



Les roches dissimulent le compte rendu de l'évolution terrestre, on dit souvent qu'elles sont à la géologie ce que les archives sont à l'histoire.

## Géodynamique Interne

Filière SVTU  
Semestre II  
Module : M.11

Le module a pour objectif principal de donner aux étudiants, les outils qui leurs permettront de comprendre les manifestations géologiques majeures dans les zones les plus profondes de la terre.

Responsable : Pr. Mohammed AARAB  
A.U : 2019/ 2020



## OBJECTIFS DU MODULE

Décrire les transformations de la lithosphère afin de construire les bases de la connaissance sur la tectonique globale.

- ☛ La répartition des séismes et des manifestations volcaniques permet de délimiter les plaques lithosphériques.
- ☛ Les variations de la vitesse des ondes sismiques en profondeur permettent de distinguer la lithosphère de l'asthénosphère.
- ☛ La partie externe de la Terre est formée de plaques lithosphériques rigides reposant sur l'asthénosphère qui l'est moins.
- ☛ Les plaques sont animées de mouvements qui transforment la lithosphère (formation de chaînes de montagnes, déplacement des continents, ouverture et fermeture des océans).
  - À raison de quelques centimètres par an, les plaques se forment et s'écartent à l'axe des dorsales. Elles se rapprochent et s'enfouissent au niveau des fosses océaniques.
  - L'affrontement des plaques engendre des déformations de la lithosphère et aboutit à la formation des chaînes de montagnes.



# Première partie : Les Matériaux de la planète

**Chapitre 1 : Les minéraux**  
Caractéristiques, Propriétés et Classification

**Chapitre 2 : Les Roches**  
Origines, Caractéristiques Minéralogiques et classifications



## Deuxième partie : La Dynamique interne de la planète

### Chapitre 1 : Les Séismes : **Tremblements de terre**

Origines, Mesures et Répartition  
Structure Interne du globe

### Chapitre 2 : Les Volcans : Origines Répartition et Classification

### Chapitre 3 : Dérive des continents Théorie de Wegener

### Chapitre 4 : La tectonique des plaques

# Première partie :

## Les matériaux de la planète



**L'objectif de ces rappels est :**

- ☞ d'avoir une idée sur les principaux constituants de la terre.
- ☞ de donner aux étudiants les outils qui leur permettront de comprendre et de bien suivre les travaux pratiques,



# Première partie :

## 1<sup>er</sup> Chapitre - Les minéraux

Caractéristiques, Propriétés et Classification



Pyrite  
(système

## Les associations atomiques

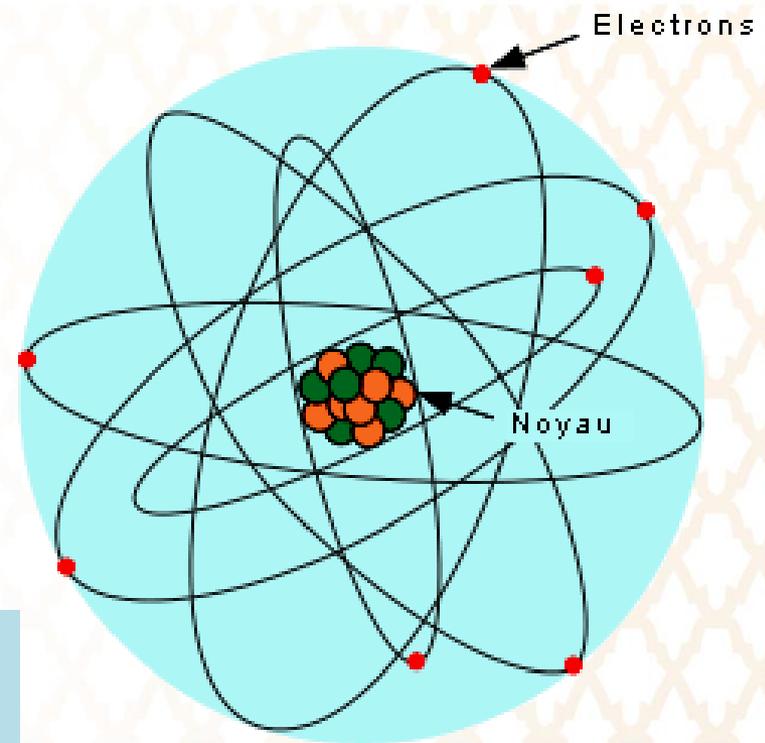
### ➤ Rappel de la constitution atomique

Nous savons tous que les matériaux de notre planète sont constitués d'éléments chimiques, comme l'hydrogène, l'oxygène, le fer, le nickel, etc....

Il y en a **106** dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev.

L'atome consiste en :

- un **noyau central** composé de **protons** (charges positives) et de **neutrons** (aucune charge),
- **entouré d'électrons** (charge négative) qui gravitent autour du noyau.



Toute la masse est concentrée dans le noyau, les électrons ayant une masse négligeable.

La **masse atomique** d'un atome est donc donnée par la masse du noyau, soit le nombre de protons + le nombre de neutrons.

Chaque atome possède un **numéro atomique** qui est donné par le nombre de protons.

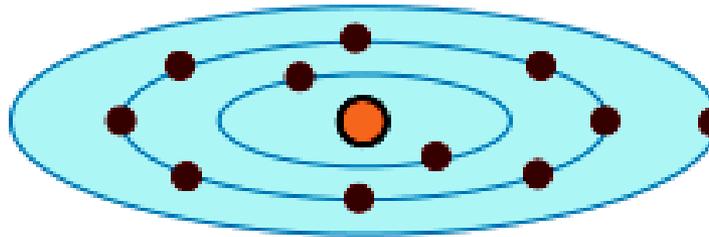
## □ Les édifices cristallins

- ☛ Si on monte d'un cran dans l'organisation de la matière, il y a les molécules qui sont formées d'un assemblage d'atomes qui sont liés entre eux par deux principaux types de liens :
  - ✓ les liaisons ioniques,
  - ✓ les liaisons covalentes.
- ☛ Le lien ionique est assuré par un transfert d'électron(s) d'un atome à l'autre.

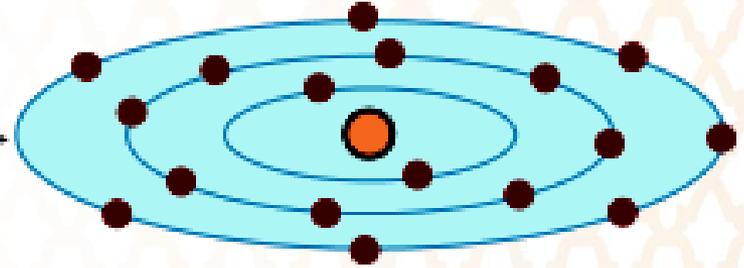
Si l'on examine l'exemple du sel (NaCl) :

- ⊗ le transfert d'un électron du sodium (Na) au chlore (Cl) produit une molécule stable,
- ⊗ le chlorure de sodium (NaCl), dans lequel les atomes sont sous leur forme ionique (les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ).

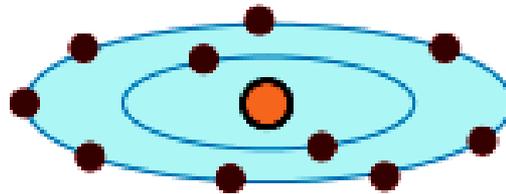
LIEN IONIQUE



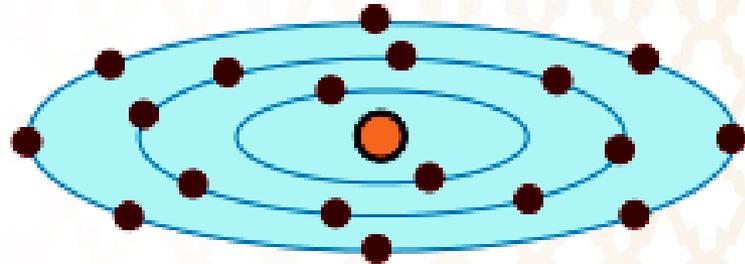
Atome de Sodium, Na



Atome de Chlore, CL



Ion (cation) Sodium, Na<sup>+</sup>



Ion (anion) Chlore, Cl<sup>-</sup>

Molécule de NaCl (sel ou halite)

- ☛ Encore un cran au-dessus des molécules, on a les minéraux.

