

Partie I : La cristallographie géométrique

I-1/ Cristallographie et cristal

La cristallographie permet de représenter la structure cristalline d'un minéral suivant un arrangement en trois dimensions de ses atomes et elle classe les cristaux selon des règles géométriques.

La cristallographie, par définition, est la science des cristaux ; elle s'intéresse à la forme extérieure, à la structure interne, à la croissance et aux propriétés physiques des cristaux. Le mot cristallographie est composé de deux mots. Le mot « graphie » qui vient du grec graphia (γραφία) signifiant « écriture, schéma ».

Le mot « cristal » vient du grec krystallos (κρυσταλλος) signifiant « glace » où les gens croyaient que le cristal était constitué d'eau congelée par le froid des montagnes. Un cristal est un solide, homogène et anisotrope dont la structure microscopique est caractérisée par une répétition périodique en trois dimensions d'un motif composé d'atomes. Un cristal parfait est un solide sans défaut.

I-2/ Définition des états géométriques de la matière

La matière existe sous trois états géométriques (Figs. 01 & 02) différents suivant l'agencement et la mobilité de ses molécules qu'elles constituent, on a :

I-2-1/ L'état gazeux

L'état gazeux est dispersé et désordonné. Les atomes ou molécules sont éloignées les uns des autres et se déplacent continuellement à grande vitesse et en ligne droite. Le gaz est compressible, il n'a pas de forme géométrique propre et leurs particules occupent tout l'espace disponible (en collision entre elles).

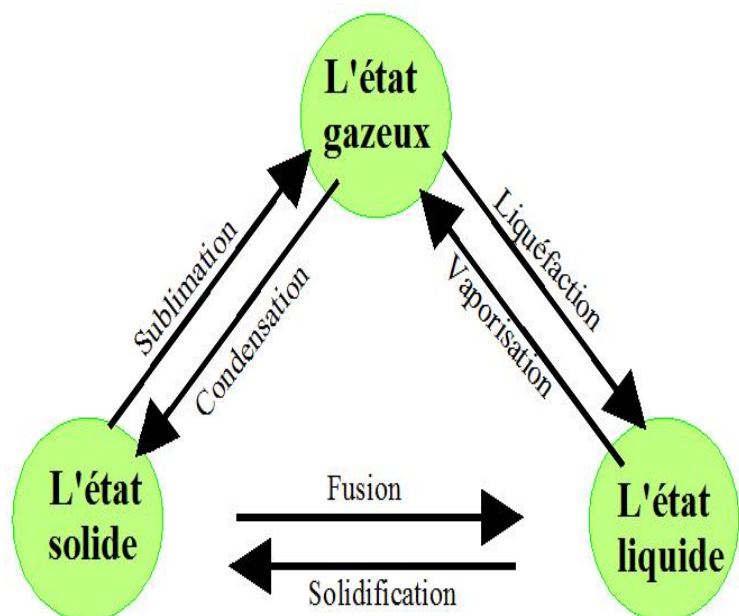


Figure. 01 : États géométriques de la matière

I-2-2/ L'état liquide

L'état liquide est compact et désordonné. Les atomes ou molécules sont serrées les uns contre les autres et peuvent se glisser les uns sur les autres. Le liquide est incompressible, il n'a pas de forme géométrique propre et leurs particules occupent la forme de leur contenant.

