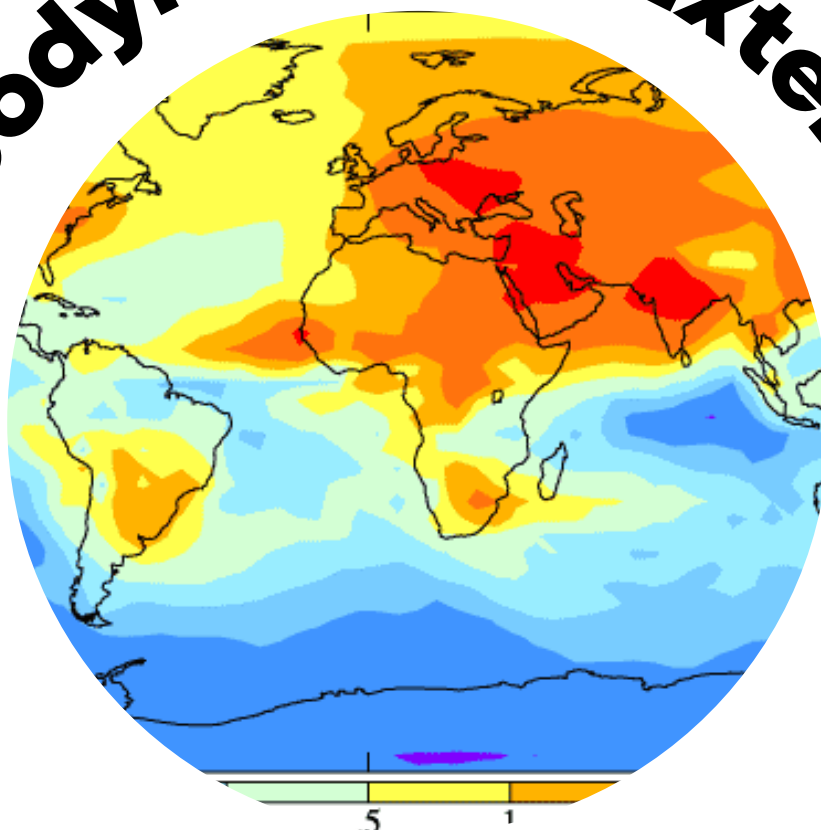


# Géodynamique Externe



SCIENCES DE LA  
VIE ET DE LA TERRE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



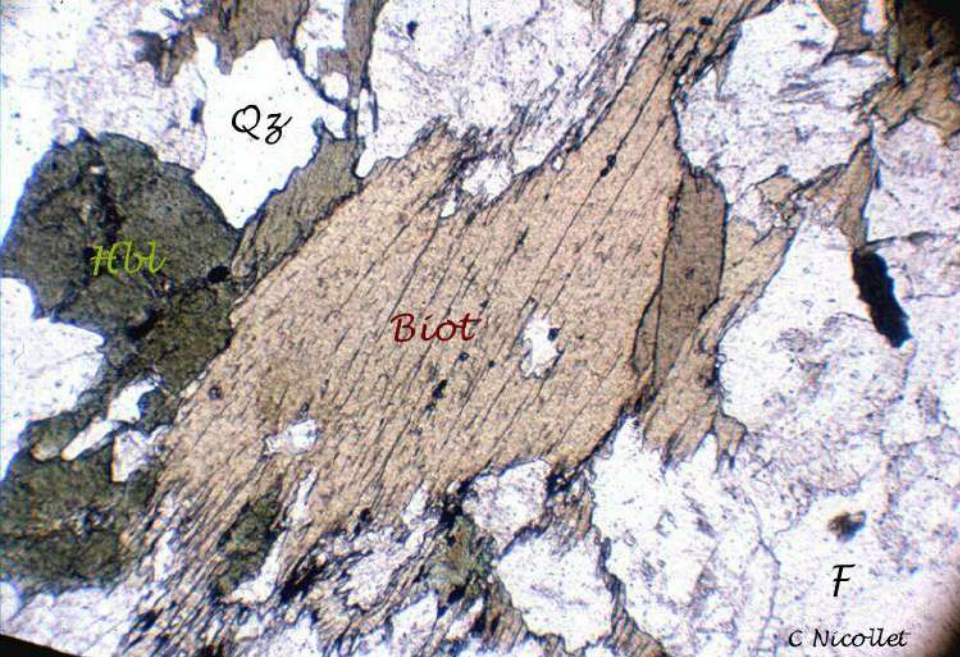
Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



