REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCTRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Centre Universitaire – MAGHNIA -

Département des Sciences et de la Technologies

COURS DE GEOLOGIE

Chapitre I : Les minéraux et les roches (Partie I (27-10-2024))

GHERISSI R.

Année 2024/2025

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.1. Définitions

Un minéral est une substance inorganique solide qui se présente sous forme d'un cristal ou d'un solide cristallin.

Cristaux de quartz

Cristaux d'amazonite

Cristaux de pyrite

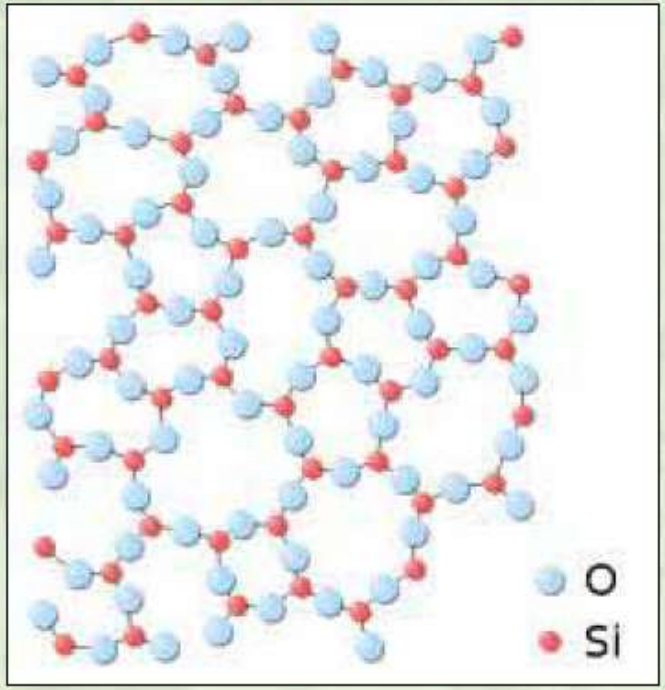
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.1. Définitions

Un cristal est un corps solide (minéral naturel homogène) de forme polyédrique, plus ou moins brillant, à structure régulière et formé d'un assemblage ordonné d'un grand nombre d'atomes de molécules ou d'ions.

Cristaux de quartz



Structure cristalline du quartz

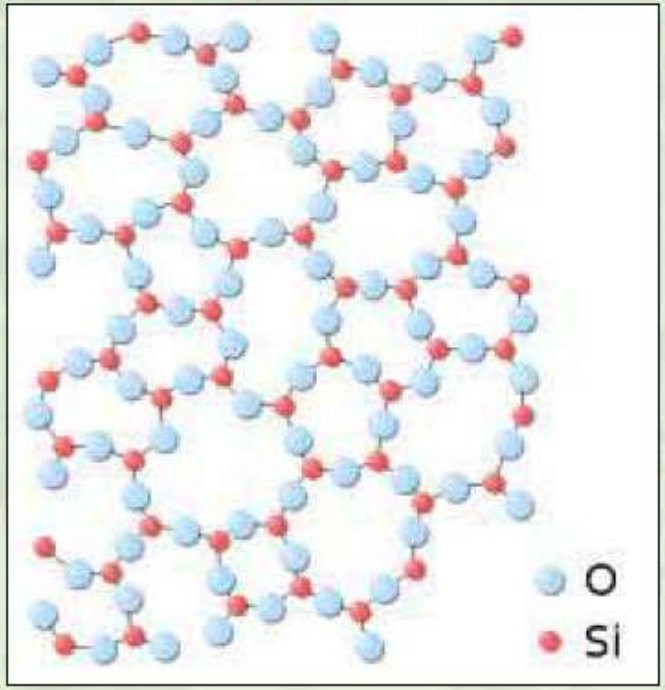
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.1. Définitions

Un cristal est un corps solide (minéral naturel homogène) de forme polyédrique, plus ou moins brillant, à structure régulière et formé d'un assemblage ordonné d'un grand nombre d'atomes de molécules ou d'ions.

Cristaux de quartz



Structure cristalline du quartz

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.2. Aperçu général

Il existe plus de 4000 variétés de minéraux dans la nature, mais seulement une douzaine de minéraux sont les plus abondants.

