

Cours n°1

Introduction

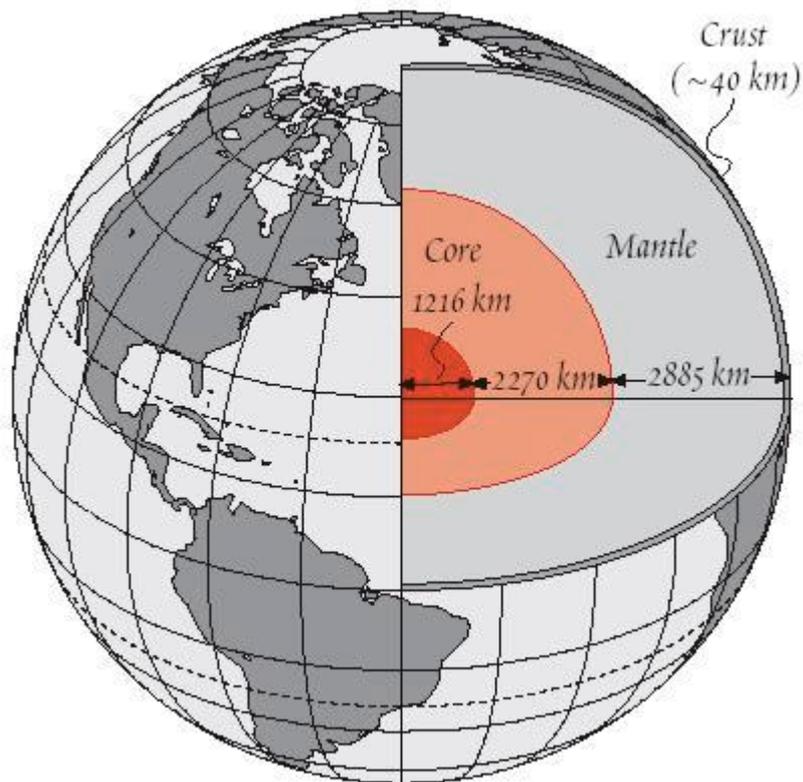
Distance entre Terre et Soleil : 1 UA = $1,6 * 10^6$ km

Densité : 5,5

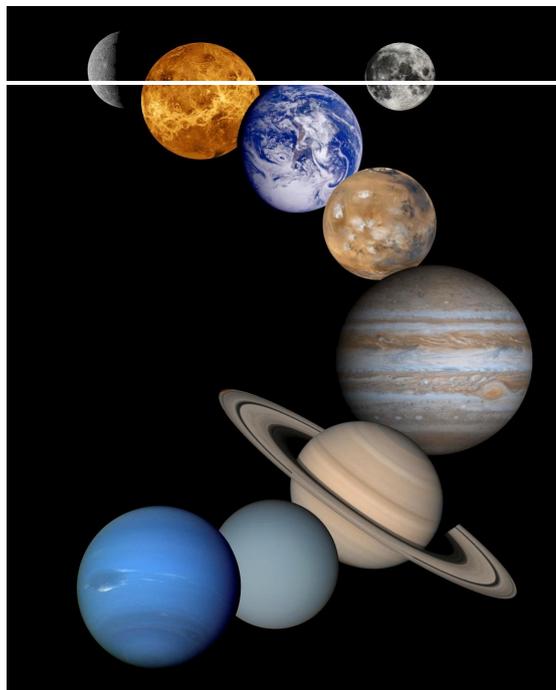
Un satellite, Lune.

Elle est principalement solide.

La croûte terrestre est constituée à 50 % d'Oxygène et à 25 % de Silicium.



Terre fait partie du système Solaire.



Notre galaxie s'appelle la Voie Lactée.



Qu'est-ce que la géologie ?

« C'est une science qui vise à comprendre la nature, la distribution, l'histoire et la genèse des constituants de Terre. »

Les minéraux

Les matériaux solides de la lithosphère sont pour la plupart cristallisés.

Une roche est un assemblage de minéraux. Un minéral est un cristal naturel de composition chimique définie, homogène et possédant une structure atomique ordonnée.

Macroscopiquement, les minéraux ont une forme géométrique régulière. Ceci est en fait dû à un arrangement tridimensionnel et périodique de la matière à une échelle microscopique.