# Pétrologie-pétrographie

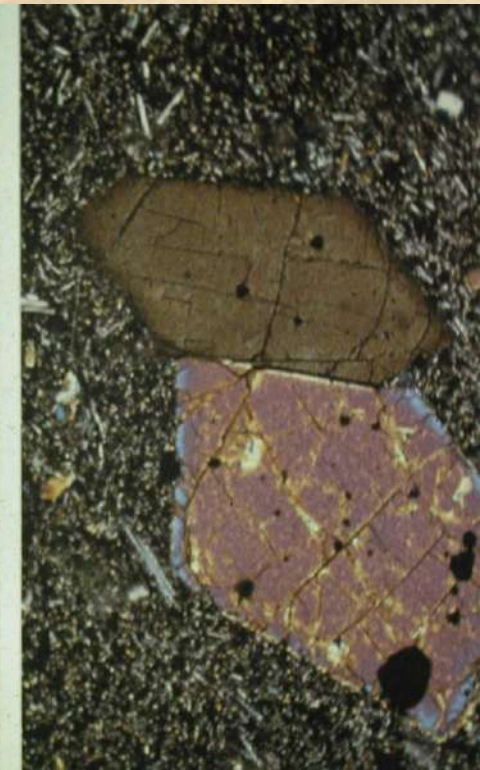
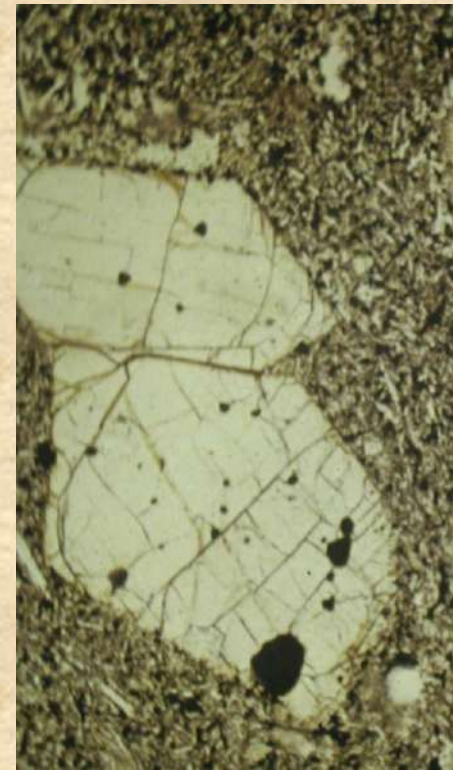
E N°1

ographie

ographie

copiquement homogène, possédant une  
sition chimique définie.

Un **crystal** est souvent repéré par une forme géométrique et la présence de surfaces planes (faces) et d'angles qui se répètent. Cette géométrie traduit ce qu'on appelle l'**état cristallin**. Un cristal est un corps caractérisé par l'arrangement ordonné de ses atomes constitutifs. Attention : parfois les cristaux ne présentent pas de formes géométriques, simplement parce qu'il n'ont pas eu l'espace suffisant pour les acquérir; on parle de cristaux **xénomorphes**, par opposition à **automorphes**



## I,2)- Eléments de symétrie

Deux figures sont dites mutuellement **symétriques** si on peut les faire coïncider par une opération géométrique (transformation géométrique). Cet opérateur géométrique est appelé "**élément de symétrie**". Les éléments de symétrie connus sont :

Elément de symétrie*	Notation	Effet
point	C	symétrie centrale
plan	M	miroir
axe de rotation	A2	rotation de 180°
	A3	rotation de 120°
	A4	rotation de 90°
	A6	rotation de 60°

Nous appellerons **élément de symétrie d'ordre supérieur** les axes de rotation strictement supérieur à A2. Par conséquent, les éléments A2, M et C sont appelés éléments de symétrie d'ordre inférieur.