La majorité des minéraux qui constituent la croûte terrestre sont composés uniquement de huit (8) éléments chimiques :

Oxygène (O) : 46,5 %
Silicium (Si) : 28 %
Aluminium (Al) : 8 %
} 82,5 % de la croûte terrestre
Fer (Fe) : 5 %
Calcium (Ca) : 3,5 %
Sodium (Na) : 3 %
Potassium (K) : 2,5 %
Magnésium (Mg) : 2 %

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.2. Identification des minéraux

Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

a- Propriétés physiques :

Les minéraux possèdent des propriétés physiques qui permettent de les distinguer entre eux et qui deviennent des critères d'identification.

a.1. Couleur : facile à observer mais une petite différence de structure peut changer la couleur. Il y a une grande variété de couleurs chez les minéraux, mais c'est là un critère qui est loin d'être absolu.

a. 2. Éclat : c'est l'aspect qu'offre leur surface lorsqu'elle réfléchit la lumière. On distingue deux grandes catégories : l'éclat métallique, brillant comme celui des métaux (minéraux opaques (Très sombre)), et l'éclat non métallique que l'on décrit par des termes comme vitreux (comme le verre), gras (comme si la surface était enduite d'huile ou de graisse), adamantin (qui réfléchit la lumière comme le diamant), résineux (comme la résine), soyeux (comme la soie), etc.

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.2. Identification des minéraux

Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

a- Propriétés physiques :

a.3. Trait : il s'agit de la couleur de la poudre des minéraux. Cette propriété se détermine sur la trace laissée par le minéral lorsqu'on frotte ce dernier sur une plaque de porcelaine (céramique) non émaillée (en autant que la dureté de la plaque est supérieure à celle du minéral). Par exemple, l'hématite, un minéral dont on extrait le fer, possède une couleur noire en cassure fraîche mais un trait brun rougeâtre sur la plaque de porcelaine.

a.4. Densité : c’est une propriété mesurable ; elle est une constante physique qui caractérise un minéral donné. Beaucoup de minéraux ont une densité qui se situe autour de 2.7 gr/cm3, soit 2.7 fois plus lourd qu'un volume égal d'eau. Mais certains ont une densité relativement faible, comme le sel qui a une densité de 2.1; d'autres se situent à l'autre extrême, comme la galène (sulfure de plomb) avec une densité de 7.5 et l'or dont la densité est de 19.3.

I. Les minéraux

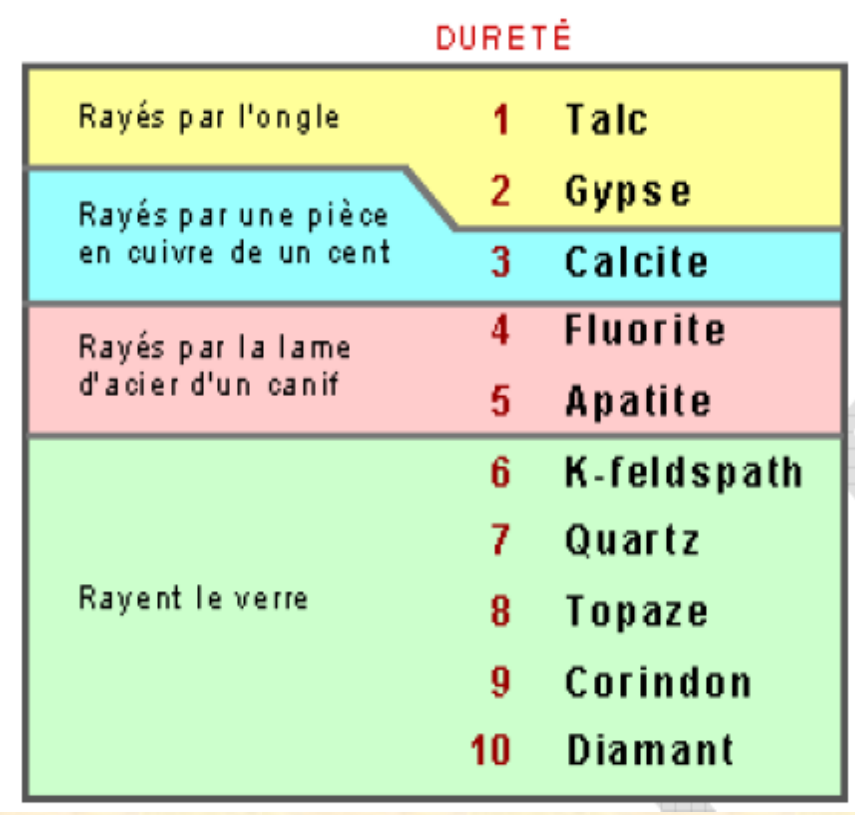
1. Notions de minéralogie

1.2. Identification des minéraux

Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

a- Propriétés physiques :