Les minéraux sont constitués d'atomes et de molécules, et se définissent sur deux critères indissociables :

- **La composition chimique,**
- **La structure atomique.**

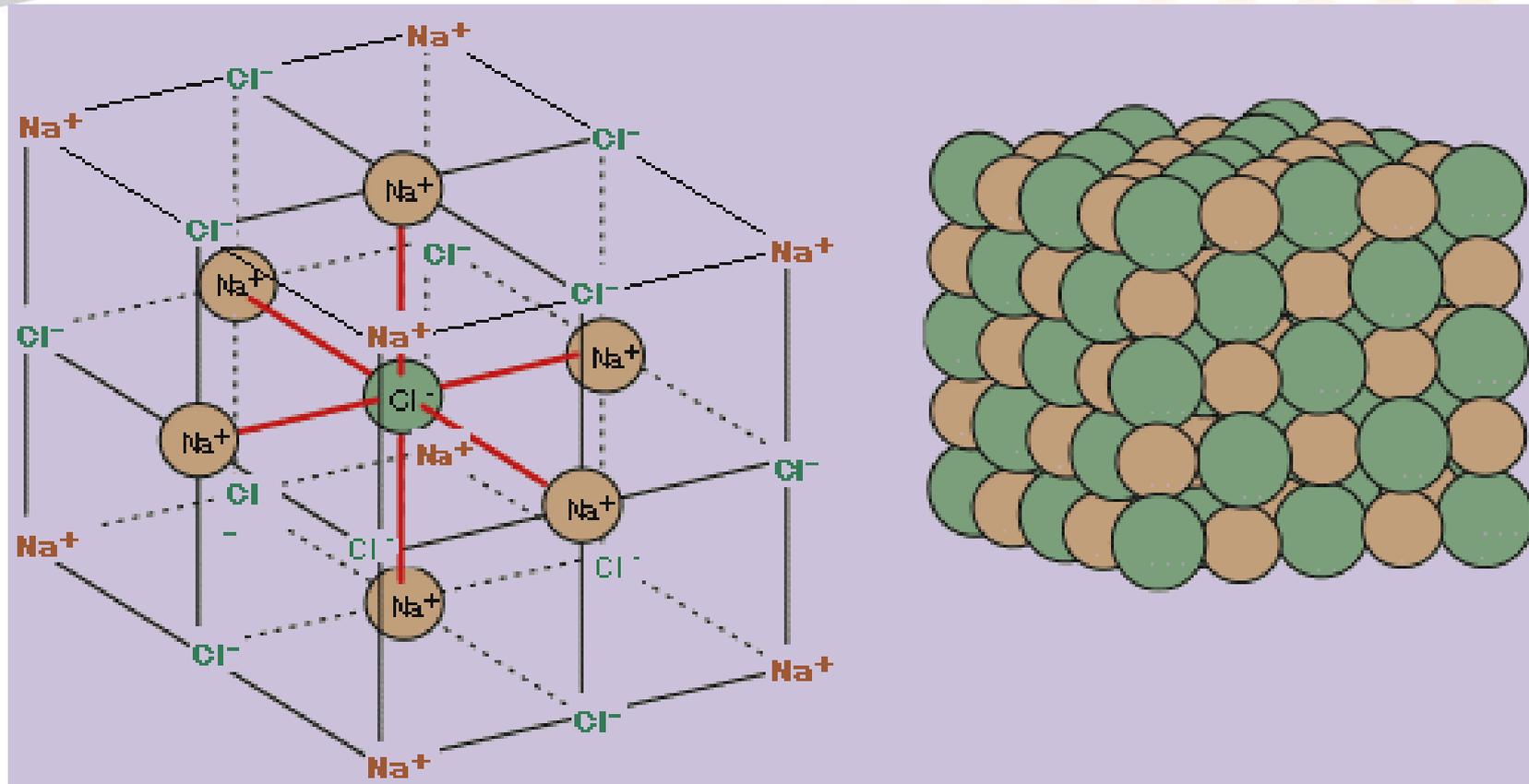
**En simplifiant, on peut dire que le minéral, c'est la matière ordonnée.**

### Exemple

Le minéral halite est un exemple simple qui illustre bien la dualité de la définition de l'espèce minérale.

- Sa composition chimique est **NaCl**, le chlorure de sodium (le sel de table!).
- Le minéral halite possède une structure atomique déterminée qu'on dit cubique.

On l'appelle cubique parce que l'arrangement des atomes, en alternance régulière entre les Cl et les Na, forme une trame cubique.



En réalité, les **ions sont tassés** les uns sur les autres,  
mais **conservent** toujours la **même structure**

- Même si chaque minéral possède **une composition chimique définie**, on admet certaines variations.
  - **Ainsi, il peut y avoir substitution de certains ions pour d'autres.**
  - **Par exemple**
    - L'**olivine** à la composition  $(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{SiO}_2$ , ce qui signifie que la proportion entre le **fer** et le **magnésium** peut varier.
- Les substitutions d'ions dans les minéraux sont en grande partie contrôlées par la **taille** et la **charge des ions**.

Ainsi, il sera facile de faire des **substitutions d'ions** de taille et de charge semblables,

On peut avoir substitution :

- du fer (**Fe**) au magnésium (**Mg**),
- du sodium (**Na**) au calcium (**Ca**),

mais on pourra difficilement substituer :

- L'oxygène (**O**) à l'aluminium (**Al**).
- Le potassium (**K**) à l'aluminium (**Al**),

ANION (-)	CATIONS (+)		
	Si <sup>4+</sup>  R = 0,39	Al <sup>3+</sup>  R = 0,51	
	Fe <sup>3+</sup>  R = 0,64	Fe <sup>2+</sup>  R = 0,74	Mg <sup>2+</sup>  R = 0,66
O <sup>2-</sup>  R = 1,40	Na <sup>1+</sup>  R = 0,97	Ca <sup>2+</sup>  R = 0,99	K <sup>1+</sup>  R = 1,33
R = rayon ionique en Angstroms (1Å = 10 <sup>-9</sup> mm)			

## 👉 La forme géométrique des cristaux

### – Les mailles et les réseaux

La cristallographie est la science qui étudie les cristaux :

- Les formes des cristaux ne sont pas quelconques.
- L'existence de ces formes est liée au fait que dans certains cas, les minéraux ont suffisamment d'espace autour d'eux pour croître et prendre des formes qui leur sont propres.

Ces formes macroscopiques traduisent le fait que les atomes sont arrangés à l'échelle microscopique.



## 👉 Notion de maille

**Haüy**, le grand cristallographe du XIX<sup>e</sup> siècle a fait une constatation :

- ➔ Un cristal fragmenté génère des morceaux,
- ➔ Les morceaux générés ont la même forme que le cristal initial,
- ➔ C'est la loi de stratification multiple.

*Du point de vue géométrique, il existe un certain nombre de volumes de base qui permettent de remplir un espace tri-dimensionnel sans laisser de vides.*

➔ La maille



## 👉 La maille

est l'enveloppe du plus petit parallélépipède de matière cristallisée conservant toutes les propriétés géométriques, physiques et chimiques du cristal et contenant suffisamment d'atomes pour respecter sa composition chimique. Pour construire un volume de cristal.

On va en fait empiler des volumes élémentaires; cette répétition s'appelle le réseau cristallin.



