

I. SYMETRIE D'ORIENTATION ET DE POSITION:

D'une façon générale, on dit qu'une figure F possède de la symétrie s'il existe une ou plusieurs opérations (de symétrie) qui, appliquées aux éléments de la figure, la transforment en une figure F' indiscernable de F . Les opérateurs traduisant les opérations de symétrie sont appelés éléments de symétrie.

Dans les cristaux, il y a deux types d'éléments de symétrie :

a- les éléments de symétrie d'orientation,

Les éléments de symétrie d'orientation concernent les figures finies telle que la maille (ou le polyèdre que constitue un cristal). Ces éléments transforment, sans déformation, la maille en une maille identique. Comme la maille est une figure finie (il en est de même pour le polyèdre que constitue un cristal) le nombre d'éléments de symétrie qu'elle contient est par conséquent un nombre fini.

b- les éléments de symétrie de position,

Les éléments de symétrie de position concernent les figures infinies comme la structure microscopique d'un cristal. Cette dernière est alors décrite par des opérations de symétrie dont les éléments sont en nombre infini (contrairement aux éléments de symétrie décrivant la maille, qui sont en nombre fini).

a- les éléments de symétrie d'orientation,

Les éléments de symétrie d'orientation concernent les figures finies telle que la maille (ou le polyèdre que constitue un cristal). Ces éléments transforment, sans déformation, la maille en une maille identique. Comme la maille est une figure finie (il en est de même pour le polyèdre que constitue un cristal) le nombre d'éléments de symétrie qu'elle contient est par conséquent un nombre fini.

b- les éléments de symétrie de position,

Les éléments de symétrie de position concernent les figures infinies comme la structure microscopique d'un cristal. Cette dernière est alors décrite par des opérations de symétrie dont les éléments sont en nombre infini (contrairement aux éléments de symétrie décrivant la maille, qui sont en nombre fini).

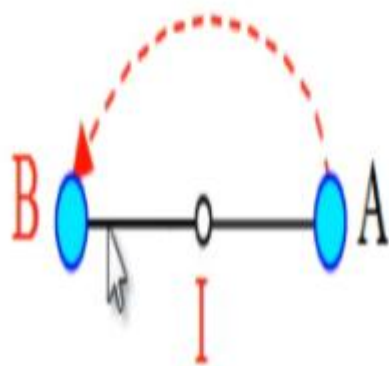
I.1- SYMETRIE DES FIGURES FINIES (OU SYMETRIE D'ORIENTATION)

Les éléments de symétrie d'une figure finie (symétrie d'orientation) restent immobiles lors de l'opération de symétrie d'orientation. Ces éléments sont au nombre de cinq :

1. le centre de symétrie (ou centre d'inversion).
2. le plan de symétrie (ou miroir).
3. les axes de rotation d'ordre n (appelés aussi axes directs ou axes propres).
4. les axes de rotation-inversion d'ordre n (appelés aussi axes de roto-inversion, axes indirects ou axes impropres).
5. les axes de rotation-réflexion d'ordre n (appelés aussi axes de roto-réflexion).

1.1.a CENTRE DE SYMETRIE (OU D'INVERSION) :

Une figure (maille par exemple) possède la symétrie d'inversion par rapport à un point I, si tout point A (atome ou ion dans le cas d'une maille) admet comme image un point B de telle sorte que le point I se trouve au milieu du segment AB.



REMARQUE

☞ si A et B sont des atomes, ils sont alors de même nature !!

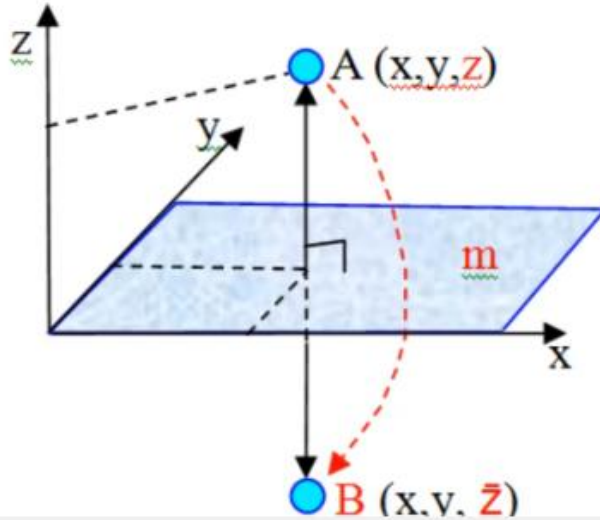
Si par exemple le centre d'inversion est l'origine d'un repère (Oxyz), tout point de coordonnées (x,y,z) aura comme image le point de coordonnées $(\bar{x},\bar{y},\bar{z})$. La figure est dite alors « centro-symétrique ».