à Deux types majeurs de liaisons chimiques constituent les minéraux :

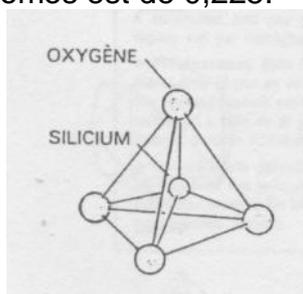
- _ Les liaisons ioniques (Ex : $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) moins résistantes que
- _ Les liaisons covalentes

On peut regrouper les cristaux en sept systèmes cristallins caractérisés par leurs éléments de symétrie.

On en déduit les polyèdres de coordination qui définissent l'arrangement géométrique des ions, en fonction de leurs tailles.

Le triangle est le polyèdre de coordination 3. Le rapport optimal des rayons des atomes est de 1,55.

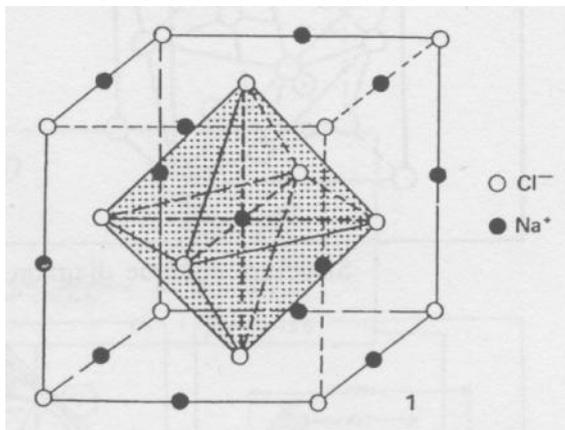
Le tétraèdre est le polyèdre de coordination 4. Le rapport optimal des rayons des atomes est de 0,225.



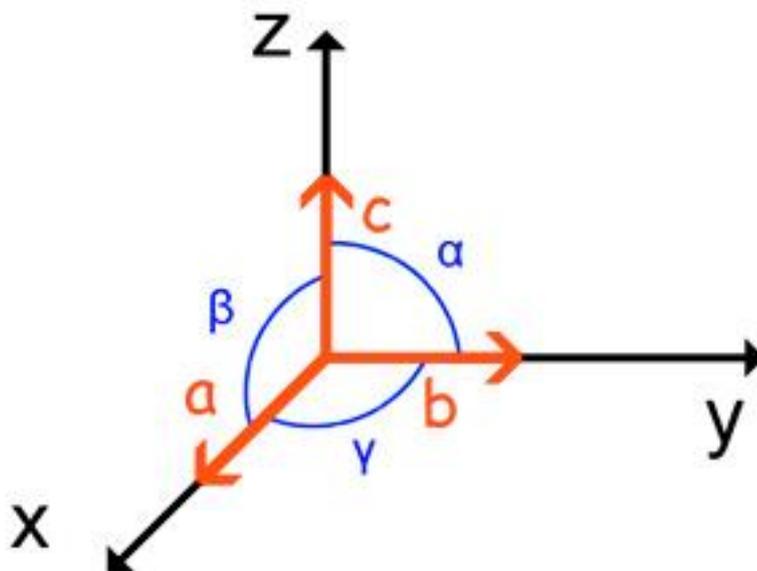
Et ainsi de suite ...

On constitue ainsi des mailles élémentaires qui sont en fait les plus petits motifs atomiques dont la répétition dans toutes les dimensions de l'espace donne l'image du réseau cristallin.

Ex : maille élémentaire du sel

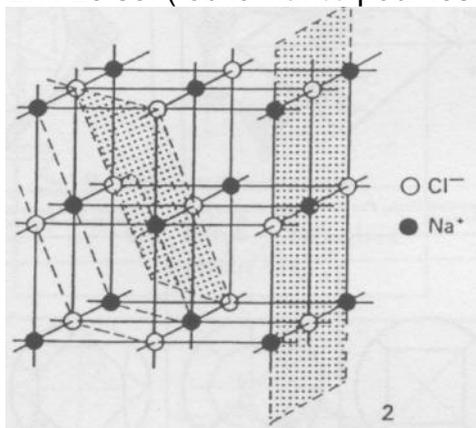


Par convention, les lettres associées aux axes sont toujours ceux-ci :



L'empilement des atomes détermine des plans. Ces plans riches en atomes constituent des faces cristallines potentielles.