## ☛ Les sept systèmes cristallins

- ➔ On distinguera **7 systèmes cristallins** (Pas un de plus pas un de moins...)
- ➔ conditionnés par les relations de symétries de la maille cristalline et l'organisation des réseaux cristallins :



CUBIQUE



QUADRATIQUE



ORTHOROMBIQUE



HEXAGONAL



MONOCLINIQUE



RHOMBOHEDRIQUE



TRICLINIQUE

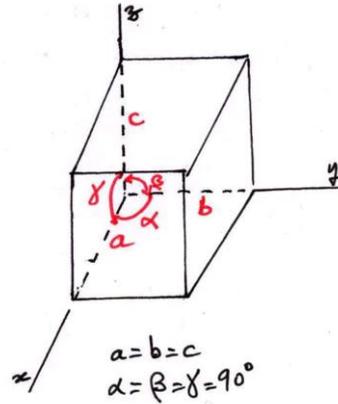
## Les sept systèmes cristallins

Les caractéristiques de chaque maille :

### Le système cubique :



**CUBIQUE**



$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

La maille élémentaire a la forme d'un cube.

La pyrite et le grenat sont classés dans ce système.

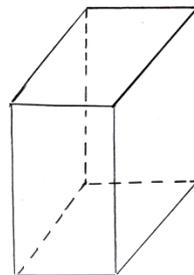


**Pyrite**  
(système)

### Le système quadratique :



**QUADRATIQUE**



$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

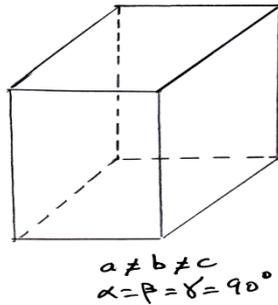
La maille élémentaire est un prisme droit à base carrée. Le zircon, la wulfénite et la vésuvianite cristallisent dans ce système.



Le système orthorhombique :



ORTHORHOMBIQUE



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

La maille élémentaire est prisme droit dont la base est un losange.

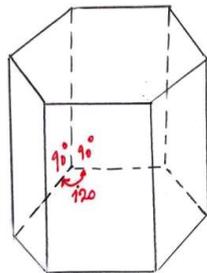
L'aragonite, l'olivine, la barytine et la topaze appartiennent au système orthorhombique.



Le système Hexagonal :



HEXAGONAL



$$a = b \neq c$$
$$\gamma = \beta = 90^\circ \quad \alpha = 120^\circ$$

La maille élémentaire est un prisme droit à base hexagonale (six faces).

Le béryl (émeraude de Colombie), l'apatite et la glace cristallisent dans ce système.

$$a = b \neq c$$
$$\beta = \gamma = 90^\circ \quad \alpha = 120^\circ$$

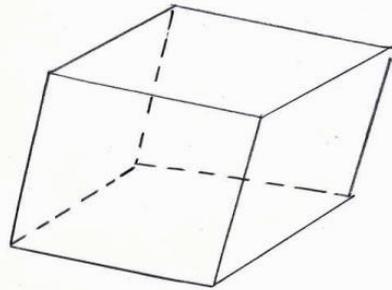


☛ Le système Rhombohedrique :



RHOMBOHEDRIQU

$$a = b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$

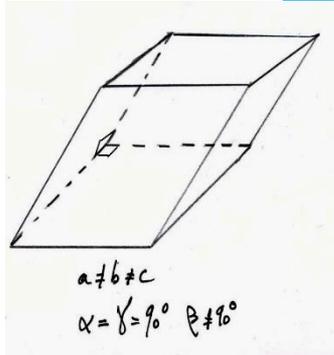


$$a = b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$



La maille élémentaire est le rhomboèdre : parallélépipède dont les six faces sont des losanges.  
La tourmaline, le corindon, la sidérite et la **calcite** appartiennent au même système rhomboédrique.

## Le système monoclinique :



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$$

$$a \neq b \neq c$$

**MONOCLINIQUE**  $\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$



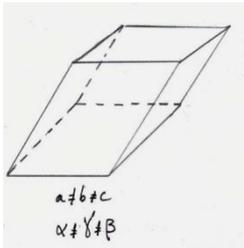
La maille élémentaire est un prisme droit dont la base est un parallélogramme.

Ce système cristallin, le plus fréquent, comprend le gypse, et l'orthose (feldspath potassique- FK)

## Le système triclinique :



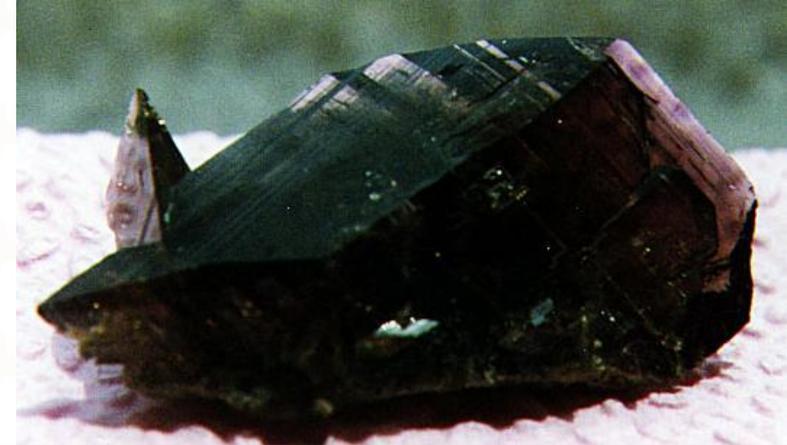
**TRICLINIQUE**



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$



La maille élémentaire ne comprend aucun axe de symétrie.  
L'axinite et les feldspaths plagioclases (calco-sodiques) sont des minéraux tricliniques.

□ Tous les minéraux de la création auront des formes rapportées à l'un de ces systèmes :

– Exemple :

- La calcite est rhomboédrique
- Le diamant est cubique
- Le saphir est cubique
- L'émeraude est hexagonale

.....

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

- **Forme**
- **Couleur**
- **Éclat**
- **Densité**
- **Trait**
- **Dureté**
- **Macle**
- **Saveur**
- **Action des acides**
- **Magnétisme**
- **.....**

## □ La forme :

La forme cristalline est souvent ce qui donne 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 :



- la halite 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  $90^\circ$ .



- Le quartz commun cristallise dans le système **hexagonal**; on aura des cristaux à six côtés, et, dans les formes pyramidales, on aura une pyramide à six faces à chaque extrémité.

□ 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.

Des spécimens de couleurs différentes peuvent représenter le même minéral, comme le quartz qui présente plusieurs variétés selon la couleur qui va de l'incolore limpide (cristal de roche), au blanc laiteux, au violet (améthyste), au rouge (jaspe), au noir enfumé, au bleu, etc.,



Alors que des spécimens qui ont tous la même couleur peuvent représenter des minéraux tout à fait différents, comme ces minéraux à l'éclat métallique qui ont tous la couleur de l'or : la pyrite qu'on appelle l'or des fous, la chalcopyrite qui est un minerais duquel on extrait le cuivre, ... et l'or.

Toutefois, pour certains minéraux la couleur est un critère déterminant, exemple l'Azurite (de couleur bleu azure).



Il faut noter que la couleur doit être observée sur une cassure fraîche, car l'altération superficielle peut modifier la couleur, particulièrement chez les minéraux à éclat métallique.

□ L'éclat :

L'éclat des minéraux, 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,



☛ 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),
- **nacré**



□ La densité :

La densité des minéraux 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/cm<sup>3</sup>**, soit **2,7 fois** plus lourd qu'un volume égal d'eau.

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**.

### □ Le trait :

Une propriété qui a trait à la couleur, mais qui est un peu plus fiable et dont le test est facile à réaliser, c'est le trait.

Il s'agit en fait 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 non émaillée (en autant que la dureté de la plaque est supérieure à celle du minéral - voir dureté).

### 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.

La pyrite : de couleur jaune or, laisse un trait noir.



□ La 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**.