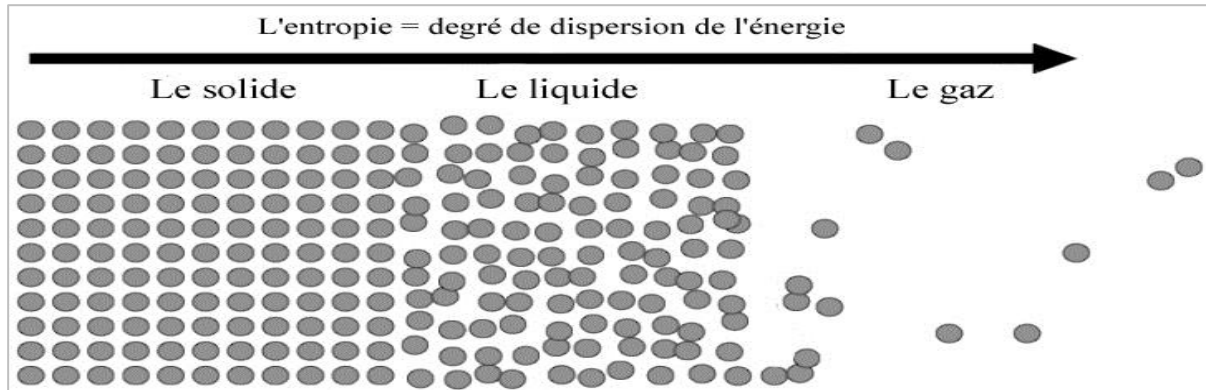


Figure. 02 : L'entropie

I-2-3/ L'état solide

L'état solide est compact et ordonné. Les atomes ou molécules sont collées les uns aux autres. Le solide est incompressible, il a une forme géométrique propre et leurs particules possèdent un volume défini. A l'état solide, les molécules, atomes ou ions constituent des cristaux où ils sont presque immobiles. Le solide ; quant à lui, peut se trouver en deux états (Fig. 03) :

I-2-3-1/ État cristallin

Le solide possède une forme cristalline et/ou un arrangement ordonné des atomes de manière périodique. Un cristal *automorphe* est délimité par des faces cristallines planes et un arrangement bien ordonné des atomes ; c'est un cristal dit parfait dont sa croissance n'a pas été perturbée par d'autres cristaux. Un cristal *xénomorphe* présente une forme cristalline quelconque alors que ces atomes sont bien ordonnés ; c'est un cristal qui n'a pas pu avoir sa forme finale par manque de place en fin de cristallisation.

Un cristal *subautomorphe*, avec des faces cristallines planes et un arrangement bien ordonné des atomes, est gêné par ses voisins lors de sa croissance et a pris des formes proches de celles d'un cristal parfait contrairement à un cristal automorphe dont la croissance n'a pas été gênée par d'autres cristaux.

I-2-3-2/ État amorphe

Contrairement au corps cristallin, le solide *amorphe* n'a pas de forme géométrique naturelle. L'arrangement de ses atomes dans l'espace est aléatoire et la structure interne est désordonnée.

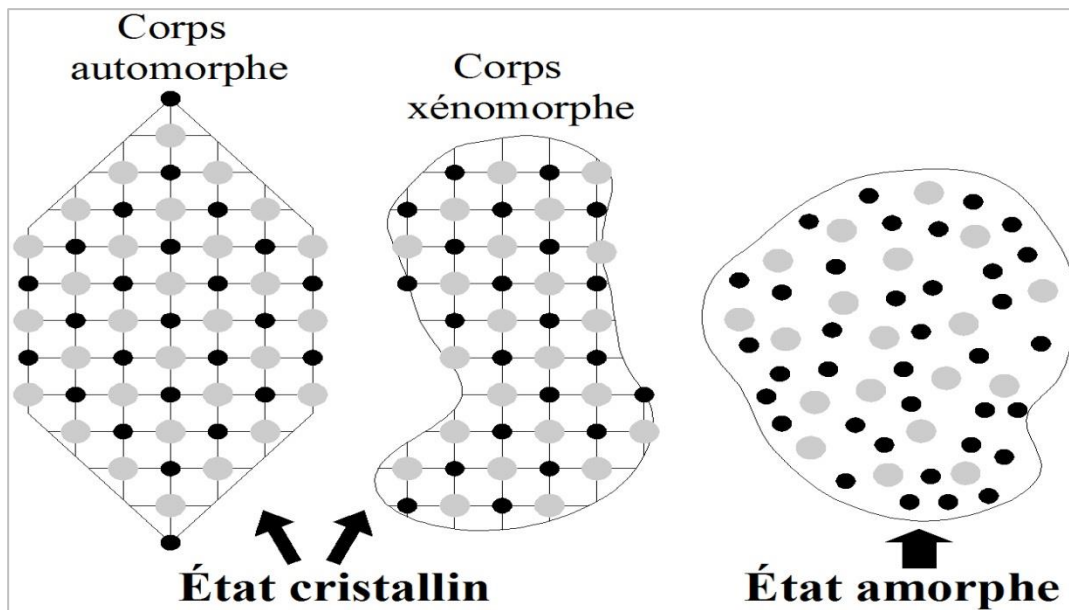


Figure. 03 : États cristallin et amorphe

I-3/ Lois fondamentales de la cristallographie

La cristallographie est d'abord étudiée par des naturalistes. Puis, elle prend véritablement son essor à partir du 18^e siècle grâce aux travaux des scientifiques de *Romé de Lisle* et de *Haiüy* en France. Au cours du 19^e siècle, les scientifiques continuent leurs recherches sur les cristaux par les travaux de nombreux mathématiciens Allemands ou Français à savoir le français *Auguste Bravais*. Plusieurs prix Nobel en chimie et physique principalement ont été décernés à des scientifiques étudiant la cristallographie au 20^e siècle. La cristallographie moderne naît en 1914 lorsque l'allemand *Max von Laue* obtient le prix Nobel de physique pour sa découverte de la diffraction des rayons X par des cristaux. L'étude de la morphologie des cristaux repose sur certaines lois fondamentales qui prennent en considération la mesure des angles entre les faces d'un cristal quelconque, on a :