Ex : Le sel (ou la halite pour les géologues)



Pour mesurer ces plans, on utilise la diffraction des rayons X.

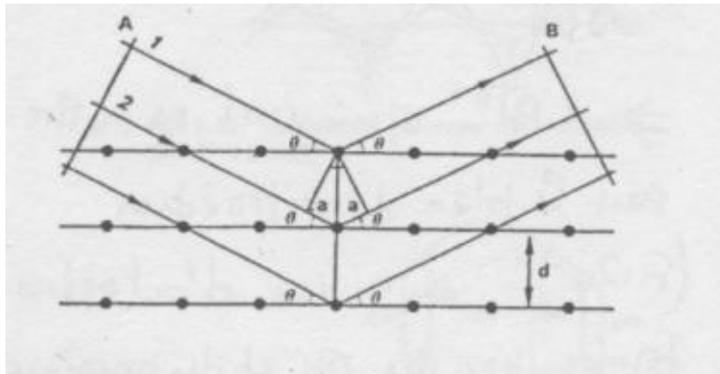


Figure 1.7

La diffraction des rayons X. Les rayons X utilisés pour l'étude des cristaux ont une longueur d'onde variant de 1 à 2 Å selon l'anticathode employée. Ils sont diffractés par les réseaux cristallins où les espacements sont du même ordre de grandeur, mais pour obtenir un signal sensible il faut qu'un grand nombre de plans parallèles interviennent et que se produisent des interférences réalisées lorsque les trajets des rayons diffèrent d'un nombre entier de longueurs d'onde. Si une interférence se produit pour les trajets 1 et 2 on sait que la différence de trajet ($2a = 2d \sin \theta$) est égale à une longueur d'onde. L'équation de Bragg $n\lambda = 2d \sin \theta$ permet de connaître l'espacement d entre les plans. Une très faible modification de l'angle d'incidence θ fait disparaître le signal. Celui-ci est enregistré soit directement sur un film, soit par l'intermédiaire d'un compteur couplé à un enregistreur.

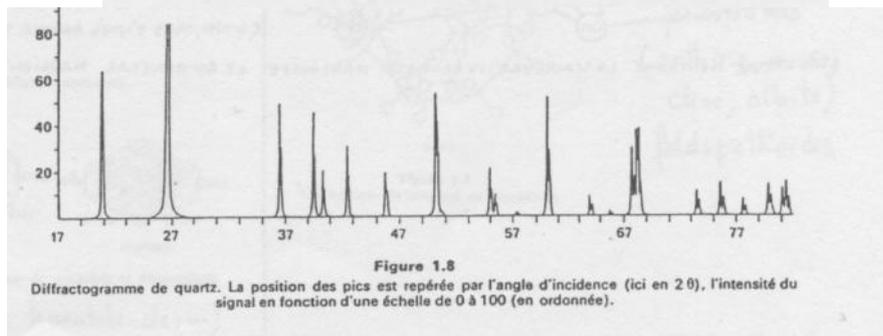


Figure 1.8

Diffractogramme de quartz. La position des pics est repérée par l'angle d'incidence (ici en 2θ), l'intensité du signal en fonction d'une échelle de 0 à 100 (en ordonnée).

Ce qu'il faut retenir, c'est que lorsque l'on obtient un pic sur le graphique, cela signifie que les rayons lumineux vibrent en phase, donc qu'ils ont la même incidence, et donc que les plans touchés sont parallèles (on a donc un plan défini).