Dureté	Minéral
1	<u>Talc</u> , friable sous l' <u>ongle</u>
2	<u>Gypse</u> , rayable avec l'ongle
3	<u>Calcite</u> , rayable avec une pièce en <u>cuivre</u>
4	<u>Fluorine</u> , rayable (facilement) avec un <u>couteau</u>
5	<u>Apatite</u> , rayable au couteau
6	<u>Orthose</u> , rayable à la <u>lime</u> , par le <u>sable</u>
7	<u>Quartz</u> , raye une <u>vitre</u>
8	<u>Topaze</u> , rayable par le <u>carbure de tungstène</u>
9	<u>Corindon</u> , rayable au <u>carbure de silicium</u>
10	<u>Diamant</u> , rayable avec un autre diamant

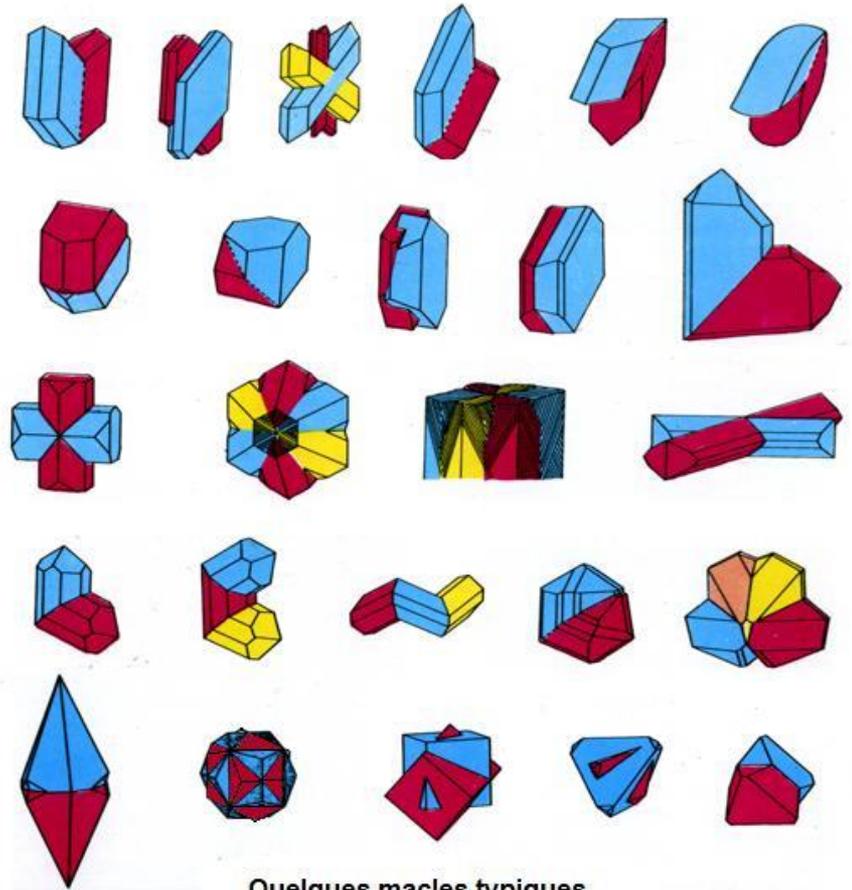
DURETÉ		
Rayés par l'ongle	<b>1</b>	<b>Talc</b>
Rayés par une pièce en cuivre de un cent	<b>2</b>	<b>Gypse</b>
	<b>3</b>	<b>Calcite</b>
Rayés par la lame d'acier d'un canif	<b>4</b>	<b>Fluorite</b>
	<b>5</b>	<b>Apatite</b>
Rayent le verre	<b>6</b>	<b>K-feldspath</b>
	<b>7</b>	<b>Quartz</b>
	<b>8</b>	<b>Topaze</b>
	<b>9</b>	<b>Corindon</b>
	<b>10</b>	<b>Diamant</b>

□ Les Macles :

Une macle est une association de 2 ou plusieurs cristaux de même nature, orientés différemment mais toujours suivant des règles cristallographiques rigoureuses.

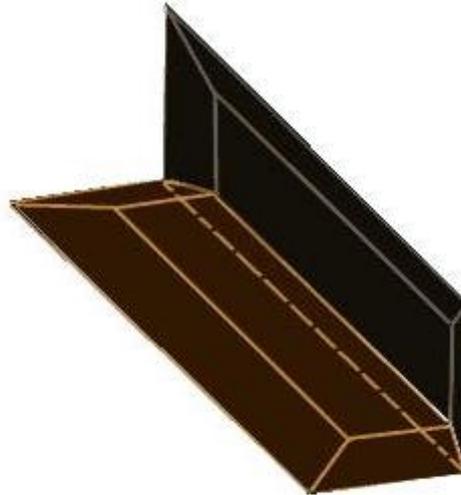
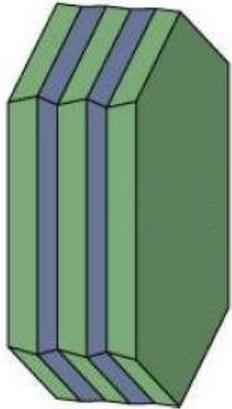
On distingue trois grandes catégories :

- MACLES PAR ACCOLEMENT
- MACLES PAR PENETRATION
- MACLES MULTIPLES



Quelques macles typiques

- MACLES PAR ACCOLEMENT



MACLE EN QUEUE D'ARONDE

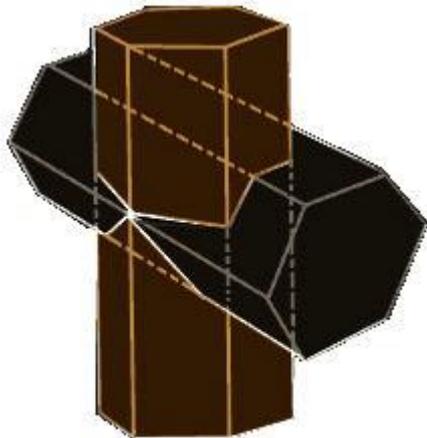


macle fer de lance ou en queue d'hirondelle pour le gypse

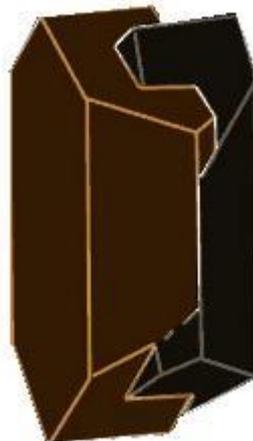


macle de la Gardette (référence mondiale) pour le quartz

- MACLES PAR PENETRATION



MACLE PAR PENETRATION



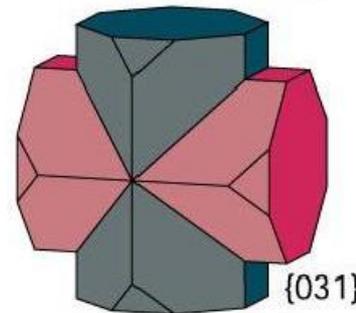
MACLE DE CARLSBAD



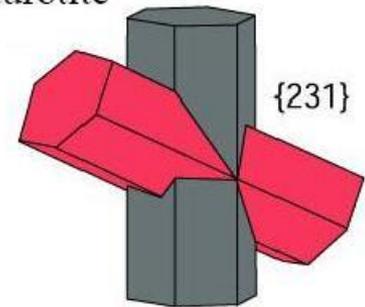
MACLE PAR PENETRATION



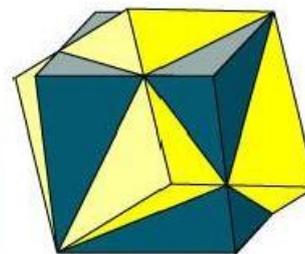
Mâcles de staurotite



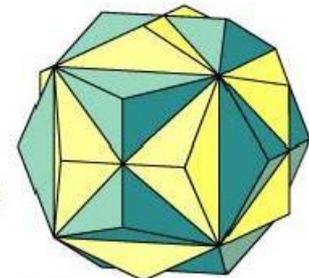
{031}



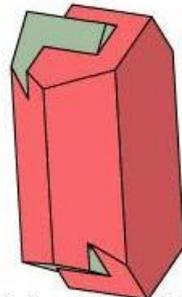
{231}



Fluorine [111]