a.5. Dureté : la dureté d'un minéral correspond à sa résistance à se laisser rayer.
Elle est variable d'un minéral à l'autre.
Certains minéraux sont très durs, comme le diamant, d'autre plutôt tendres, comme le talc. Les minéralogistes ont une échelle relative de dureté qui utilise dix minéraux communs, classés du plus tendre au plus dur, de 1 à 10. Cette échelle a été construite par le minéralogiste autrichien Friedrich Mohs et se nomme par conséquent l'échelle de Mohs.



I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.2. Identification des minéraux

Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

a- Propriétés physiques :

a.6. Transparence : propriété du minéral à laisser passer la lumière : minéraux transparent, translucide (qui laisse passer la lumière, mais n'est pas transparent) ou opaque (qui s'oppose au passage de la lumière).

a.7. Forme cristalline : elle donne souvent la valeur esthétique d'un minéral. Chaque minéral cristallise dans un système donné, ce qu'on appelle un système cristallin. Un minéral donné reproduira toujours les mêmes formes régies par ce système. Par exemple, l'halite (sel) cristallise dans le système cubique. La calcite cristallise dans le système rhomboédrique, un système où les trois axes sont de longueur égale et où les angles entre les axes sont identiques, mais différents de 90°.

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.2. Identification des minéraux

Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

b- Propriétés chimiques :

b.1. Composition chimique : éléments chimiques qui composent le minéral.

b.2. Solubilité : propriété d'un minéral à se dissoudre dans l'eau ou dans un autre liquide (acide).

b.3. Effervescence : propriété de minéraux de la classe des carbonates à réagir avec certains types d'acide (acide chlorhydrique). Cette réaction produit un gaz carbonique.

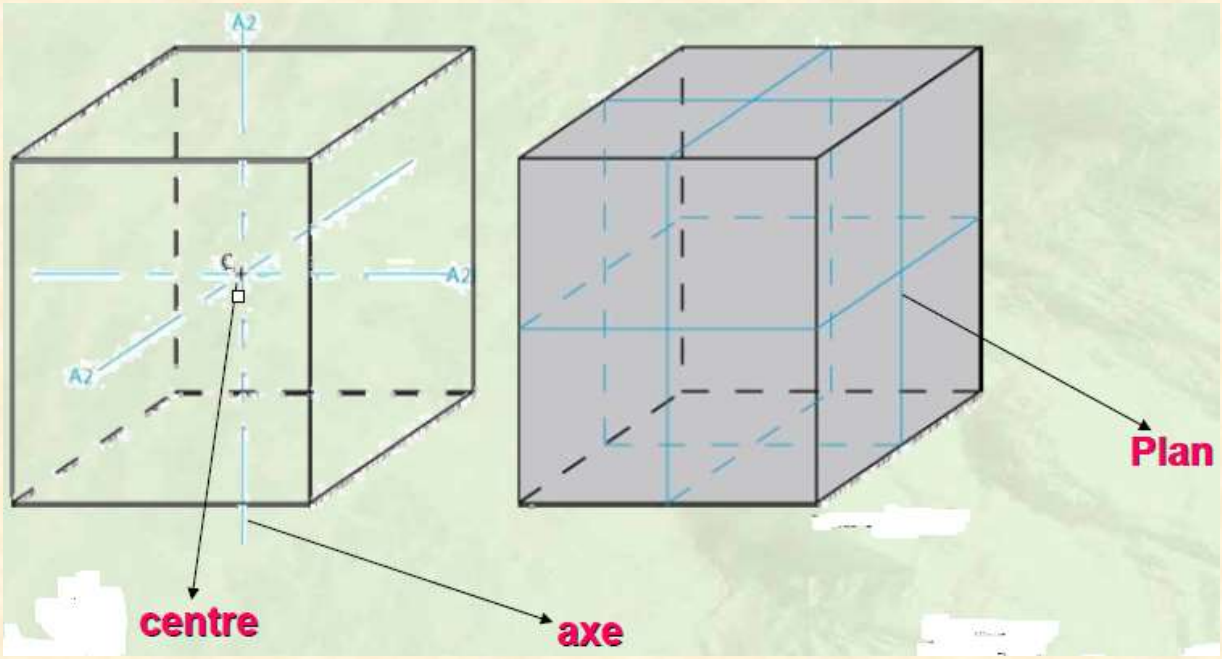
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

- Définition :

Un système cristallin est un classement des cristaux sur la base de leurs éléments caractéristiques de symétrie : axe, centre et plan.