I-3-1/ Loi de la constance des angles

La première loi quantitative de la cristallographie a été énoncée par le Danois *Nicolas Sténon* en 1669 à partir de mesures des angles entre les faces de cristaux de quartz, puis a été formalisée par *Jean-Baptiste Romé de l'Isle* en 1772.

Le principe est : « Quelque soit l'aspect extérieur et la dimension des cristaux d'une même espèce cristalline, les angles que font entre elles les faces correspondantes sont égaux ».

Cette loi montre que l'orientation d'une face par rapport aux autres faces d'un cristal est toujours la même. Les cristaux de quartz déformés ou non déformés présentent sans distinction des angles de 120° entre leurs faces (Fig. 04). L'exemple de la pyrite (Fig. 05) est illustratif dont la forme et l'ampleur des faces sont différents alors que leur orientation réciproque est constante et l'angle qu'elles font entre elles est de 54° .

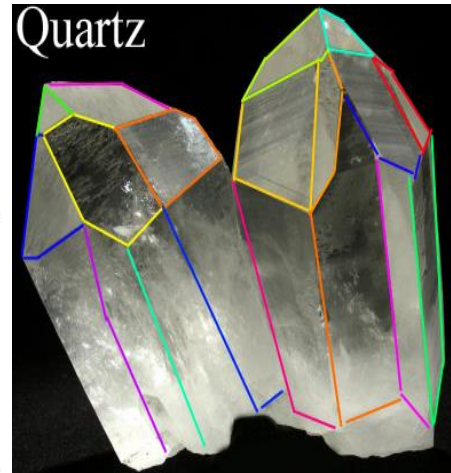
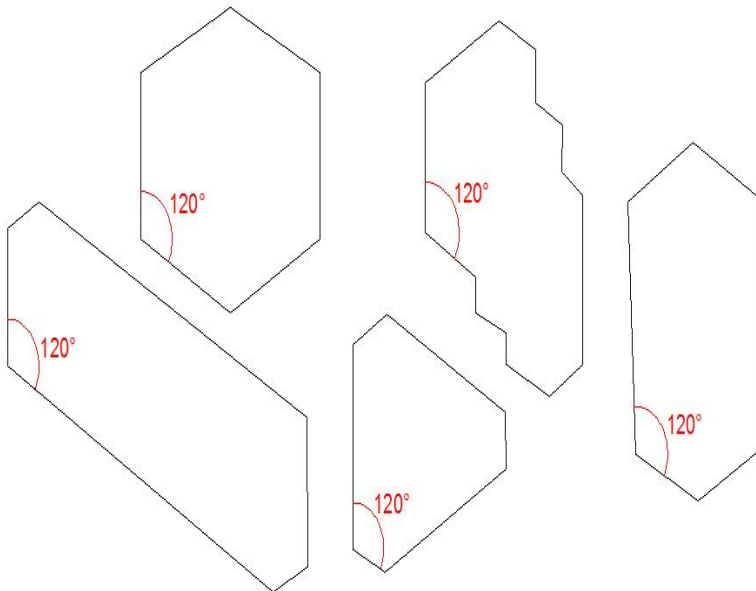
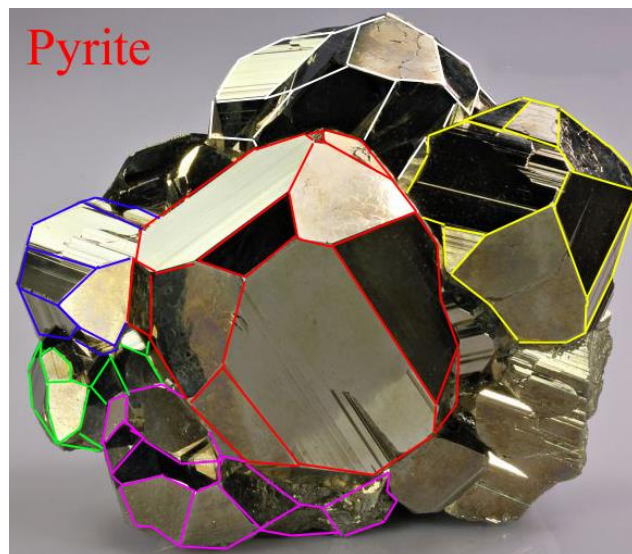


Figure. 04 : Illustration de loi de la constance des angles dans un cristal de Quartz

Figure. 05 : Loi de la constance des Angles schématisée selon Sténon



La loi de *Romé de l'Isle* énonce l'invariance d'un faisceau de droites issues d'un point quelconque et perpendiculaires aux faces de l'espèce cristalline, le cas du Béryl est montré dans la figure ci-dessous (Fig. 06).