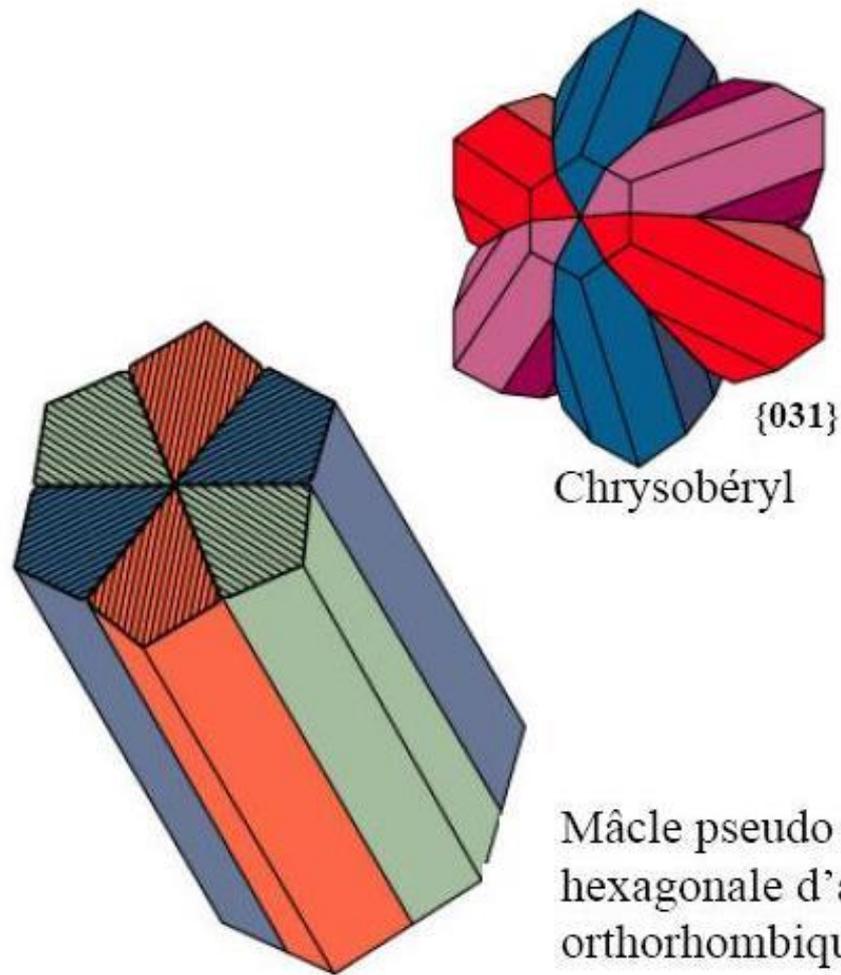


Pyritoèdre [011]



Carlsbad [001]

- MACLES MULTIPLES

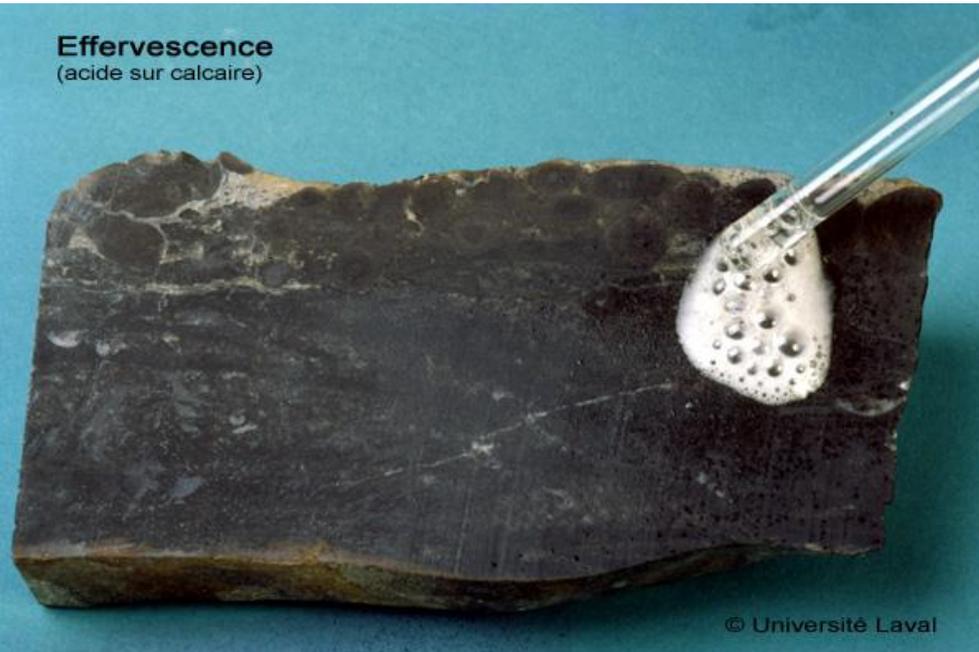


□ Action des acides :

Les minéraux de la classe des carbonates sont décomposés chimiquement par les acides (acides chlorhydrique, muriatique, acétique).

cette réaction chimique dégage des bulles de gaz carbonique, un phénomène qu'on qualifie d'**effervescence** (un bouillonnement).

Effervescence  
(acide sur calcaire)



© Université Laval

Selon les minéraux carbonatés, cette effervescence se produit, sur la masse minérale même ou sur la poussière, à froid ou à chaud

□ Magnétisme :

Les minéraux magnétiques sont peu nombreux, mais la propriété est importante.

Une fois un spécimen est établi comme magnétique, l'identification devient un exercice plutôt de routine.

Le minéral de la magnétite est nommée d'après cette caractéristique..



L'Ammonite - Wipri

□ La saveur :

La saveur correspond au goût de certains minéraux.

EXEMPLE :

Goût amère de la Sylvine.



Goût salé du sel gemme.



## □ Les Minéraux silicatés

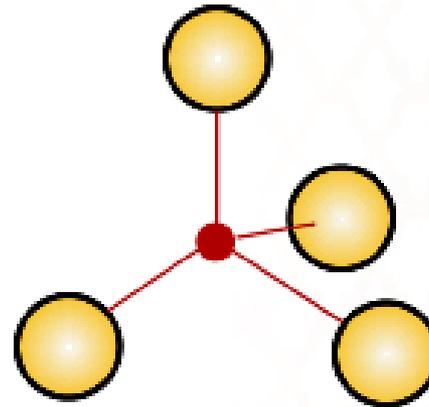
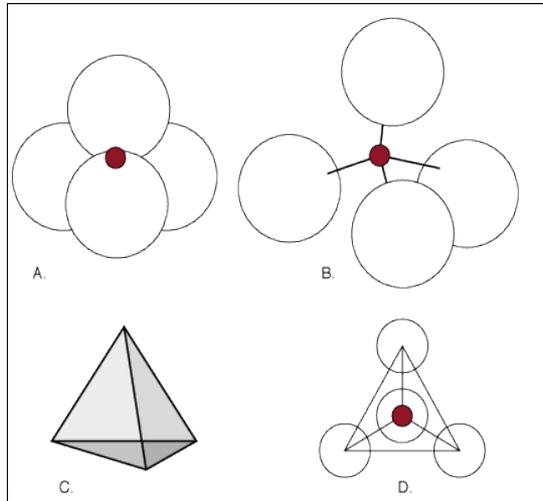
Le tableau ci-dessous présente la proportion des éléments chimiques les plus abondants dans la croûte terrestre.