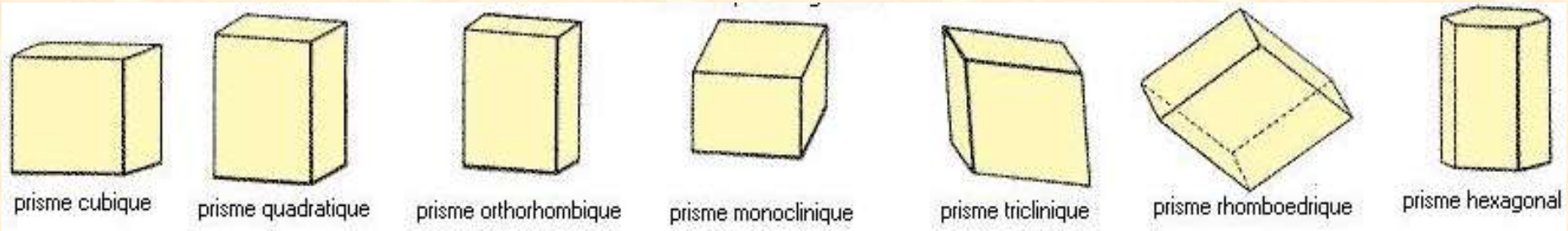
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

Il existe sept systèmes cristallins de base. La croissance des cristaux se fait suivant des lois de géométrie simple caractérisées par sept systèmes.

Généralement, lorsque les cristaux se développent sans contrainte dans la nature, ils vont prendre la forme d'un des sept systèmes cristallins originels de base.



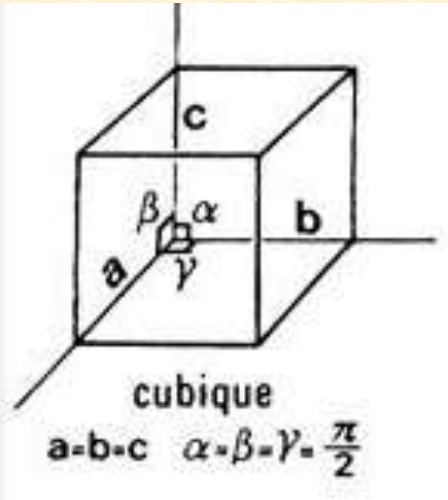
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

A. Système Cubique :

La forme primitive du minéral est un cube : un prisme droit à 6 faces égales.



Cristaux de sel

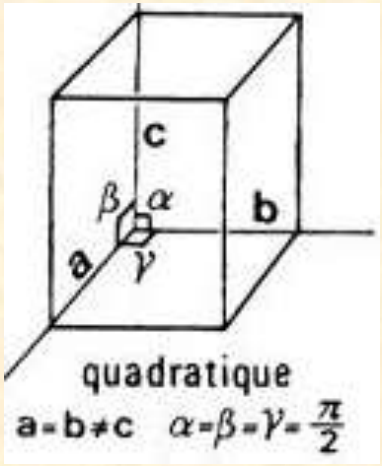
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

B. Système Quadratique :

La forme primitive du minéral est un prisme droit à base carrée.
(C'est le système cubique dont la partie C est plus allongée).



Cristaux de la chalcopyrite

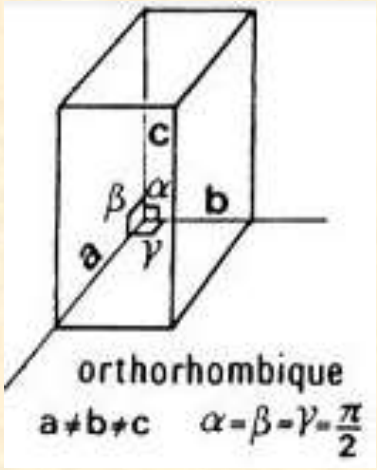
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

C. Système Orthorhombique :

La forme primitive du minéral est un prisme droit à base rectangulaire. (C'est un cube déformé, les 3 cotés on la même longueur mais les angles devient différents).



