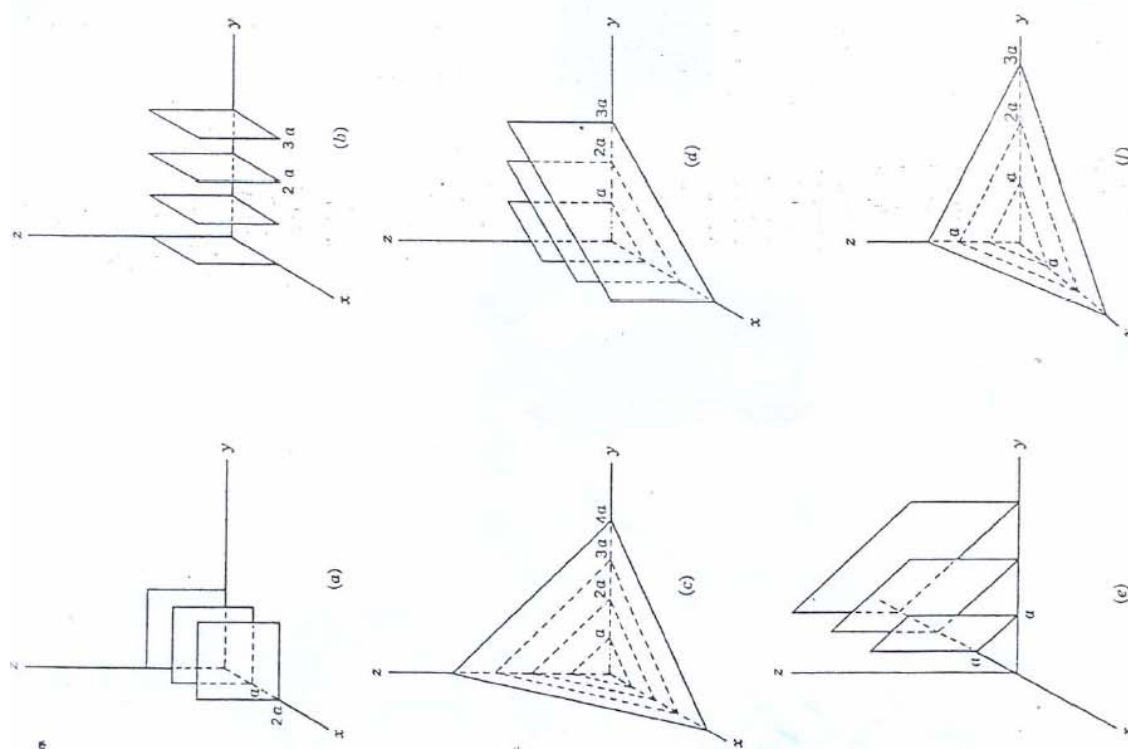


Fig. 3 Examples of important cubic crystal planes. (a) (100) planes; (b) (010) planes; (c) (111) planes; (d) (110) planes; (e) (110) planes; (f) (112) planes.

