

# LSM 3.051

## Minéralogie et Cristallographie : Bases

### TP n°2

#### 1) Nomenclature des formes cristallines

Une des propriétés les plus remarquables des cristaux est leur forme extérieure qui traduit l'arrangement régulier des atomes qui forment leur structure. En effet beaucoup de cristaux se présentent sous la forme de polyèdres convexes limités par des surfaces planes. Ces polyèdres reflètent la symétrie du cristal et sont caractéristiques pour un type de cristal donné (« morphologie type »). Pour qu'un cristal développe sa morphologie typique, il faut qu'au cours de sa formation, ses faces puissent croître sans être contrariées par l'environnement du cristal (cristallites voisines dans la roche).

Lorsqu'elle est observable, la forme extérieure des cristaux (morphologie) respecte les 3 lois suivantes :

#### -la loi de constance des angles (Sténo (1669), Romé de l'Isle (1772))

« Dans les cristaux d'une même espèce cristalline, l'extension des faces n'est pas un caractère constant, mais au contraire les angles entre faces ou entre arêtes sont constants chez tous les individus de l'espèce. »

#### la loi des indices rationnels simples (Hauy (1784))

Les orientations des diverses faces apparaissant dans la morphologie d'un cristal ne sont pas aléatoires mais correspondent à des plans atomiques denses, c'est à dire les plans contenant le plus grand nombre d'atomes.

#### la loi de symétrie (P. Curie)

« Dans la nature, les effets ont au moins la symétrie des causes qui les produisent mais ils peuvent éventuellement être plus symétriques. »

Cette loi, qui trouve sa source dans l'arrangement des atomes dans le cristal, s'applique à toutes les propriétés physiques des cristaux (optiques, mécaniques, ...) et en particulier à la morphologie. La loi de constance des angles se déduit de la loi de Curie.

L'étude de la morphologie des cristaux a donné naissance à la « **Cristallographie géométrique** », ancêtre de la « **Cristallographie structurale** » qui étudie l'arrangement des atomes et leurs interactions dans le cristal.

En Cristallographie, on différencie en particulier les termes suivants, qui ont un sens plus précis qu'en français usuel :

**Morphologie:** Ensemble des faces d'un cristal, qu'elles appartiennent ou non à la même forme.

**Face:** Plan délimitant le cristal. Une face est définie par ses indices de Miller  $h$ ,  $k$  et  $l$  et est notée  $(h\ k\ l)$ .

**Indices de Miller:** Entiers  $h\ k\ l$  (premiers entre eux lorsqu'ils servent à indexer une face/forme) positifs ou négatifs. Une face  $(h\ k\ l)$  est parallèle à un plan du réseau coupant les vecteurs  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  et  $\vec{c}$  du réseau en  $\vec{a}/h$ ,  $\vec{b}/k$  et  $\vec{c}/l$ .

**Forme cristalline:** Ensemble des faces, de même nature, reliées par la symétrie ponctuelle du cristal. Une forme est définie par les indices de Miller  $h$ ,  $k$  et  $l$  de n'importe laquelle de ses faces constitutives et est notée  $\{h\ k\ l\}$ .

La dénomination des formes des 32 groupes ponctuels est stricte ; la nomenclature est indiquée dans le polycopié annexe, où sont également dessinées les projections stéréographiques des 32 groupes ponctuels avec l'orientation relative des éléments de symétrie (axes, miroirs, centre d'inversion) et est spécifiée la symétrie des systèmes réticulaires correspondants.

**Zone :** Ensemble de plans se coupant selon des arêtes parallèles. La direction de ces arêtes est l'**axe de la zone**. Les indices  $[uvw]$  de l'axe de zone sont liés aux indices des plans de la zone par la relation :  $\mathbf{h.u} + \mathbf{k.v} + \mathbf{l.w} = \mathbf{0}$

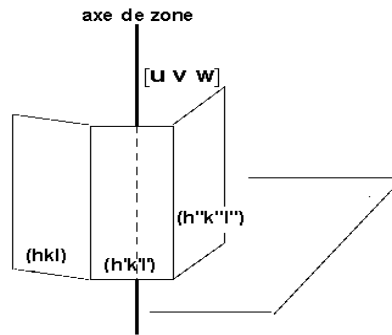


Figure 1 : Définition d'une zone

## 2) Exercices d'application

### EXERCICES EN SALLE

#### Exercice 1 :

Quels sont les indices de Miller d'une face :

- coupant  $\vec{a}$  en  $\vec{a}/4$ ,  $\vec{b}$  en  $\vec{b}/6$ ,  $\vec{c}$  en  $\vec{c}/3$  ?                      coupant  $\vec{a}$  en  $\vec{a}/6$ ,  $\vec{b}$  en  $\vec{b}/4$ ,  $\vec{c}$  en  $\vec{c}/2$ ?
- coupant  $\vec{a}$  en  $\vec{a}/4$ ,  $\vec{b}$  en  $\vec{b}/6$  et coupant  $\vec{c}$  à l'infini ?              coupant  $\vec{b}$  en  $\vec{b}/6$ , parallèle à  $\vec{a}$  et  $\vec{c}$  ?

#### Exercice 2 :

1. Construisez la projection stéréographique des faces des modèles en bois vue à la séance précédente.
2. En vous aidant du polycopié, retrouvez le nom des formes correspondantes et leurs indices de Miller.
3. Quels sont les indices de Miller des différentes faces ?
4. Quels éléments de symétrie laissent invariantes les différentes faces ?
5. Vérifiez sur la projection stéréographique des éléments de symétrie des modèles (TP n°1) que les projections des faces coïncident avec les éléments de symétrie les laissant invariantes.