Symbole du centre de symétrie : c (ou $\bar{1}$)

Représentation graphique du centre de symétrie : ○

1.1.a.1- PLAN DE SYMETRIE (OU MIROIR):

Une figure (maille par exemple) possède un plan de symétrie ou **miroir**, si tout point A (atome ou ion dans le cas d'une maille) situé d'un côté du miroir admet comme image un point B situé de l'autre côté du miroir et à la même distance du miroir de telle sorte que le segment AB soit perpendiculaire au miroir.



Si par exemple le plan de symétrie est le plan (xOy) d'un repère orthonormé (Oxyz), tout point de coordonnées (x,y,z) aura comme image le point de coordonnées (x,y,z̄).

Symbole du plan de symétrie : m

Représentation graphique du plan de symétrie :

— pour m perpendiculaire au plan du dessin.

⊥ pour m dans le plan du dessin.

1.1.a.2- AXES DE ROTATION D'ORDRE N (AXES DIRECTS OU AXES PROPRES):

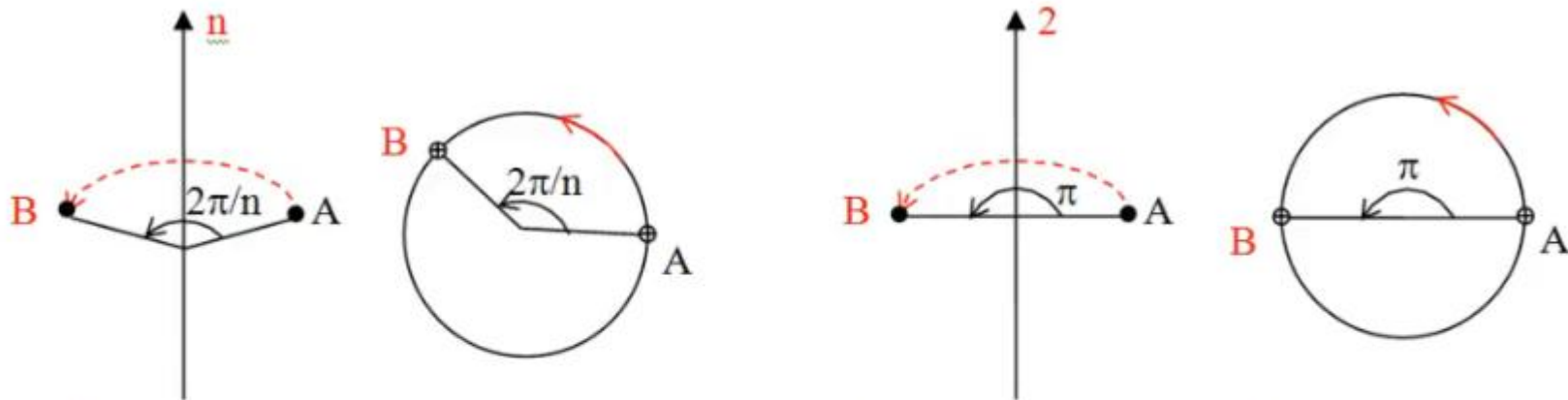


Un axe de rotation d'ordre n fait coïncider le cristal avec lui-même après une rotation, dans le sens trigonométrique, d'angle $2\pi/n$, n est un nombre entier positif.

Si par exemple l'axe 2 est l'axe Oz d'un repère orthonormé ($Oxyz$), tout point de coordonnées (x,y,z) aura comme image le point de coordonnées (\bar{x},\bar{y},z) .