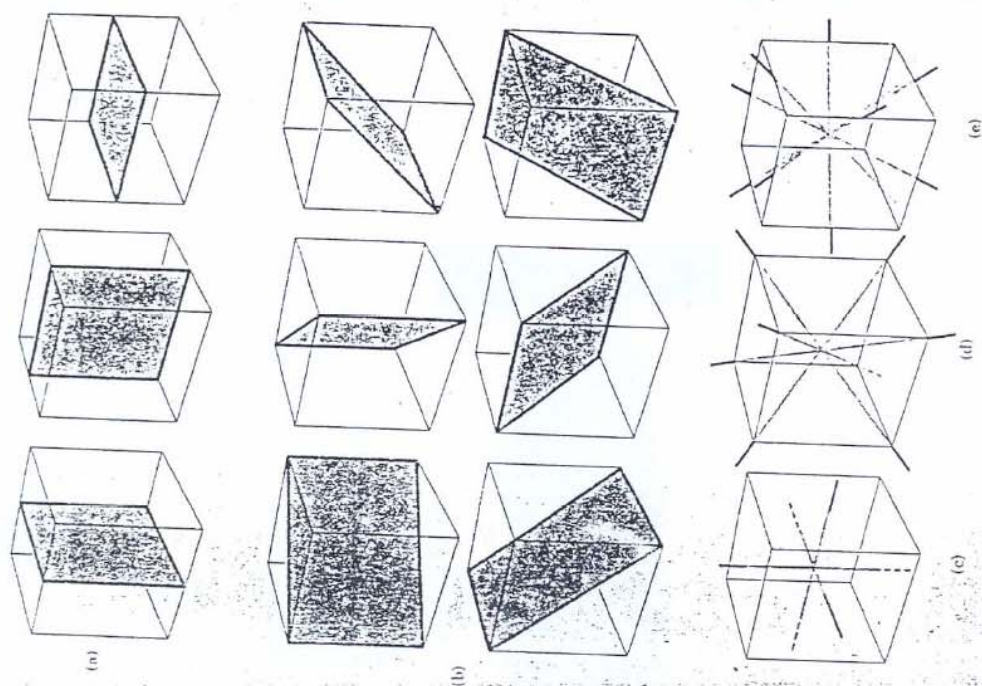


Fig. 4 (a) Les trois plans de symétrie parallèles aux faces du cube. (b) Les six plans de symétrie parallèles aux faces du cube. (c) Les trois axes de symétrie dans un cube. (d) Les quatre axes ternaires dans un cube. (e) Les six axes binaires du cube. Le centre de symétrie n'est pas figuré.

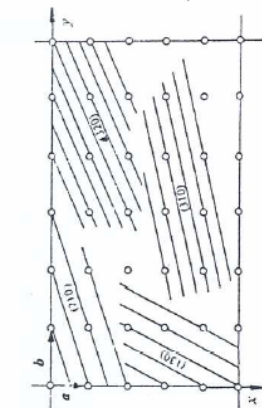


Fig. 5 Indexation des plans cristallins dans le cas où ceux-ci sont perpendiculaires au plan de la figure et parallèles à l'axe z. On a indiqué sur la figure diverses familles de plans avec leur notation respective par indices de Miller (d'après Steadman, 1982).

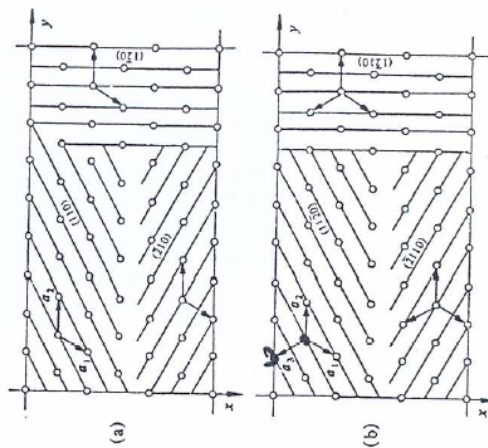


Fig. 7 Réseau hexagonal avec deux ou trois axes à 120° dans le plan de la page et un axe c qui lui est perpendiculaire: (a) indexation suivant Miller; (b) indexation suivant Miller-Bravais (d'après Steadman, 1982).

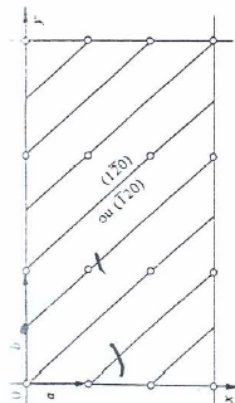


Fig. 6 Exemple d'une famille de plans $(1\bar{2}0)$ ou (120) avec indices de Miller négatifs. Les vecteurs unitaires a et b se trouvent de part et d'autre du plan traversant l'origine O (d'après Steadman, 1982).