### I,3)- Notion de maille

Haüy, le grand cristallographe du XIX<sup>e</sup> siècle a fait une constatation : un cristal fragmenté génère des morceaux qui 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** 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

**Surface élémentaire**

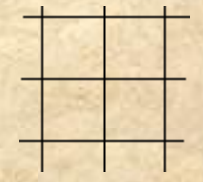
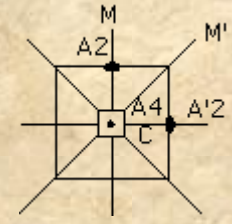
**Éléments de symétrie**

**Symétrie dans l'élément**

**Modèle**

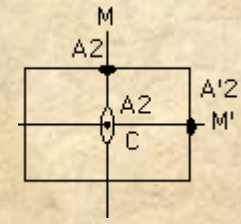
carré

A4 2A2 2A'2 2M 2M' C



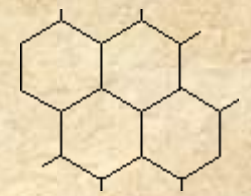
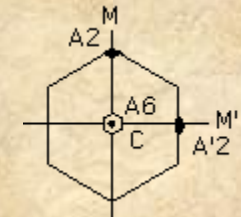
rectangle

A2 A'2 A''2 M M' C



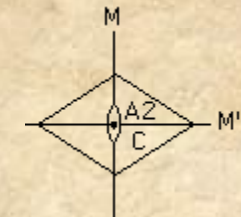
hexagone

A6 3A2 3A'2 3M 3M' C



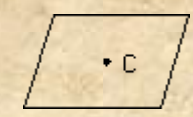
losange

A2 M M' C



parallélépipède quelconque

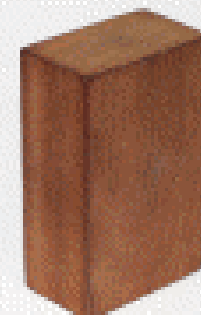
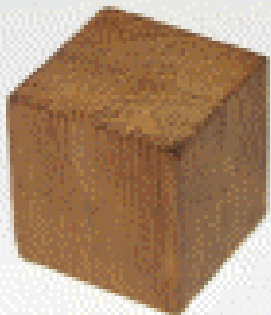
C



# I,4)- Présentation des systèmes cristallins

On distingue 7 systèmes cristallins :

Système	Longueurs des côtés	Angles	Éléments de symétrie*
Système cubique	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	3A4 <b>4A3</b> 6A2 3M 6M' C
Système hexagonal	$a=b \neq c$	$\alpha=\beta=90^\circ \quad \gamma=120^\circ$	<b>A6</b> 3A'2 3A''2 M 3M' 6M'' C
Système quadratique	$a=b \neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	<b>A4</b> 2A'2 2A''2 2M' 2M'' M C
Système rhomboédrique	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$	<b>A3</b> 3A'2 3M' C
Système orthorhombique	$a \neq b \neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	<b>A2</b> A'2 A''2 M M' M'' C
Système monoclinique	$a \neq b \neq c$	$\alpha=\beta=90^\circ \neq \gamma$	<b>A2</b> M C
Système triclinique	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	<b>C</b>



On va distinguer **trois groupes de systèmes cristallins** :

le système cubique qui possède plus d'un élément d'ordre supérieur

les systèmes hexagonal, rhomboédrique et quadratique, qui possèdent un seul élément d'ordre supérieur

les systèmes orthorhombique, monoclinique et triclinique qui ne possèdent aucun élément d'ordre supérieur.