Un axe de rotation d'ordre n se note n (dans la notation de Hermann-Mauguin) ou C_n (dans la notation de Schoenflies), n représente l'ordre de l'axe de rotation, c'est-à-dire le nombre de fois où la rotation doit être appliquée pour retrouver la situation d'origine (position initiale).

La figure suivante schématise l'opération de rotation autour d'un axe de rotation d'ordre n dans l'espace et en projection cotée (+ signifie au dessus du plan de projection et - signifie au dessous du plan de projection) :



Schématisation de l'opération de rotation autour d'un axe de rotation d'ordre n

Si par exemple l'axe 2 est l'axe Oz d'un repère orthonormé ($Oxyz$), tout point de coordonnées (x,y,z) aura comme image le point de coordonnées (\bar{x},\bar{y},z) .

Seuls les axes de rotation n d'ordre 1, 2, 3, 4 et 6 sont compatibles avec la périodicité du réseau cristallin

L'axe 1 est appelé l'axe identité

L'axe 2 est appelé l'axe binaire

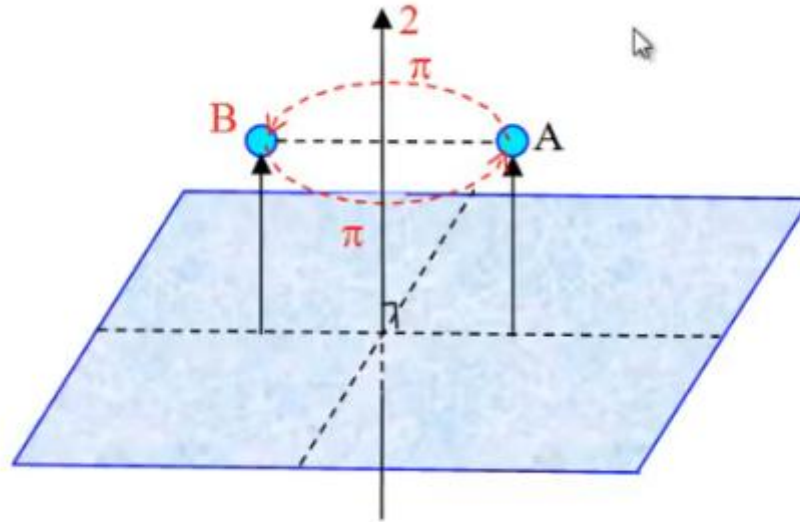
L'axe 3 est appelé l'axe ternaire

L'axe 4 est appelé l'axe quaternaire

L'axe 6 est appelé l'axe sénaire

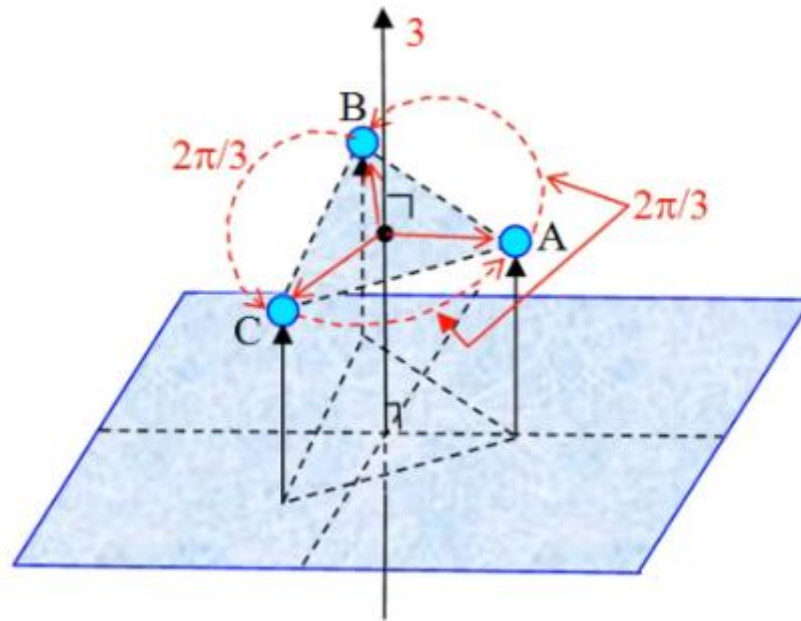
L'axe 1 est appelé axe identité puisque chaque atome sera par rapport à cette axe sa propre image et de ce fait une maille contient un nombre infini d'axe identité