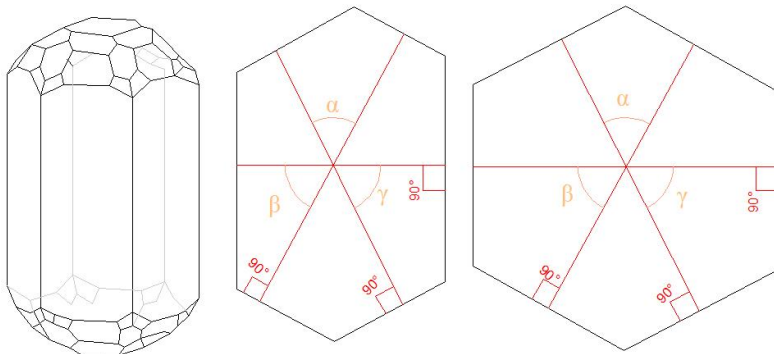
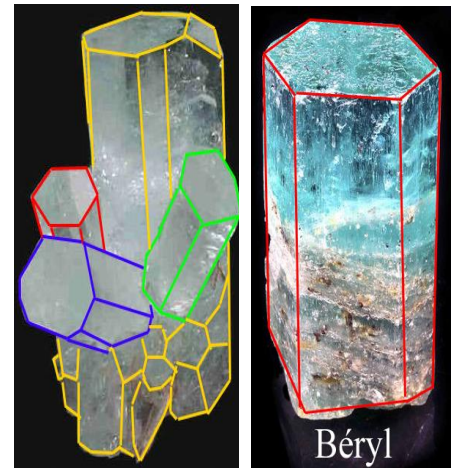


Figure. 06 : Loi de la constance des Angles schématisée selon Romé de l'Isle



I-3-2/ Loi des indices rationnels «molécules intégrantes»

La seconde loi a été énoncée par *René-Just Haüy* en 1774. Il avait remarqué que lorsqu'il clivait des cristaux de calcite il obtenait des morceaux de plus en plus petits dont la forme était rigoureusement semblable à celle du cristal initial (Fig. 07).

Il supposait que cette subdivision devait s'arrêter à un certain moment et il appelait le plus petit parallélépipède obtenu la « molécule intégrante » (Fig. 08) en admettant que les cristaux étaient constitués d'assemblage de parallélépipèdes identiques. Selon *René-Just Haüy*, « Un cristal d'une certaine espèce est formé, quelle que soit sa morphologie, par la juxtaposition de petits parallélépipèdes élémentaires tous égaux entre eux et caractéristiques de l'espèce ». 2014) (Fig. 09).



Figure. 07 : Clivage d'un morceau de Calcite

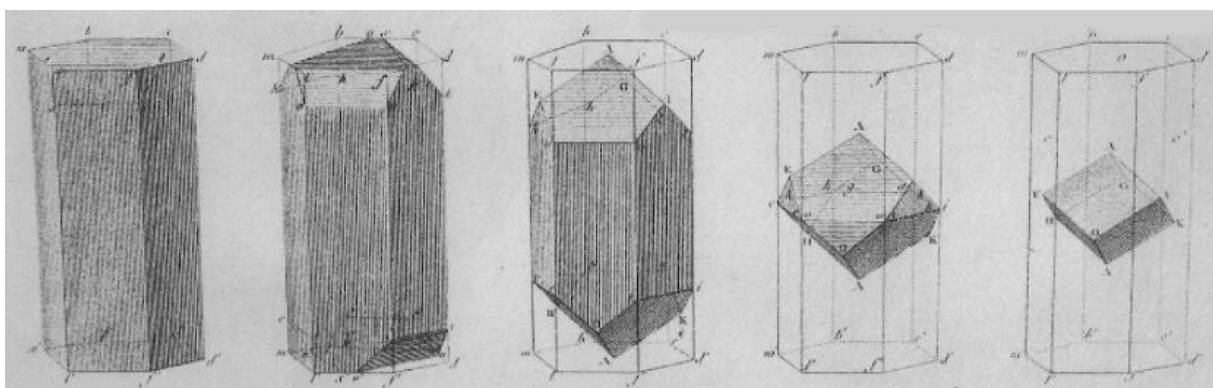


Figure. 08 : La calcite rhomboédrique dans sa forme finale à partir d'un clivage d'un morceau d'une calcite de forme prisme hexagonal (Tirés de la société française de minéralogie (SFM)-1945)

Formation du dodécaèdre rhomboïdal (1) et pentagonal (2) de la Pyrite.