### **Travaux pratiques. Applications aux modèles en bois : présentation des holoédries**

Sur ces différents modèles, identifier les éléments de symétrie.



système cubique



système hexagonal



modèle quadratique



modèle orthorhombique



système rhomboédrique

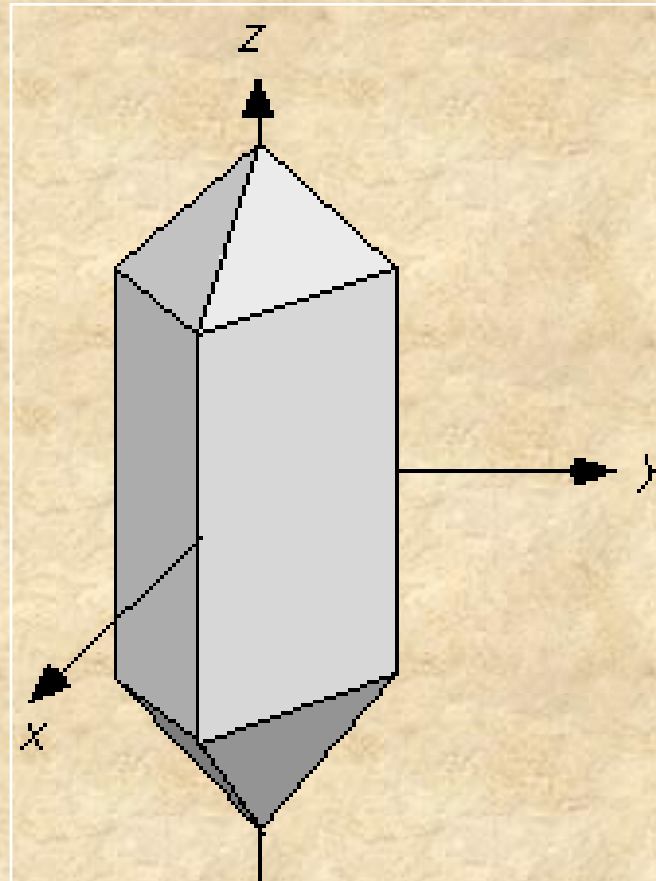


système monoclinique



système triclinique