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	

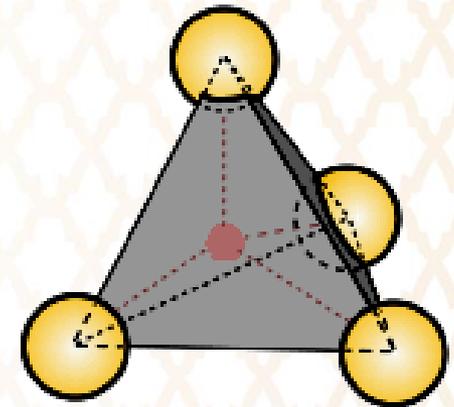
- On y voit que deux éléments seulement, **Si** et **O**, comptent pour près des trois quarts (74,3%) de l'ensemble des matériaux.
- Il n'est donc pas surprenant qu'un groupe de minéraux composés fondamentalement de Si et O avec un certain nombre d'autres ions et nommés silicates, compose à lui seul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

Les silicates constituent l'essentiel des roches magmatiques et métamorphiques.

Tous les silicates possèdent une structure de base composée des ions  $\text{Si}^{4+}$  et  $\text{O}^{2-}$



Structure de base des silicates



Le tétraèdre de base

Les silicates se distinguent en six grandes familles :

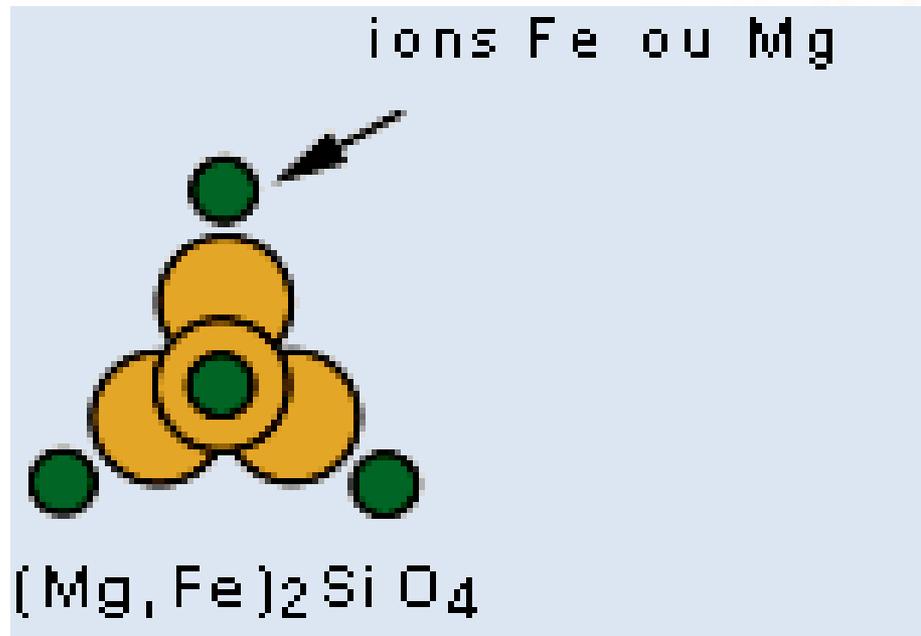
- ➡ **Les Nésosilicates**
- ➡ **Les Sorosilicates**
- ➡ **Les Cyclosilicates**
- ➡ **Les Inosilicates**
- ➡ **Les Phyllosilicates**
- ➡ **Les Tectosilicates**

## Les Nésosilicates

Tétraèdres reliés entre eux par des cations :

Exemple :

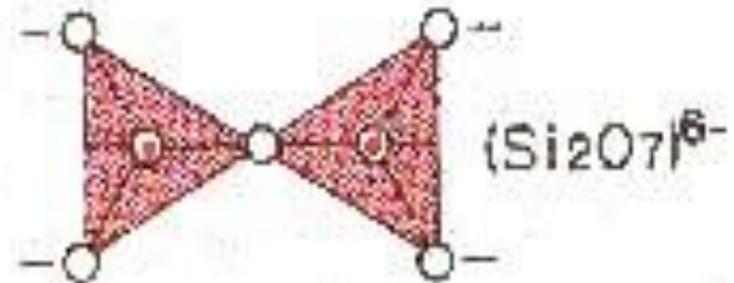
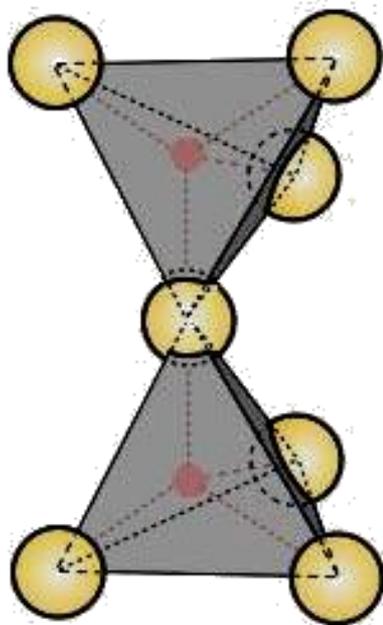
Grenats – péridots – Disthène – Sillimanite – Andalousite...



## Les Sorosilicates

Tétraèdres unis par paires avec un atome d'oxygène en commun :  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$

**Exemple :** Epidote



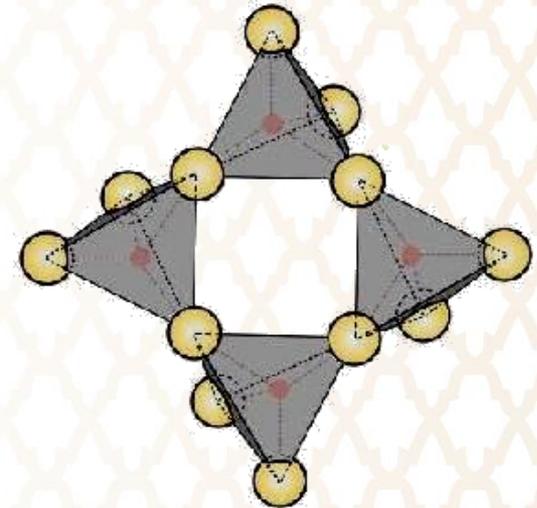
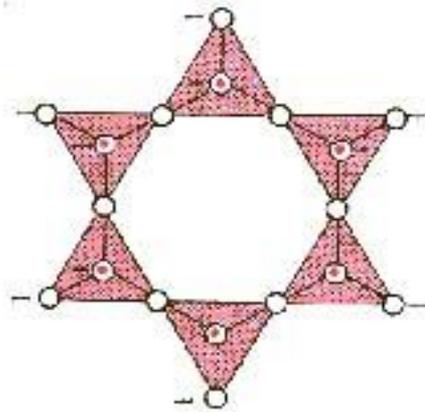
## Les Cyclosilicates

Tétraèdres en anneaux , ils cristallisent souvent en prismes.

Sur 4 sommets, seuls deux sont liés à d'autres tétraèdres.