Cristaux de topaze

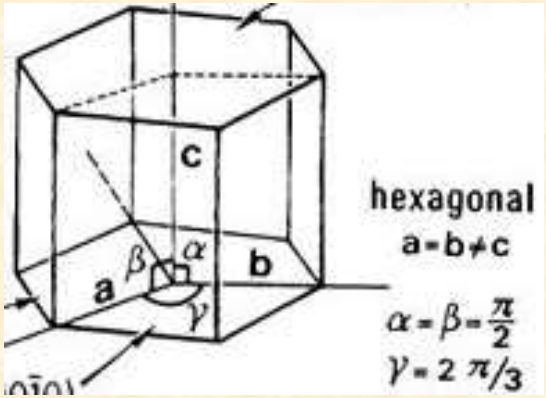
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

D. Système Hexagonal :

La forme primitive du minéral est un prisme droit à base hexagonal.



Cristaux de béryl

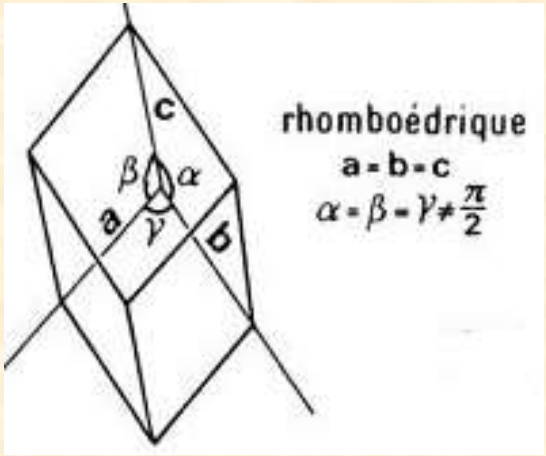
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

E. Système Rhomboédrique :

La forme primitive du minéral est un rhomboèdre : prisme oblique dont les six faces sont des losanges égaux.



Cristaux de la calcite

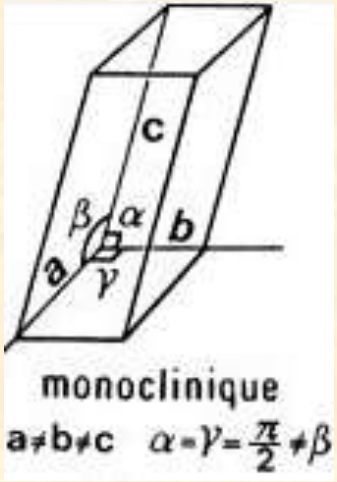
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

F. Système Monoclinique :

La forme primitive du minéral est un prisme oblique à base losange.



Cristaux de diopside

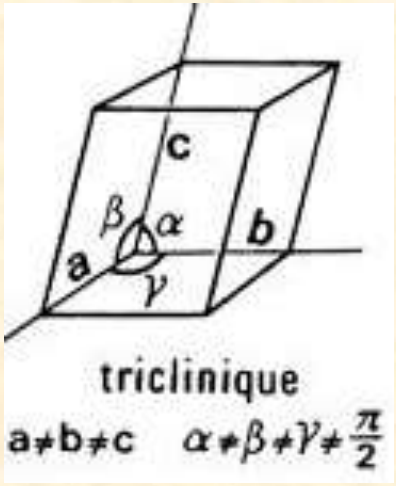
I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.3. Systèmes cristallins

G. Système Triclinique :

La forme primitive du minéral est un prisme oblique à base losange.



Cristaux de labradorite

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

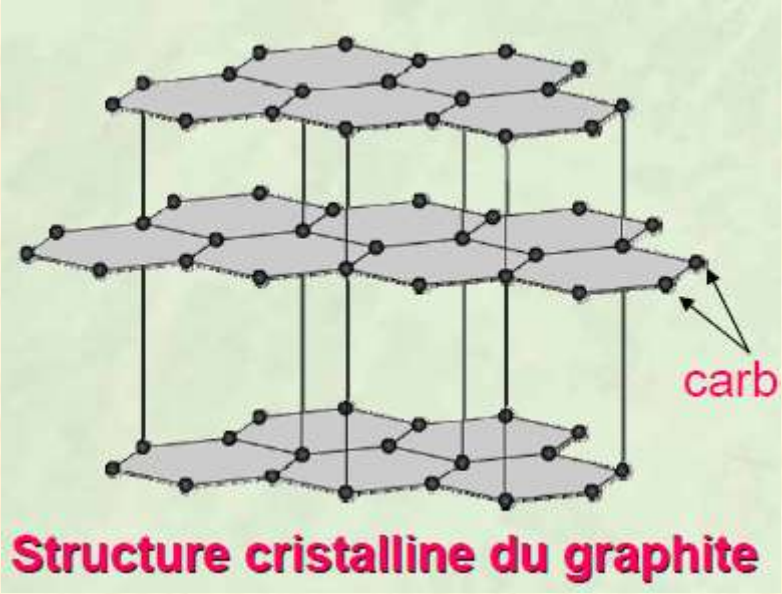
1.4. Structure cristalline

La structure cristalline (structure d'un cristal) d'un minéral correspond à l'arrangement des atomes dans le cristal selon un espacement et une symétrie bien définis.