**Le zircon se présente sous la forme suivante :**

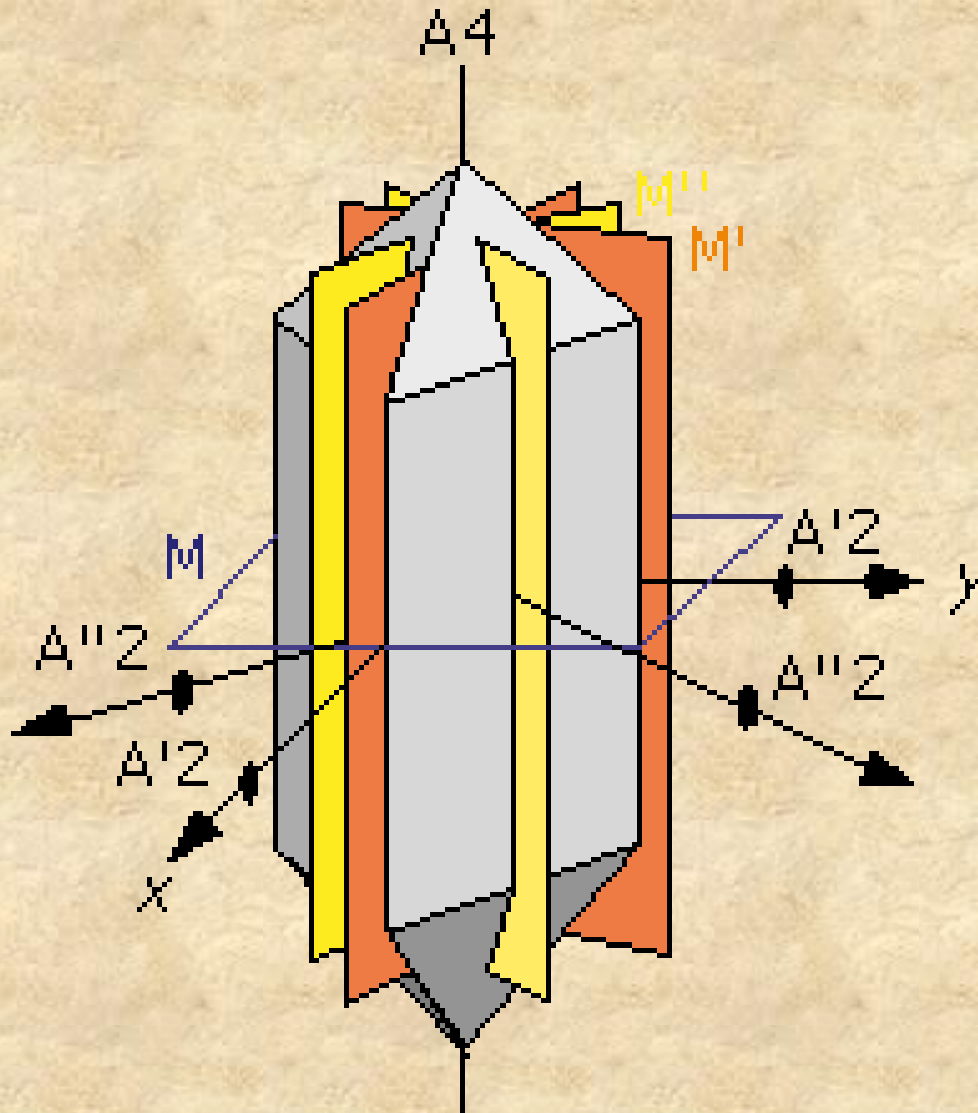


*A quel système appartient-il ? Placer les éléments de symétrie sur la figure*



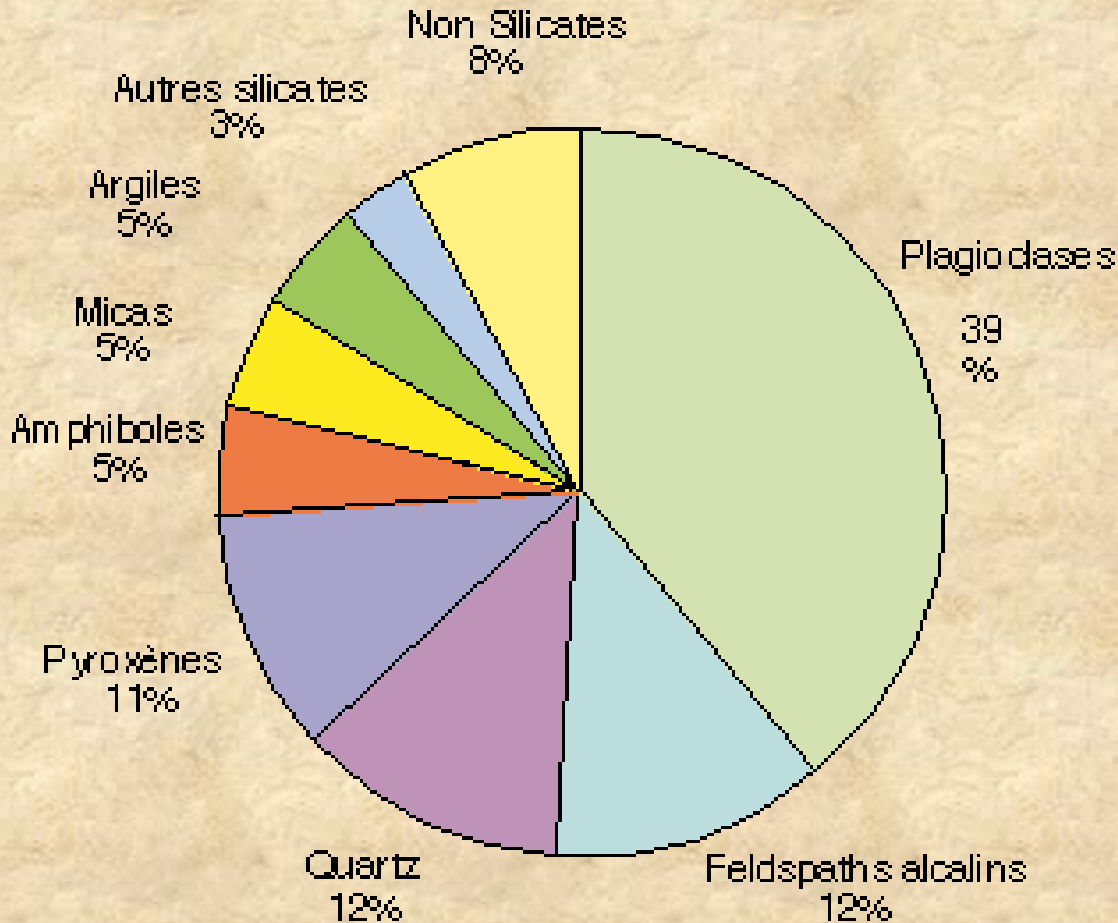
## Les éléments de symétrie du zircon

Le zircon appartient au système quadratique (présence d'un seul axe  $A_4$ ). Les éléments de symétrie sont placés ci-dessous :