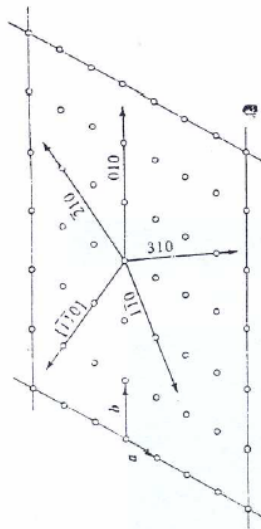


Fig. 8 Exemples d'indexation des directions cristallines dans un plan (d'après Steadman, 1982).

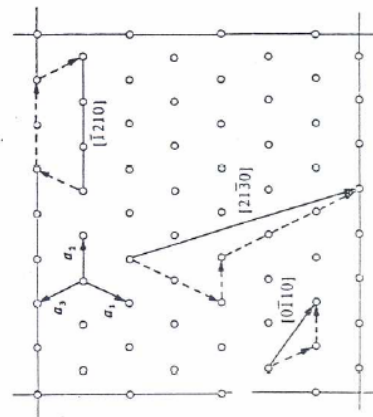


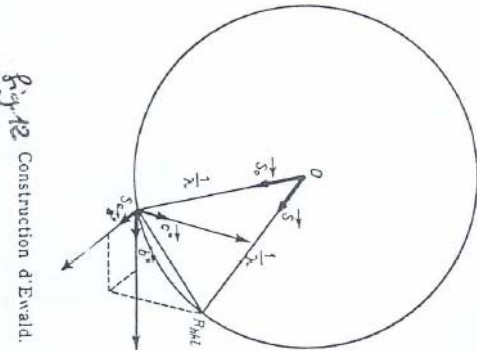
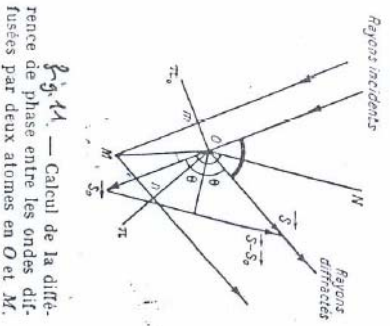
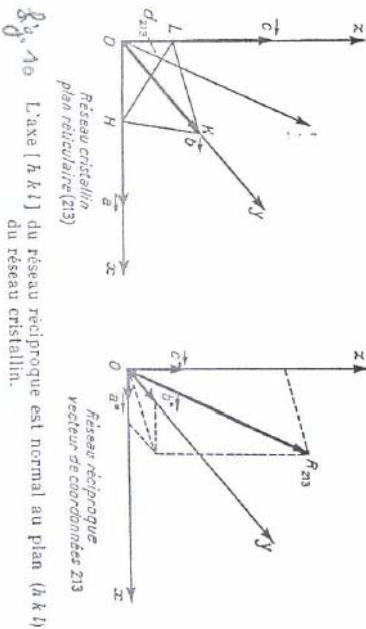
Fig. 9 Détermination des directions dans le système hexagonal. Notation avec les quatre indices de Miller-Bravais.

Tableau 1 Les cinq types de réseaux bidimensionnels
(La notation *mmi* signifie que l'on a deux axes de symétrie)

Réseau	Maille conventionnelle	Axes de cette maille	Groupe ponctuel de symétrie du réseau autour des nœuds
Oblique	Parallélogramme	$a \neq b, \varphi \neq 90^\circ$	2
Carré	Carré	$a = b, \varphi = 90^\circ$	4 <i>mmi</i>
Hexagonal	Losange à 60°	$a = b, \varphi = 120^\circ$	6 <i>mmi</i>
Rectangulaire simple	Rectangle	$a \neq b, \varphi = 90^\circ$	2 <i>mmi</i>
Rectangulaire centré	Rectangle	$a \neq b, \varphi = 90^\circ$	2 <i>mmi</i>