**Exemple :** Tourmaline : à anneaux de 3 tétraèdres,

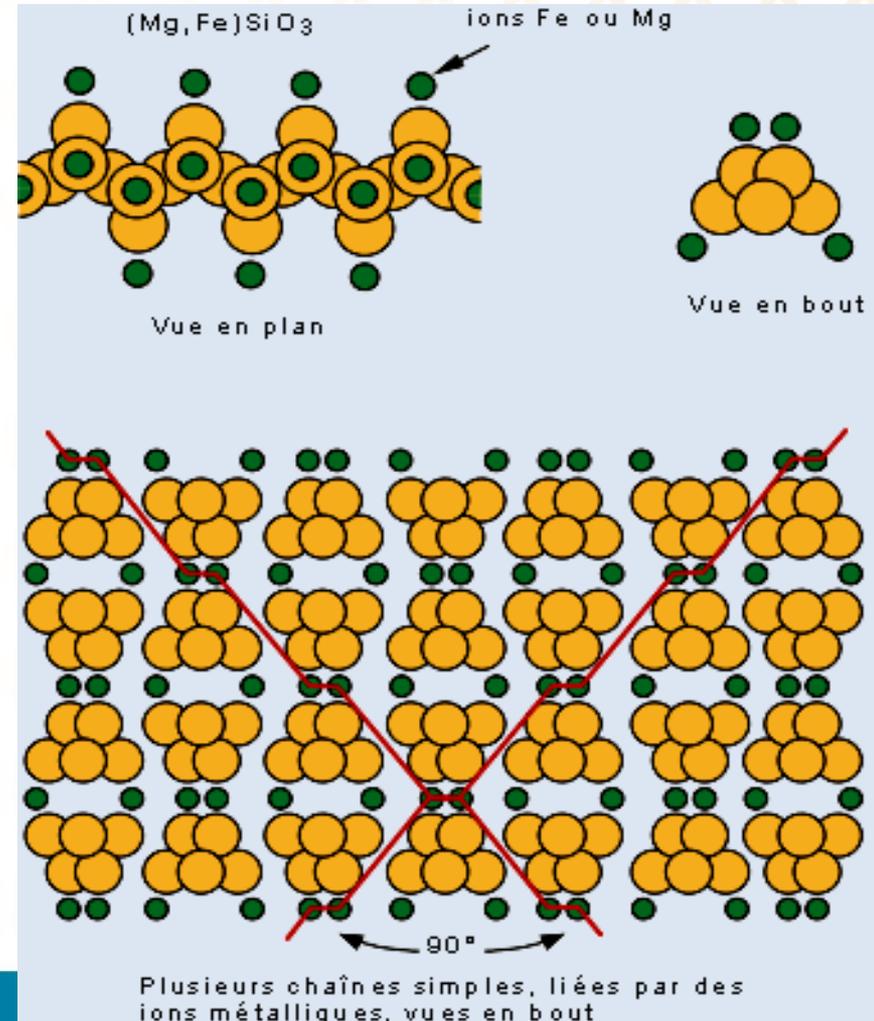
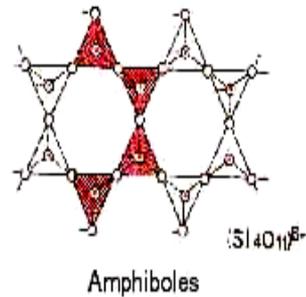
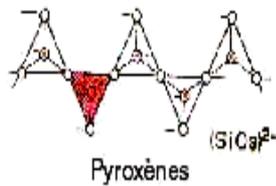
Béryl : à anneaux de 6 tétraèdres.



# Les Inosilicates

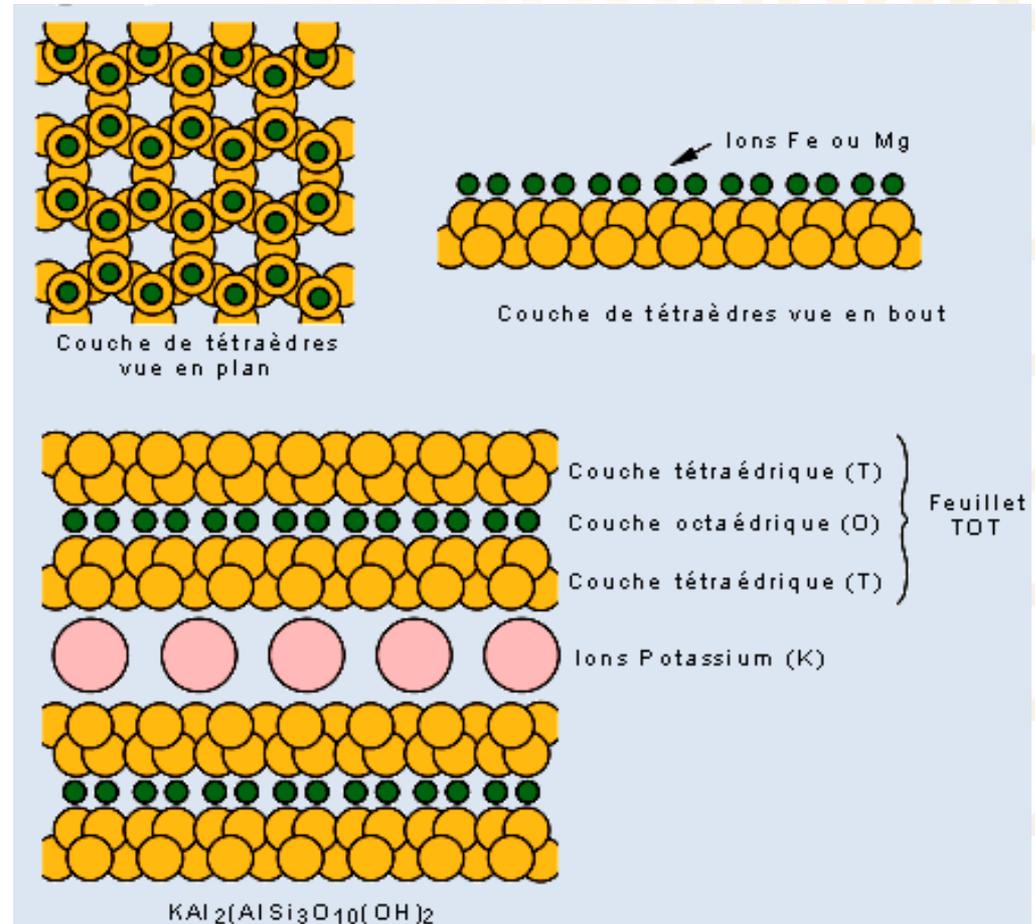
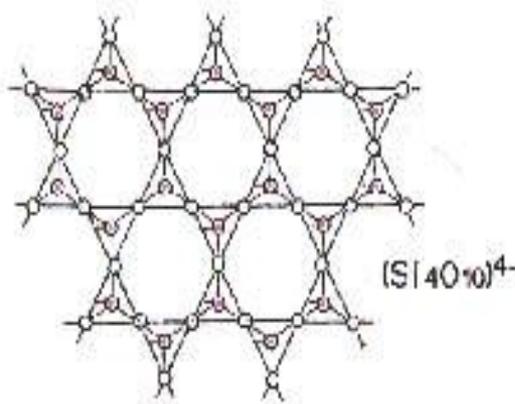
Tétraèdres allongés en chaînes simples , d'où la forme allongée des minéraux.

**Exemple :**  
Amphiboles, pyroxènes..



# Les Phyllosilicates

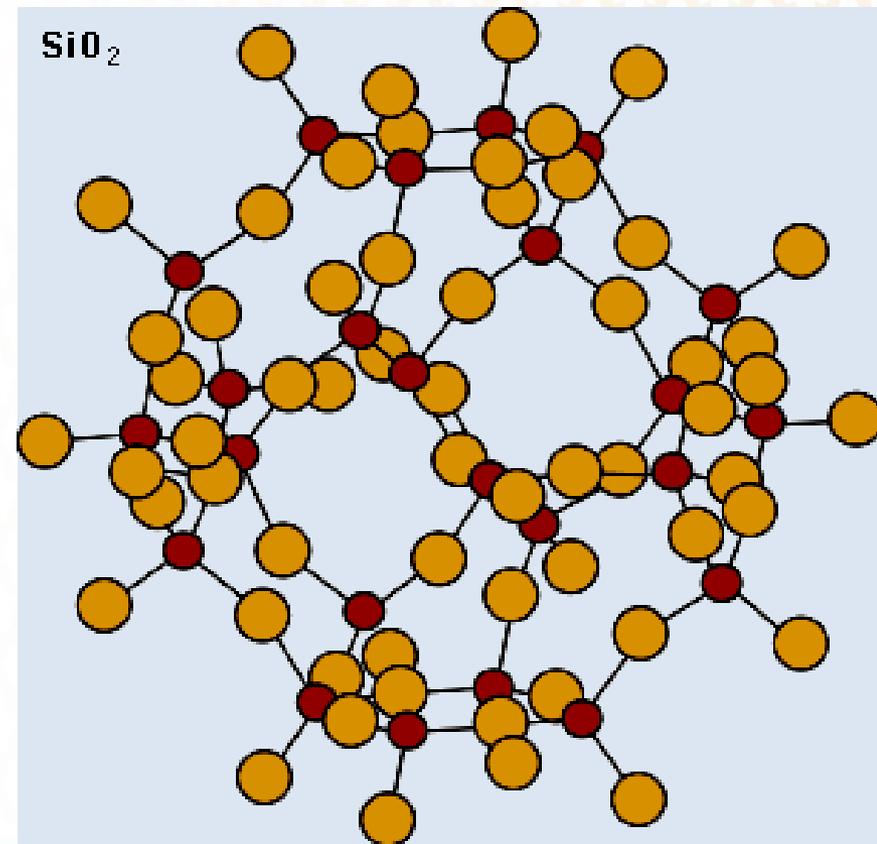
Tétraèdres en feuillets caractéristiques : **Micas**, **Argiles**, ....qui leur confère des propriétés absorbantes et plastiques.