Représentation graphique de l'axe d'ordre 2



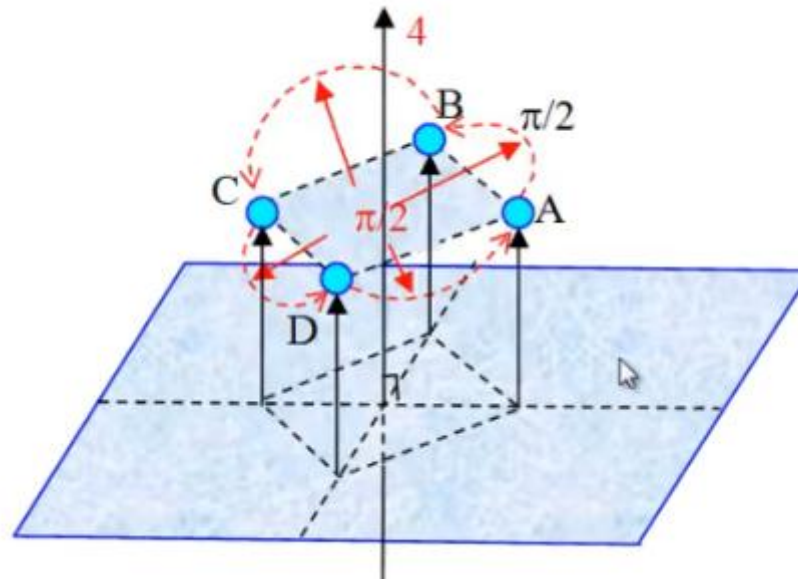
- ** Soit un axe d'ordre 2 perpendiculaire à un plan donné et un atome A situé à une hauteur du plan
- ** L'atome A subit une rotation directe de 180° autour de l'axe 2 alors son image identique sera l'atome B
- ** L'atome B doit aussi subir la même rotation de 180° alors il va avoir comme image l'atome A
- ** on voit clairement que autour d'un axe d'ordre 2 il y a deux atomes de même nature formant entre eux une ligne droite perpendiculaire à l'axe 2 et cet axe est au milieu de la ligne

Représentation graphique de l'axe d'ordre 3



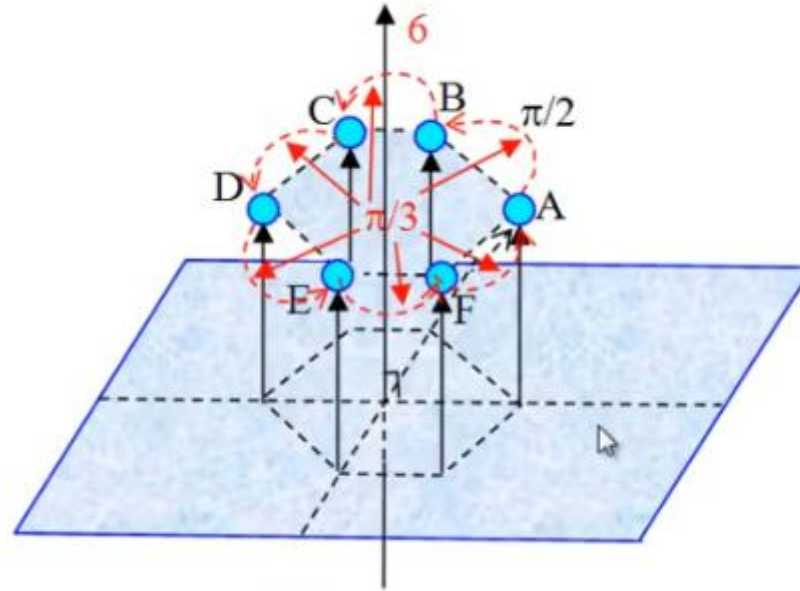
- ** Soit un axe d'ordre 3 perpendiculaire à un plan donné et un atome A situé à une hauteur du plan
- ** L'atome A subit une rotation directe de 120° autour de l'axe 3 alors son image identique sera l'atome B
- ** L'atome B doit aussi subir la même rotation de 120° alors il va se trouver au point C
- ** L'atome C va subir la même rotation de 120° pour se trouver au point A
- ** on voit clairement que autour d'un axe d'ordre 3 il y a trois atomes de même nature formant entre eux un triangle équilatéral perpendiculaire à l'axe 3 et cet axe est au milieu du triangle