Tableau 2 Les quatorze types de réseaux tridimensionnels

Système	Nombre de réseaux dans le système	Symboles de ces réseaux	Conditions sur les axes et angles des mailles
Triclinique	1	P	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$
Monoclinique	2	P, C	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
Orthorhombique	4	P, C, I, F	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = \beta = 90^\circ$
Tétragonal	2	P, I	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Cubique	3	P ou es I ou cc F ou cfc	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Trigonal	1	R	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma < 120^\circ, \neq 90^\circ$
Hexagonal	1	P	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$



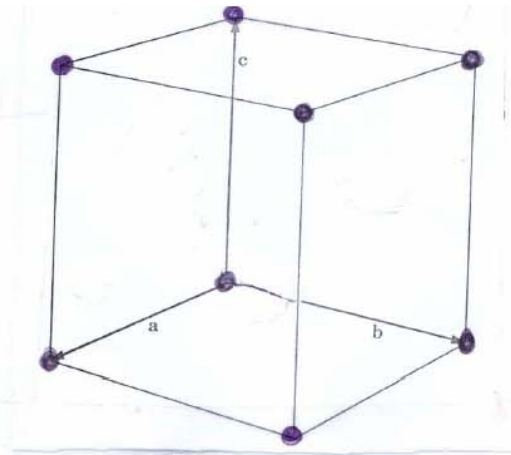


figure 13

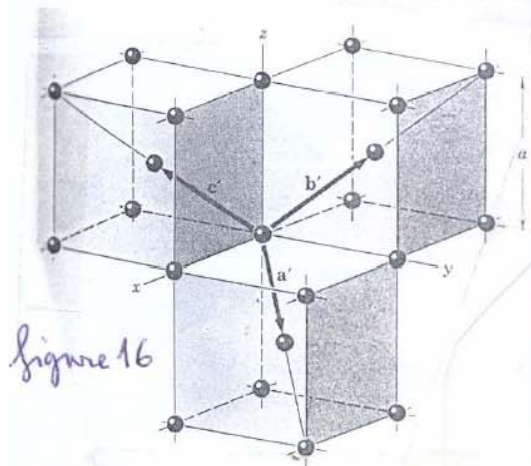


figure 16

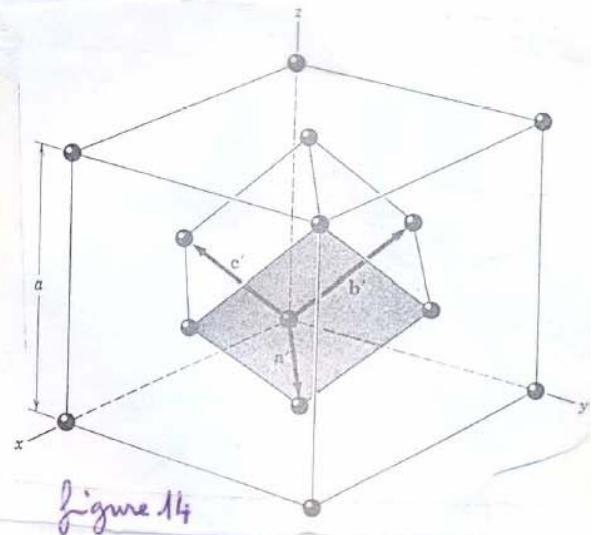


figure 14

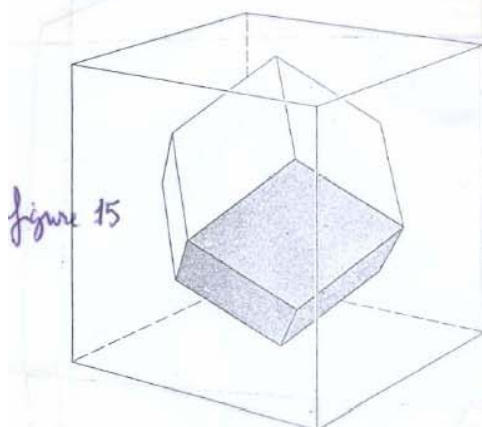