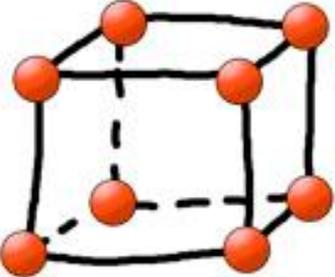
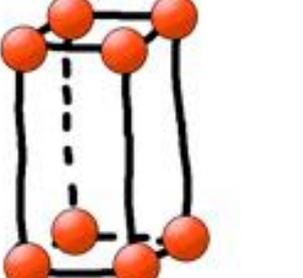
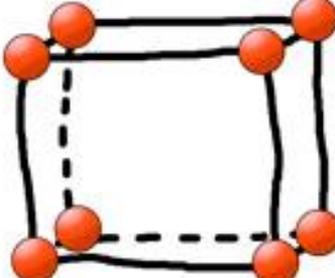
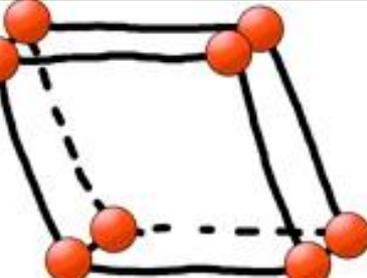
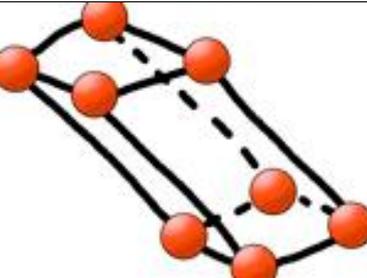
Notion de symétrie

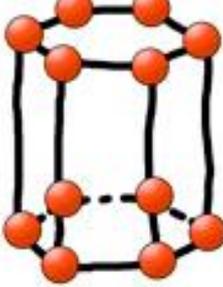
Les polyèdres de références ont de par leur constitution une certaine symétrie qui leur est propre.

Pour nommer ces symétries, on les identifie par leur type : axiale, centrale ou plane (miroir).

Presque la plupart des formes géométriques régulières font partie de sept familles principales déclinées comme suit :

| Systeme | Représentation | Éléments de symétrie |
|---------|----------------|----------------------|
|---------|----------------|----------------------|

| | | |
|----------------|---|---|
| Cubique |  | $\frac{3A_4}{3M} \quad 4A_3 \quad \frac{6A'_2}{6M'} \quad C$ |
| Quadratique |  | $\frac{A_4}{M} \quad \frac{2A'_2}{2M'} \quad \frac{2A''_2}{2M''} \quad C$ |
| Orthorhombique |  | $\frac{2A_2}{2M} \quad \frac{2A'_2}{2M'} \quad \frac{2A''_2}{2M''} \quad C$ |
| Monoclinique |  | $\frac{A_2}{M} \quad C$ |
| Triclinique |  | C |
| Rhomboédrique |  | $A_3 \quad \frac{3A'_2}{3M'} \quad C$ |

| | | |
|-----------|---|---|
| Hexagonal |  | $\frac{A_6}{M} \frac{3A'_2}{3M'} \frac{3A''_2}{3M''} C$ |
|-----------|---|---|

Il est possible de former d'autres systèmes géométriques à partir de ceux-ci en tronquant les angles ou les côtés du système. L'avantage est que la forme tronquée conserve les éléments de symétrie.

Dans tout cristal, il faut respecter la neutralité électrique.

Ex : SiO_4^{4-}

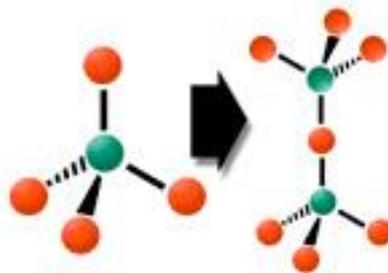
On dispose de deux manières pour neutraliser cet ion :

_ On peut ajouter des charges positives (cations).

Soit $\text{SiO}_4^{4-} + \text{Zr}^{2+} \rightarrow \text{ZrSiO}_4$.

_ On peut polymériser la molécule :

Avec tous les sommets polymérisés, on neutralise la molécule.



Dans les cristaux certaines ions peuvent se substituer. Pour cela, il faut que les différences de rayons ioniques soient inférieures à 15 %.

Ex : $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$
(0,74 Å) β (0,66 Å)

Substitution partielle :

$\text{Na}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+}$
(0,74 Å) β (0,66 Å)

è Problème au niveau des charges qui sera rétabli par une autre substitution.

Une espèce minérale est caractérisée par :

- _ ses propriétés physiques (dureté, éclat, couleur, etc ...)
- _ sa composition chimique
- _ une organisation dans l'espace (= structure cristalline)

Pour la dureté, on utilise l'échelle MOHS (qui va du diamant, 10° au talc, 1°)

Moyen mémo-technique :

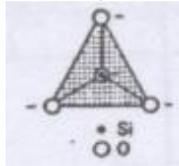
Ton grand copain fou d'amour ose quémander tes caresses divines.