Représentation graphique de l'axe d'ordre 4








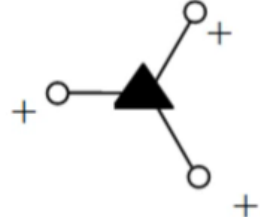
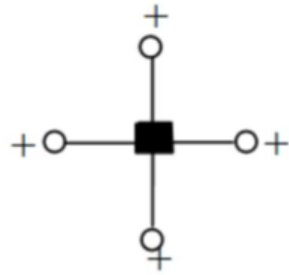
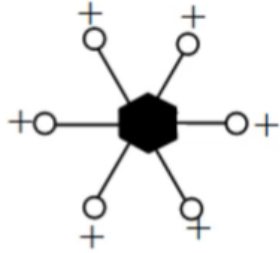
- ** Soit un axe d'ordre 4 perpendiculaire à un plan donné et un atome A situé à une hauteur du plan
- ** L'atome A subit une rotation directe de 90° autour de l'axe 4 alors son image identique sera l'atome B
- ** L'atome B doit aussi subir la même rotation de 90° alors il va se trouver au point C
- ** L'atome C va subir la même rotation de 90° pour se trouver au point D
- ** L'atome D va subir la même rotation de 90° pour se trouver au point A
- ** on voit clairement que autour d'un axe d'ordre 4 il y a quatre atomes de même nature formant entre eux un carré perpendiculaire à l'axe 4 et cet axe est au milieu du carré

Représentation graphique de l'axe d'ordre 6



- ** Soit un axe d'ordre 6 perpendiculaire à un plan donné et un atome A situé à une hauteur du plan
- ** L'atome A subit une rotation directe de 60° autour de l'axe 6 alors son image identique sera l'atome B
- ** L'atome B doit aussi subir la même rotation de 60° alors il va se trouver au point C
- ** L'atome C va subir la même rotation de 60° pour se trouver au point D
- ** L'atome D va subir la même rotation de 60° pour se trouver au point E
- ** L'atome E va subir la même rotation de 60° pour se trouver au point F
- ** L'atome F va subir la même rotation de 60° pour se trouver au point A
- ** on voit clairement que autour d'un axe d'ordre 6 il y a six atomes de même nature formant entre eux un hexagone perpendiculaire à l'axe 6 et cet axe est au milieu de l'hexagone

Symboles graphiques et positions équivalentes des axes n

n	1	2	3	4	6
Symbole Des Axes	aucun				
Positions équivalentes des atomes					


Les symboles ci-dessus correspondent à des axes n perpendiculaires au plan de la figure.

Des fois, l'axe 2 peut être dans le plan de figure, dans ce cas il est représenté par une flèche indiquant sa position et sa direction (\rightarrow , \downarrow ou \searrow).

REMARQUES

👉 l'application d'un axe de symétrie d'ordre n à une position atomique située en dehors de l'axe conduit à n positions autour de l'axe. A titre d'exemple, les coordonnées de ces positions sont reportées sur le tableau suivant dans le cas où l'axe d'ordre n est l'axe Oz.

n	Positions générées par l'axe $n = Oz$					
2	(x, y, z)	(\bar{x}, \bar{y}, z)				
3	(x, y, z)	$(\bar{y}, x-y, z)$	$(y-x, \bar{x}, z)$			
4	(x, y, z)	(\bar{y}, x, z)	(\bar{x}, \bar{y}, z)	(y, \bar{x}, z)		
6	(x, y, z)	$(x-y, x, z)$	$(\bar{y}, x-y, z)$	(\bar{x}, \bar{y}, z)	$(y-x, \bar{x}, z)$	$(y, y-x, z)$

 comme le montre le tableau ci-dessus, un axe d'ordre $2n$ est au même temps un axe d'ordre n et un axe d'ordre 6 est au même temps un axe d'ordre 2 .