Exemple :

Le graphite est un minéral constitué d'atomes de carbone qui se présentent sous forme de couches ou de feuillets hexagonaux non compacts.

Cristal de graphite



Structure cristalline du graphite

La structure cristalline définie la forme géométrique d'un cristal.

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.4. Structure cristalline

Lorsque les cristaux ont des formes géométriques bien définies, on dit qu'ils sont : **automorphes.**

Cristaux automorphes de pyrite

Cristaux automorphes de grenat

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.4. Structure cristalline

Dans **la nature**, les cristaux (minéraux) se forment dans des conditions qui ne permettent pas toujours un **développement parfait** de leur forme cristalline.

En effet, les cristaux peuvent être **gênés** dans leur croissance par des cristaux voisins déjà formés. Par conséquent ils ne présentent pas de formes géométriques bien définies ; ils sont dits : **xénomorphes.**

Cristaux xénomorphes de feldspath dans un granite

I. Les minéraux

1. Notions de minéralogie

1.4. Structure cristalline

Dans certains cas, les minéraux ne présentent aucune forme cristalline ; ils sont dits : **amorphes.**

Quartz amorphe dans une opale

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

La classification des minéraux correspond à une répartition des espèces minérales basées notamment sur la composition chimique des minéraux.

Les minéraux sont rangés en 10 classes, notées en chiffres romains :

- Classe I : Éléments natifs ;
- Classe II : Sulfures ;
- Classe III : Halogénures ;
- Classe IV : Oxydes ;
- Classe V : hydroxydes ;
- Classe VI : Carbonates ;
- Classe VII : Sulfates ;
- Classe VIII : Phosphates ;
- Classe IX : Silicates ;
- Classe X : Minéraux organiques.

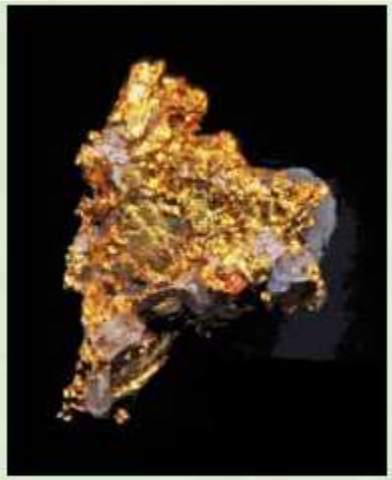
I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.1. Classe I : Éléments natifs

Les éléments natifs sont des minéraux formés d'un seul élément chimique. Les éléments natifs ont un grand rôle économique c'est-à-dire c'est un corps chimique qui ne peut se décomposer en corps plus simple. Il représente 3 à 4 % des espèces.

- **Exemples :** or (Au), diamant (C), graphite (C), platine (Pt), argent (Ag), cuivre (Cu).



Or natif

Diamant

Graphite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.2. Classe II : Sulfures

Les sulfures sont des minéraux formés d'un ou plusieurs métaux combinés à du soufre (S). Ils représentent 15 à 20 % des minéraux.

- **Exemples :** pyrite (FeS_2), chalcopyrite ($CuFeS_2$), galène (PbS).

Pyrite

Chalcopyrite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.3. Classe III : Halogénures

Les halogénures (chlorures (Cl-) et fluorures (F-)) sont des minéraux formés d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes (Corps simple qui a certaines propriétés des métaux et des propriétés opposées) combinés à l'élément chlore ou fluor. Cette classe représente 5 à 6 % des espèces minérales. Les halogénures sont fragiles, légers et souvent solubles dans l'eau.

- **Exemples :** sel gemme (NaCl), sylvite (KCl), fluorine (CaF_2).

Halite (sel gemme)

Fluorite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.4. Classe IV : Oxydes

Les oxydes (O^{2-}) sont des minéraux formés d'un ou de plusieurs métaux combinés à l'oxygène. 10 % des minéraux sont des oxydes.