### Exercice 3 :

L'exercice consiste à faire le raisonnement inverse de celui des TD "modèles en bois" : Connaissant le groupe ponctuel d'un cristal et les indices de Miller des formes présentes, en déduire sa morphologie.

Le soufre a comme groupe ponctuel  $mmm$  et comme paramètres de maille :

$$a = 12,85(1)\text{Å}, b = 24,37(1)\text{Å}, c = 10,44(1)\text{Å}.$$

Il présente les formes suivantes :  $\{111\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{113\}$  et  $\{011\}$ .

- 1) Quel est le groupe ponctuel du soufre ? Quel est son système cristallin ?  
Quelle est la symétrie de son réseau ?
- 2) Représentez la projection stéréographique du groupe ponctuel du soufre. Placez-y les formes  $\{111\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{113\}$  et  $\{011\}$ . Indexez en chacune des faces.
- 3) Quelles sont les multiplicités des différentes formes ? Quelles sont leurs dénominations ?
- 4) Représentez sur des dessins séparés les formes  $\{111\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{113\}$  et  $\{011\}$  en les orientant convenablement par rapport aux axes cristallographiques.
- 5) Représentez sur un dernier dessin la morphologie d'un cristal de soufre présentant à la fois les formes  $\{111\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{113\}$  et  $\{011\}$ .

### EXERCICES A FAIRE A LA MAISON

- 1) Quel sont les groupes ponctuels des cristaux suivants ? Quels sont leurs systèmes cristallins, leur symétries de réseau ?
- 2) Représentez la projection stéréographique des groupes ponctuels des cristaux suivants. Placez-y les formes observées et indexez en chacune des faces.
- 3) Quelles sont les multiplicités des différentes formes ? Quelles sont leurs dénominations ?
- 4) Représentez sur des dessins séparés les formes observées en les orientant convenablement par rapport aux axes cristallographiques.
- 5) Représentez sur un dernier dessin la morphologie des cristaux (assez difficile).

#### **1 : La struvite ( $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$ )**

La struvite a comme groupe ponctuel  $mm2$  et comme paramètres de maille :

$$a = 6,92(2)\text{Å}, b = 6,13(2)\text{Å}, c = 11,19(2)\text{Å}$$

Elle présente les formes suivantes :  $\{001\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{01-1\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{401\}$  et  $\{101\}$ .

#### **2 : La scheelite ( $CaWO_4$ )**

La scheelite a comme groupe ponctuel  $4/m$  et comme paramètres de maille :

$$a = 5,26\text{Å}, c = 11,35\text{Å}.$$

Elle présente les formes suivantes :  $\{101\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{131\}$  et  $\{313\}$ .

#### **3 : Le grossulaire (grenat) ( $Ca_3Al_2Si_4O_{12}$ ) (DIFFICILE)**

Le grenat a comme groupe ponctuel  $m\bar{3}m$  et comme paramètre de maille  $a = 11,874(4)\text{Å}$ .

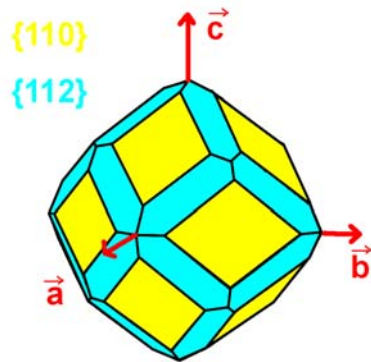
Il présente les formes suivantes :  $\{110\}$  et  $\{112\}$ .

#### **4 : La bénomite ( $BaTiSi_3O_9$ ) (TRES DIFFICILE)**

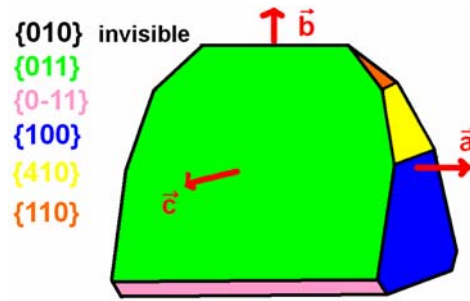
La bénomite a comme groupe ponctuel  $\bar{6}2m$  et comme paramètres de maille  $a = 6,60(1)\text{Å}$  et  $c = 9,71(1)\text{Å}$ .

Elle présente les formes suivantes :  $\{01-11\}$  très développée,  $\{01-10\}$  développée,  $\{31-40\}$ ,  $\{31-41\}$ ,  $\{10-10\}$ ,  $\{20-21\}$ ,  $\{20-23\}$  et  $\{0001\}$ .

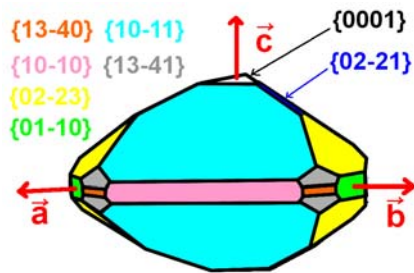
SOLUTIONS AUX EXERCICES A FAIRE A LA MAISON :



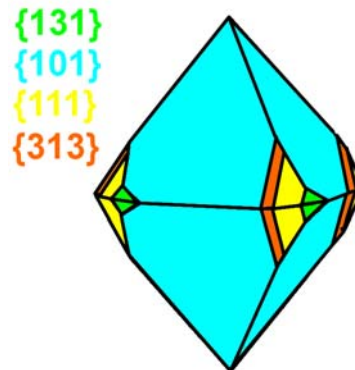
GRENAT



STRUVITE



BENITOÏTE



SCHEELITE