figure 15

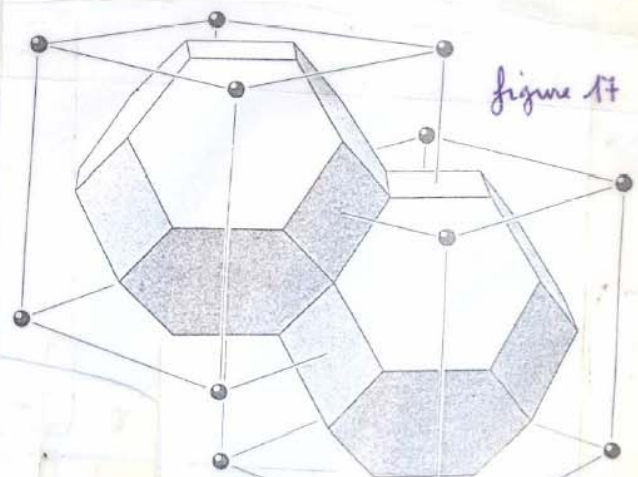


figure 17

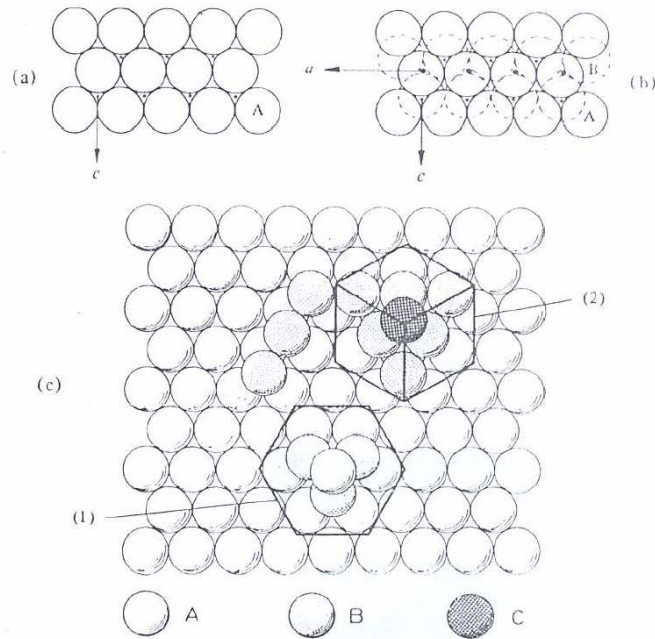


Fig. 18 Empilement compact de couches de sphères identiques. (a) 1 plan d'atomes à empilement compact. (b) 2 plans d'atomes à empilement compact. On remarque l'existence de deux types de creux a et c . (c) 3 plans d'atomes à empilement compact: (1) empilement hexagonal (ABABA ...), (2) empilement cubique à faces centrées (ABCABCA ...). Le plan à empilement compact correspond au plan réticulaire (0001) dans le cas de l'empilement hexagonal et au plan réticulaire (111) pour l'empilement cubique à faces centrées.

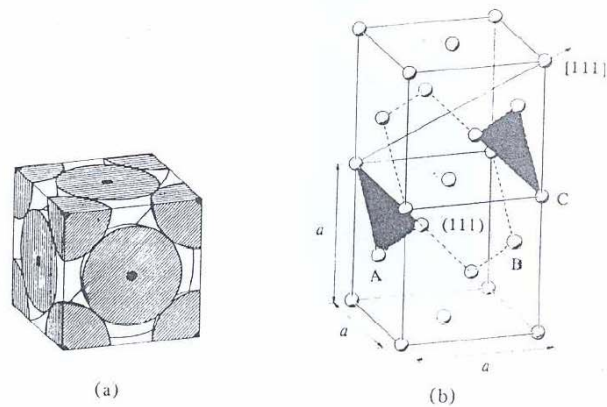


FIG. 20 Modèle du système cristallin cubique à faces centrées (cfc): (a) modèle d'atomes (4 atomes par maille); (b) deux mailles cfc superposées (réseau ponctuel) avec indication des plans {111} à structure hexagonale compacte qui correspondent aux plans A, B et C de la figure 4.1.