- **Exemples :** magnétite (Fe_3O_4), corindon (Al_2O_3), rutile (TiO_2).

Magnétite

Corindon

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.5. Classe V : Hydroxydes

Les hydroxydes (OH-) sont des minéraux constitués d'une combinaison d'eau et d'oxydes métalliques. 4 % des minéraux sont des hydroxydes.

- **Exemples :** goetite ($FeO(OH)$), brucite ($Mg(OH)_2$).

Goetite

Brucite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.6. Classe VI : Carbonates

Les carbonates $(CO_3)^{2-}$ sont des minéraux constitués d'une combinaison de carbone et d'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes. Ils représentent 9 % des espèces minérales connues.

- Exemples : calcite ($CaCO_3$), sidérite ($FeCO_3$), dolomite ($CaMgCO_3$).

Calcite

Sidérite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.7. Classe VII : Sulfates

Les sulfates $(SO_4)^{2-}$, sont des minéraux constitués d'une combinaison de soufre et d'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes. Cette classe représente 10% des minéraux.

- Exemples : gypse ($CaSO_4\ 2H_2O$), barytine ($BaSO_4$).

Gypse

Barytine

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.8. Classe VIII : Phosphates

Les phosphates $(PO_4)_3$- sont des minéraux constitués de phosphore et d'oxygène combinés avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes. Cette classe regroupe 16% des minéraux.

- Exemples : apatite ($Ca_5(PO_4)_3(OH,Cl,F)$), monazite ($(Ce,La,Y,Th)PO_4$).

Apatite

Monazite

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.9. Classe IX : Silicates

Les silicates $(SiO_4)^{4-}$ sont des minéraux qui combinent le silicium et l'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes. Les silicates représentent 90 % en poids de l'écorce terrestre.

- Exemples : quartz (SiO_2), sillimanite (Al_2SiO_5), microcline (KAl_2SiO_5).

Quartz

Microcline

➔ **Les silicates sont divisés en 6 sous-classes :**

1. Les nésosilicates : représentent 5 % environ des espèces minérales. On y retrouve l'olivine $(Mg,Fe)_2SiO_4$, les grenats et les topazes. (silicates à structure isolée).

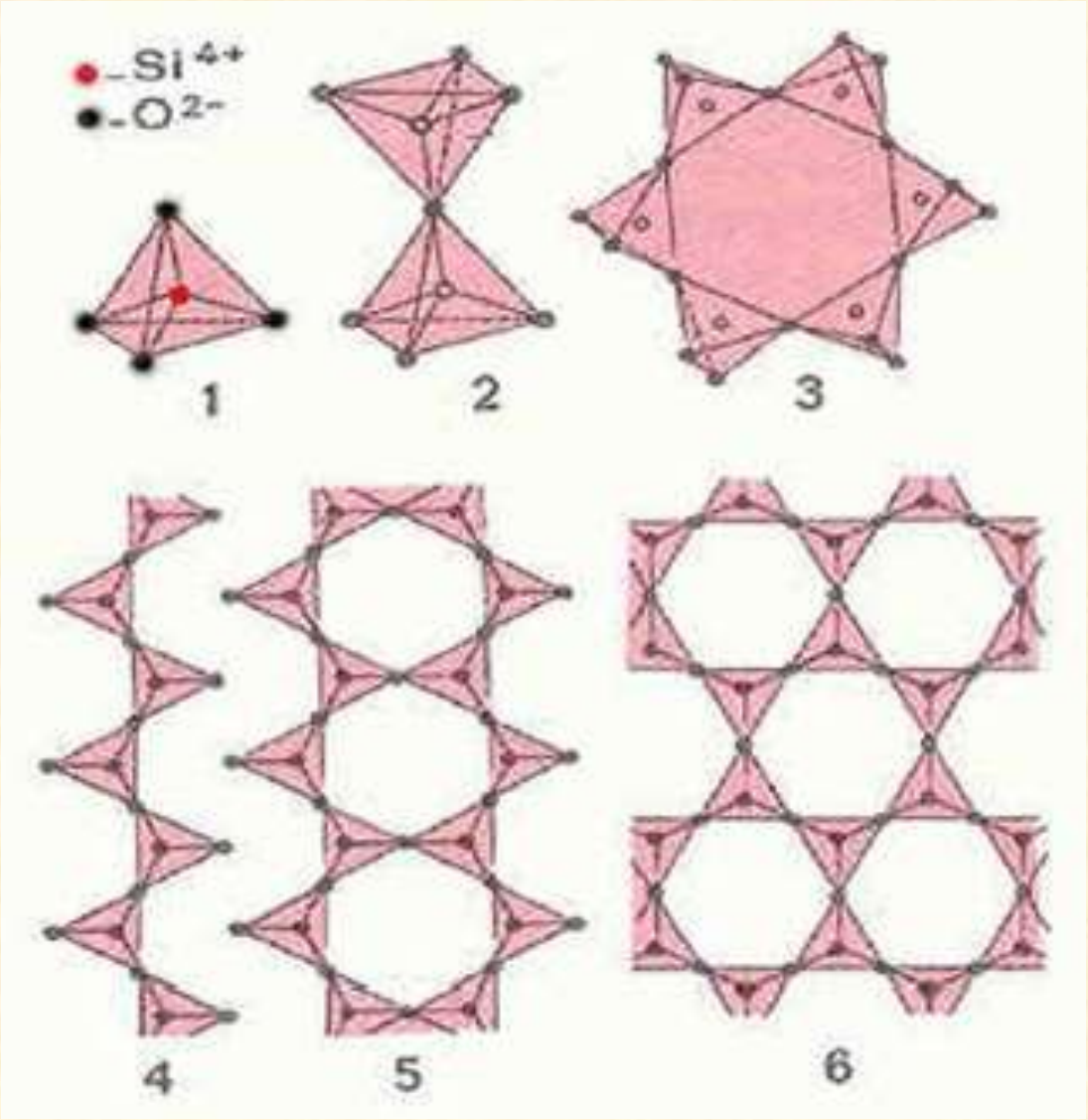
2. Les sorosilicates : représentent 3 % environ des espèces minérales. Parmi elles, l'épidote. (silicates à groupe dans la maille cristalline).