1. Les silicates : SiO_4^{4-}

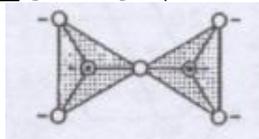
Les différences entre silicates viennent des différents degrés de polymérisation et de l'agencement différent des atomes.

A Les néosilicates $[\text{SiO}_4]$ (tétraèdres isolés)



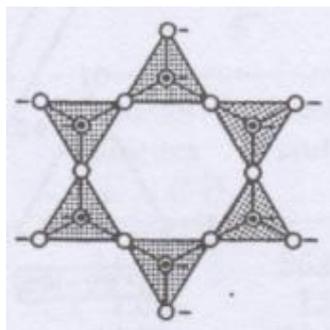
Ex : Zircon $\text{Zr} [\text{SiO}_4]$
 Péridots $(\text{Fe}, \text{Mg})_2 [\text{SiO}_4]$
 Grenats $(\text{R}^{2+})_3 (\text{R}^{3-})_2 [\text{SiO}_4]$
 Topaze $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] (\text{F}, \text{OH})_2$

B Les sorosilicates $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ (tétraèdres par paires)



Ex : Épidotes (avec Ca et Al)

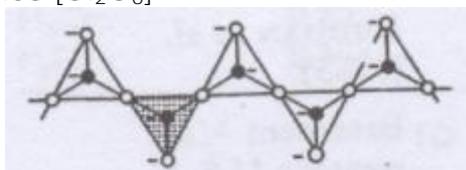
C Les cyclosilicates $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ (tétraèdres formant des étoiles de David)



Ex : Tourmaline (avec du B, Al, Na, Fe, etc ...)
 Béryl (cyclosilicate de béryl d'aluminium)
 à Émeraudes et aigues-marines

D Les inosilicates (tétraèdres alignés en échelle)

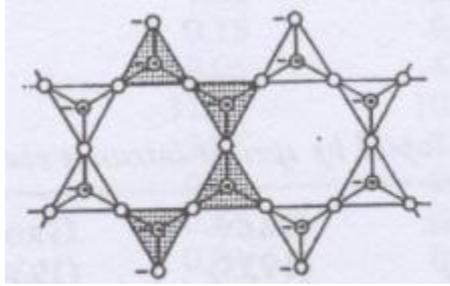
è À chaîne simple : pyroxènes $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$



Ils possèdent deux clivages à 90°.

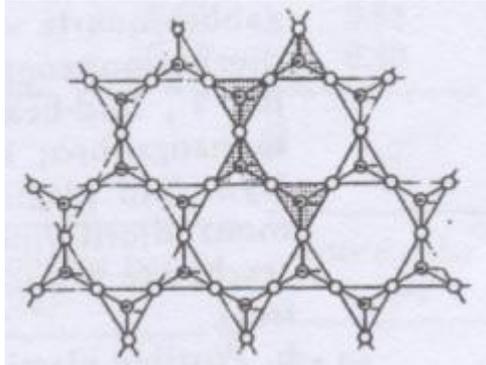
Plans de clivage = plans de cassure

è En ruban (ou deux échelles, ou étoiles de David l'une sur l'autre) : amphiboles
 $[(\text{Si}_4\text{O}_{11})\text{OH}]^{7-}$



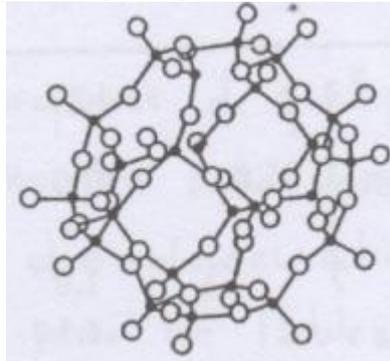
Ils possèdent deux clivages à 120°.

E Les phyllosilicates $[(Si_4O_{10})(OH)_2]^{6-}$ (assemblage de formes de David sur)



Ex : Talc
Argiles
Micas
Chlorites

F Les tectosilicates $[SiO_2]$ (tétraèdres associés dans l'espace)



Ex : Quartz
Feldspaths
Feldspathoïdes