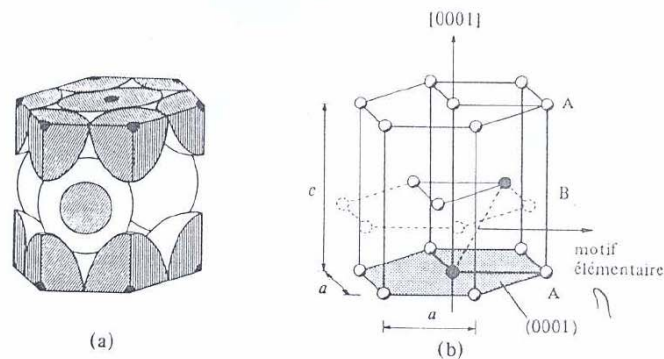


FIG. 49 Maille du système cristallin hexagonal compact (hc): (a) modèle d'atomes; (b) maille hc à réseau ponctuel. Les plans (0001) correspondent aux plans A, B, A de la structure hexagonale compacte (fig. 4.1). Le prisme droit de hauteur c et ayant comme base un losange de côté a , dessiné en trait gras, constitue la maille élémentaire primitive de ce réseau hexagonal. On compte deux atomes par maille élémentaire, c'est-à-dire six atomes pour la maille hexagonale compacte. Le motif de la structure est représenté par deux sphères noires.

Fig. 22 — Défauts de Frenkel : par suite d'un excès d'énergie thermique, un atome a quitté sa place normale et s'est placé en position interstitielle

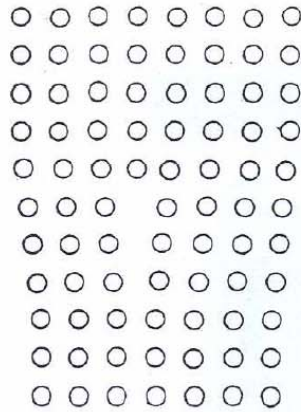
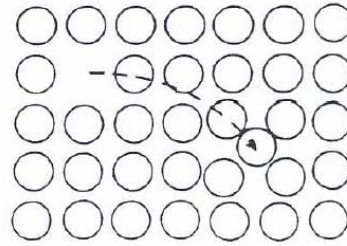


Fig. 23 — Par suite de contraintes mécaniques, de gradients de température trop importants, etc., les atomes d'un demi-plan sont manquants. Il en résulte une dislocation

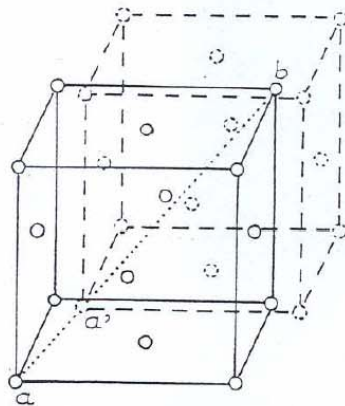


Fig. 24 a) La maille du carbone-diamant se déduit de deux mailles CFC imbriquées

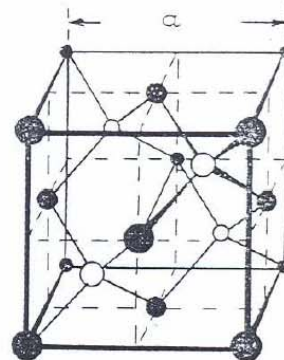


Fig. 24 b) Positions des centres des atomes de carbone, situés dans la maille de départ (traits pleins) de la figure 1.6