3. Les cyclosilicates : S'ils ne représentent que 2 % des espèces minérales, celles-ci sont très connues comme pierres gemmes : aigue-marine, émeraude, tourmalines. (silicates à structure cyclique).

4. Les inosilicates : représentent 4,5 % environ des espèces minérales. Les deux grandes familles sont les pyroxènes et les amphiboles. (silicates à chaîne continue).

5. Les phyllosilicates : on distingue plusieurs familles : les micas, les argiles et les serpentines. Les phyllosilicates représentent 6,5 % environ des espèces. (silicates à couche continue).

6. Les tectosilicates : la formule chimique de base est donc SiO_2 comme pour le quartz. Le nombre et la nature des substitutions déterminent les familles des feldspaths, des feldspathoïdes et des zéolites. Les tectosilicates représentent 4 % des minéraux**.** (silicates à charpente tridimensionnelle).


- Si^{4+}
- O^{2-}
1
2
3
4
5
6

I. Les minéraux

2. Classification des minéraux

2.10. Classe X : Minéraux organiques

La classe des ***minéraux organiques*** renferme environ 30 d'espèces à structure cristallographique bien définie. C'est le cas de la whewellite (un minéral composé d'oxalate de calcium monohydraté $Ca(CO4).H2O$), minéral constitutif des calculs rénaux (domaine médical).

I. Les minéraux

Remarque : le tableau présente la proportion (répartition) des éléments chimiques les plus abondants dans la **croûte terrestre**.

Oxygène (O)	**46,6 %**	**~75 %**
Silicium (Si)	**27,7**	
Aluminium (Al)	8,1	
Fer (Fe)	5,0	
Calcium (Ca)	3,6	
Sodium (Na)	2,8	
Potassium (K)	2,6	
Magnésium (Mg)	2,1	
... les autres	1,5	

On y voit que deux éléments seulement, Si et O, comptent pour près des trois quarts (74,3 %) de l'ensemble des matériaux. Il n'est donc pas surprenant qu'un groupe de minéraux composés fondamentalement de Si et O avec un certain nombre d'autres ions et nommés **silicates**, compose à lui seul 95 % du volume de la croûte terrestre.

On considère que **le noyau** est composé presque uniquement de fer et de nickel, ce qui est bien différent de ce qu'on présente ici. Lors de la formation de la terre, les ***éléments légers***, comme l'oxygène et le silicium ont ***migré*** vers l'***extérieur***, alors que les ***éléments plus lourds***, comme le fer, se sont ***concentrés*** au ***centre*** de la terre.