# Les silicates

**Introduction : les principaux minéraux de la croûte terrestre** La quantité de minéraux composant l'écorce terrestre est représentée dans le diagramme en secteur ci-dessous. On constate que seuls 8% des minéraux ne sont pas des silicates. On en distingue plusieurs familles dont on va étudier la nature.



GROUPE	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	minerai de fer minerai de fer gemme, abrasif
SULFURES	Galène Sphalérite Pyrite Chalcopyrite Bornite Cinabre	PbS ZnS FeS <sub>2</sub> CuFeS <sub>2</sub> Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub> HgS	minerai de plomb minerai de zinc "or des fous" minerai de cuivre minerai de cuivre minerai de mercure
SULFATES	Gypse Anhydrite Barite	CaSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub> BaSO <sub>4</sub>	plâtre et panneaux plâtre et panneaux boue de forage
CARBONATES	Calcite Dolomite Malachite Azurite Rhodochrosite	CaCO <sub>3</sub> CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Cu <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> MnCO <sub>3</sub>	ciment Portland ciment Portland minerai de cuivre, joaillerie minerai de cuivre, joaillerie joaillerie
SILICATES	quartz talc amiante kaolinite	SiO <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> Mg <sub>6</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	verre, horlogerie, calculatrices poudre pour bébés isolant céramique
HALOGÉNURES	Halite Fluorite Sylvite	NaCl CaF <sub>2</sub> KCl	sel commun fabrication des aciers fertilisants
HYDROXYDES	Limonite Bauxite	FeO(OH).nH <sub>2</sub> O Al(OH) <sub>3</sub> .nH <sub>2</sub> O	minerai de fer, pigment minerai d'aluminium

# ***Travaux pratiques.***

## ***Reconnaissance macroscopique des principaux***

***silicates*** L'objectif de cette séance de travaux pratiques est de reconnaître macroscopiquement les principaux minéraux des roches. Il s'agit d'acquérir une démarche.. Cette démarche doit être basée sur l'**observation** d'un certain nombre de critères. Les principales propriétés physiques des minéraux sont :

**FORME** : la forme d'un minéral dépend de son système cristallographique. Le minéral présente des faces planes et un certain nombre de symétries (axes, plans, points).

## LA COULEUR

**COULEUR** : c'est l'impression laissée sur la rétine par la lumière réémise par une substance (lumière blanche initiale moins les longueurs d'onde absorbées par la substance). C'est un critère bien repérable, mais rarement un critère d'identification (elle dépend souvent des impuretés)

- Idiochromatique (propre au minéral) \*
- allochromatique (minéral incolore, si couleur : due aux impuretés)\*\*\*\*\*
- Pseudo-chromatique (due aux propriétés lumineuses)\*\*

Couleur visible pas nécessairement, celle du minéral: attentions aux inclusions, aux impuretés.

Mais attention aussi aux convergences de couleur entre certains minéraux

## DENSITÉ

(ou masse volumique) : c'est la quantité de matière dans un volume donné de la substance (kg/m<sup>3</sup>). Elle dépend essentiellement de la composition chimique et de l'organisation atomique.