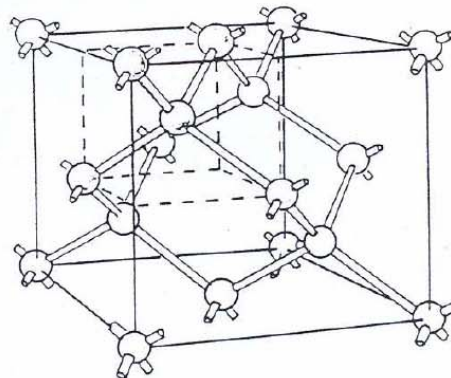


Fig. 24 c) Autre représentation de la maille du cristal de diamant (Shockley [1])

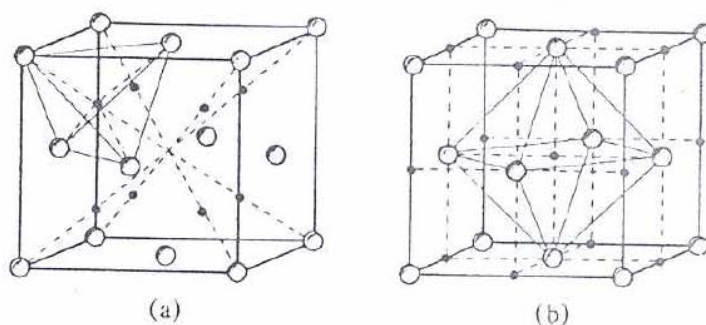
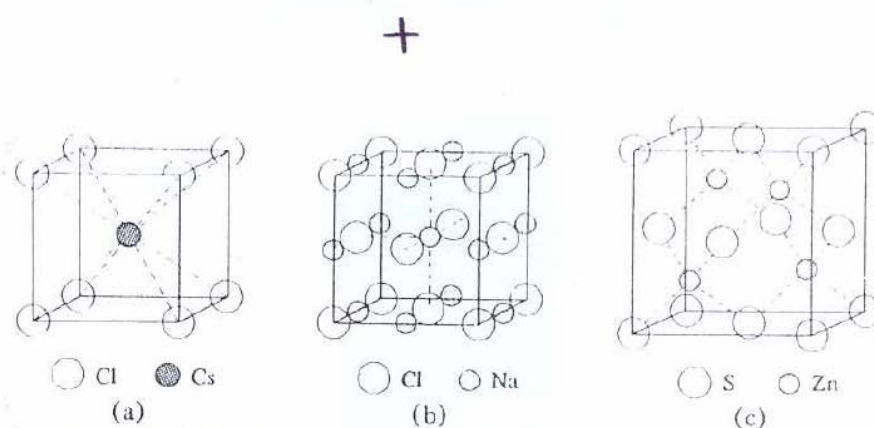


FIG 21: Sites interstitiels dans la structure *cfc* : (a) sites tétraédriques; (b) sites octaédriques. Les sites interstitiels sont représentés par des points noirs.



Structures cristallines types des composés ioniques: (a) chlorure de césium, coordination 8; (b) chlorure de sodium, coordination 6; (c) sulfure de zinc, coordination 4.

TABLEAU 3 Structure cristalline et paramètres cristallins de quelques métaux (à température ambiante, sauf indication).

Métal	Structure	Paramètres cristallins	
		<i>a</i> (nm)	<i>c</i> (nm)
Al	cfc	0,405	
Cu	cfc	0,362	
Fe γ	cfc	0,366 *	
Ni	cfc	0,352	
Cr	cc	0,288	
Fe α	cc	0,287	
Mo	cc	0,315	
Ti β	cc	0,330 **	
W	cc	0,316	
Mg	hc	0,321	0,521
Ti α	hc	0,295	0,468
Zn	hc	0,266	0,495

* à 910°C

** à 882°C