Formation du scalénoèdre (3) de Calcite.

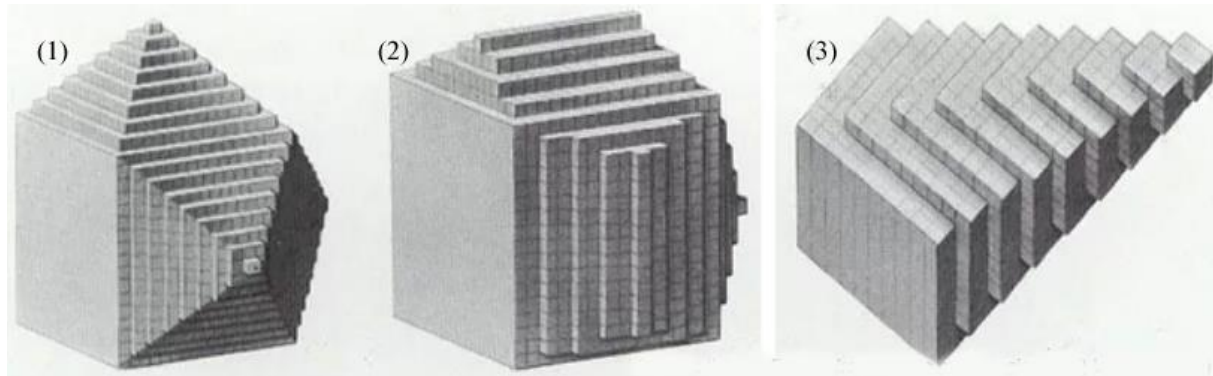


Figure. 09 : Assemblage de parallélépipèdes semblables dans un cristal

I-3-3/ Postulat de Bravais

Un cristal est composé d'un ensemble d'atomes qui se recréent régulièrement dans l'espace. Auguste Bravais, en 1849, a énoncé le postulat qui représente la base de la cristallographie : « Etant donné un point P, quelconque dans un cristal, il existe dans le milieu, une infinité discrète, illimitée dans les trois directions de l'espace de points, autour desquels l'arrangement de la matière est la même qu'autour du point P »

Les cristaux se positionnent suivant les trois dimensions d'une unité de structure et la symétrie est due à l'agencement ordonné des atomes dans une structure cristalline d'où la notion de « réseau tridimensionnel cristallin ». Bravais a illustré « sept » réseaux cristallins et ses dérivés (Fig. 10).

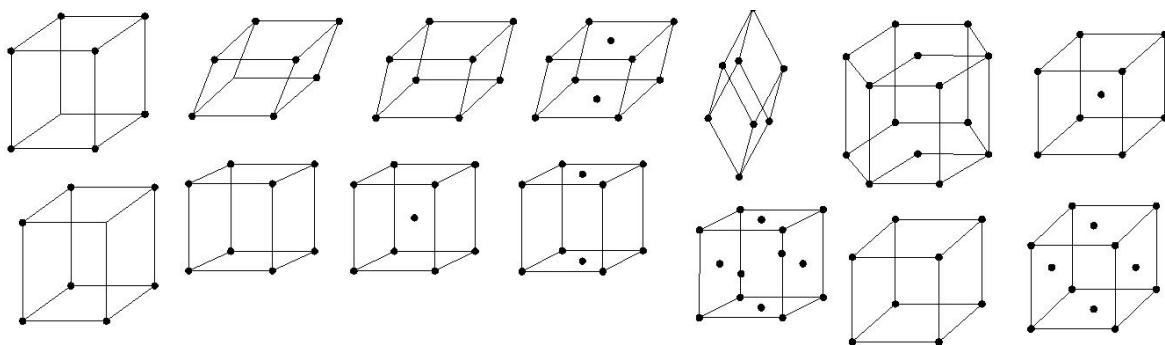


Figure. 10 : Réseaux cristallins selon Auguste Bravais