# Les Tectosilicates

Tétraèdres reliés par tous leurs sommets d'où une **dureté supérieure** et la difficile introduction d'ions au cœur de la structure.

**Exemple :** Les quartz ou les feldspaths



## □ Les Minéraux Non-silicatés

- Il s'agit de minéraux accessoires, avec pour l'essentiel des minéraux sédimentaires dont les plus répandus :

- Les éléments natifs :

- **Les métaux :** Or, Argent, cuivre natifs
- **Les métalloïdes :** soufre natif, carbone (diamant, graphite)

Les **métalloïdes** sont des éléments sont des éléments de la classification périodiques qui ne sont pas des métaux mais dont les oxydes sont acides :

- \* Soufre (**SO<sub>2</sub>**),
- \* Phosphore (**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**),
- \* Carbone (**CO<sub>2</sub>**)...

## □ Les Minéraux Non-silicatés

### – Les halogénures :

- Les chlorures : Formés par évaporation en milieu marin ou lacustre.

Le plus commun est :

- le sel gemme : Halite (**NaCl**)
- la Sylvite (**KCl**)

- Les fluorures : Fluorine **CaF<sub>2</sub>**



### – Les Sulfures :

- Minéraux de minerais...

**Exemple :**

- Pyrite (**FeS**),
- Galène (**PbS**).



## □ Les Minéraux Non-silicatés

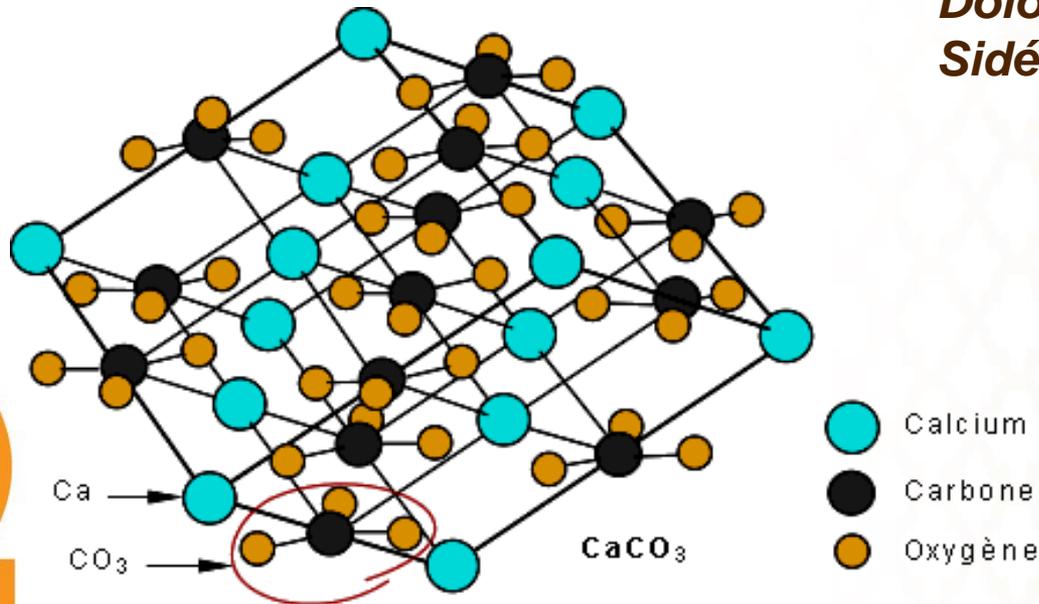
### – Les carbonates :

- Les plus répandus. Ex : la calcite qui compose l'essentiel des roches sédimentaires.

**Calcite, aragonite :  $\text{CaCO}_3$**

**Dolomie :  $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$**

**Sidérite :  $\text{FeCO}_3$**



## □ Les Minéraux Non-silicatés

### – Les oxydes :

#### □ Oxydes de fer :

- Magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
- Hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) noire qui laisse des traces rouge sang

#### □ Oxydes de titane :

- Rutile ( $\text{TiO}_2$ ), Anatase ( $\text{TiO}_2$ )

#### □ Oxydes d'aluminium :

- Le Corindon ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) : le saphir comme le rubis est un corindon

- Le groupe des spinelles : Dans le groupe des spinelles, on distingue le **spinelle** au sens strict de formule chimique  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ .

## □ Les Minéraux Non-silicatés

### – Les Sulfates :

□ Gypse :  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

□ Anhydrite :  $\text{CaSO}_4$

### – Les Phosphates :

□ L'apatite : phosphate de calcium  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$  en cristaux ou agrégats, où l'on trouve des inclusions de chlore, de fluor, de silicium et de terres rares.

## 1ere Partie - Les minéraux

GRUPE	MINÉRAL	FORMULE	USAGE
ÉLÉMENTS NATIFS	Or Argent Cuivre Diamant Graphite Soufre Platine	Au Ag Cu C C S Pt	échange, joaillerie joaillerie, photographie conducteurs électriques gemmes, abrasifs mines à crayons, lubrifiants médicaments, produits chimiques catalyseurs, alliages
OXYDES	Hématite Magnétite Corindon	Fe $2\mathbf{O}_3$ Fe $3\mathbf{O}_4$ Al $2\mathbf{O}_3$	minerai de fer minerai de fer gemme, abrasif
SULFURES	Galène Sphalérite Pyrite Chalcopyrite Bornite Cinabre	Pb $\mathbf{S}$ ZnS FeS $2$ CuFeS $2$ Cu $5$ FeS $4$ HgS	minerai de plomb minerai de zinc "or des fous" minerai de cuivre minerai de cuivre minerai de mercure
SULFATES	Gypse Anhydrite Barite	Ca $\mathbf{SO}_4$ .H $2\mathbf{O}$ CaSO $4$ BaSO $4$	plâtre et panneaux plâtre et panneaux boue de forage
CARBONATES	Calcite Dolomite Malachite Azurite Rhodochrosite	Ca $\mathbf{CO}_3$ CaMg(CO $3$ ) $2$ Cu $2$ (OH) $2$ CO $3$ Cu $3$ (OH) $2$ (CO $3$ ) $2$ MnCO $3$	ciment Portland ciment Portland minerai de cuivre, joaillerie minerai de cuivre, joaillerie joaillerie
SILICATES	quartz talc amiante kaolinite	$\mathbf{SiO}_2$ Mg $3$ Si $4$ O $10$ (OH) $2$ Mg $6$ Si $4$ O $10$ (OH) $8$ Al $4$ Si $4$ O $10$ (OH) $8$	verre, horlogerie, calculatrices poudre pour bébés isolant céramique
HALOGÉNURES	Halite Fluorite Sylvite	NaCl CaF $2$ KCl	sel commun fabrication des aciers fertilisants
HYDROXYDES	Limonite Bauxite	FeO(OH).nH $2\mathbf{O}$ Al(OH) $3$ . nH $2\mathbf{O}$	minerai de fer, pigment minerai d'aluminium