## LA TRACE



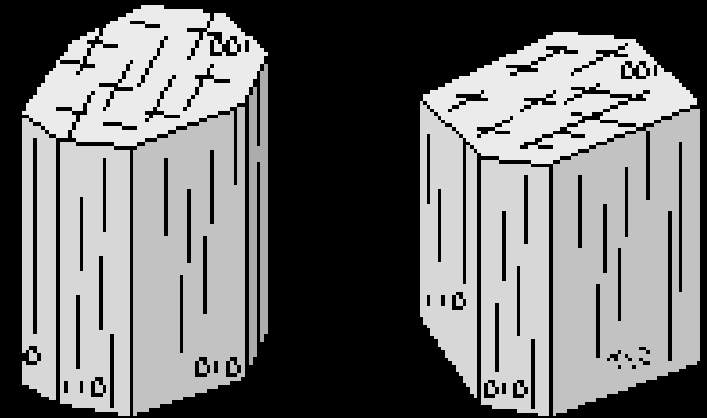
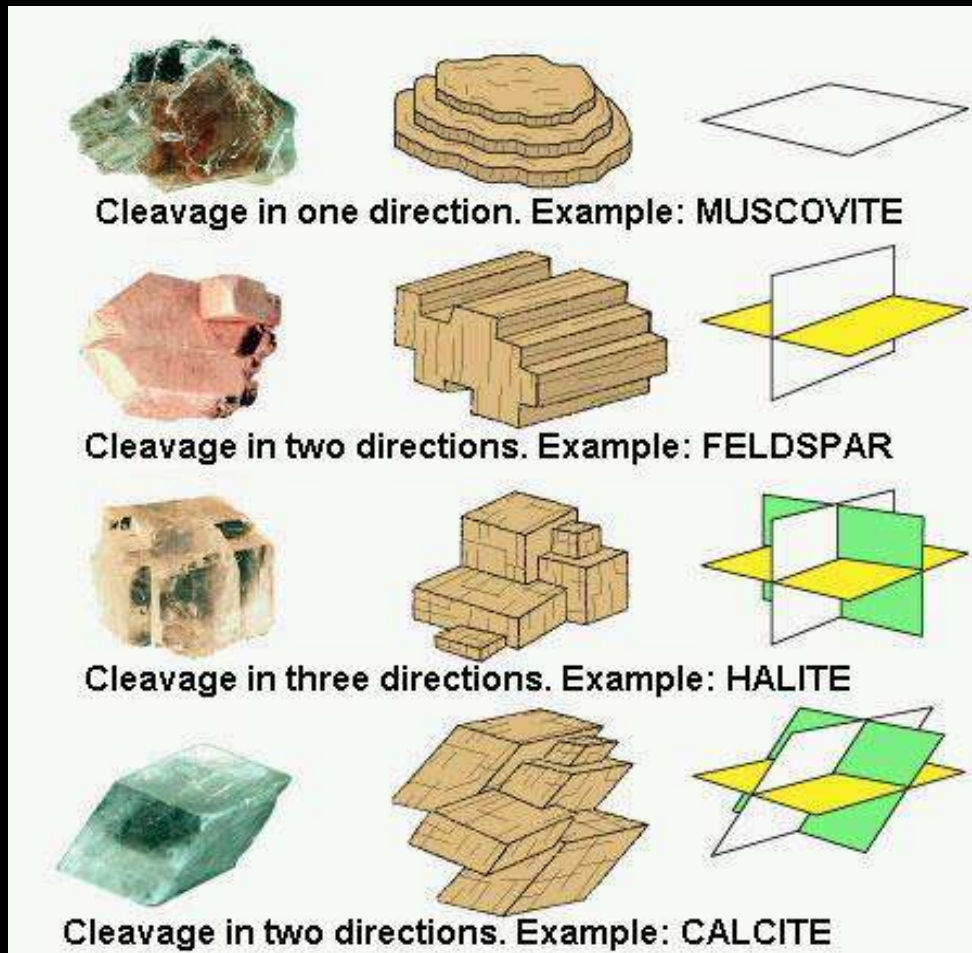
Couleur de la poudre, mais pas forcément couleur du minéral. Valable pour les minéraux dont la dureté est faible

**DURETÉ** : c'est la résistance des minéraux à la rayure. Il existe une échelle de dureté relative dite échelle de Mohs, constituée par une liste de dix minéraux de référence.

Pour tester la dureté de minéraux, on utilise l'ongle, la lame de couteau, le

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>

**CLIVAGE** : c' est un plan selon lequel le minéral se casse préférentiellement lorsqu'il est soumis à une contrainte. Ce sont des plans de moins grande densité atomique.



Deux directions de clivage à 90° dans le pyroxène

Deux directions de clivage à 120° dans l'amphibole



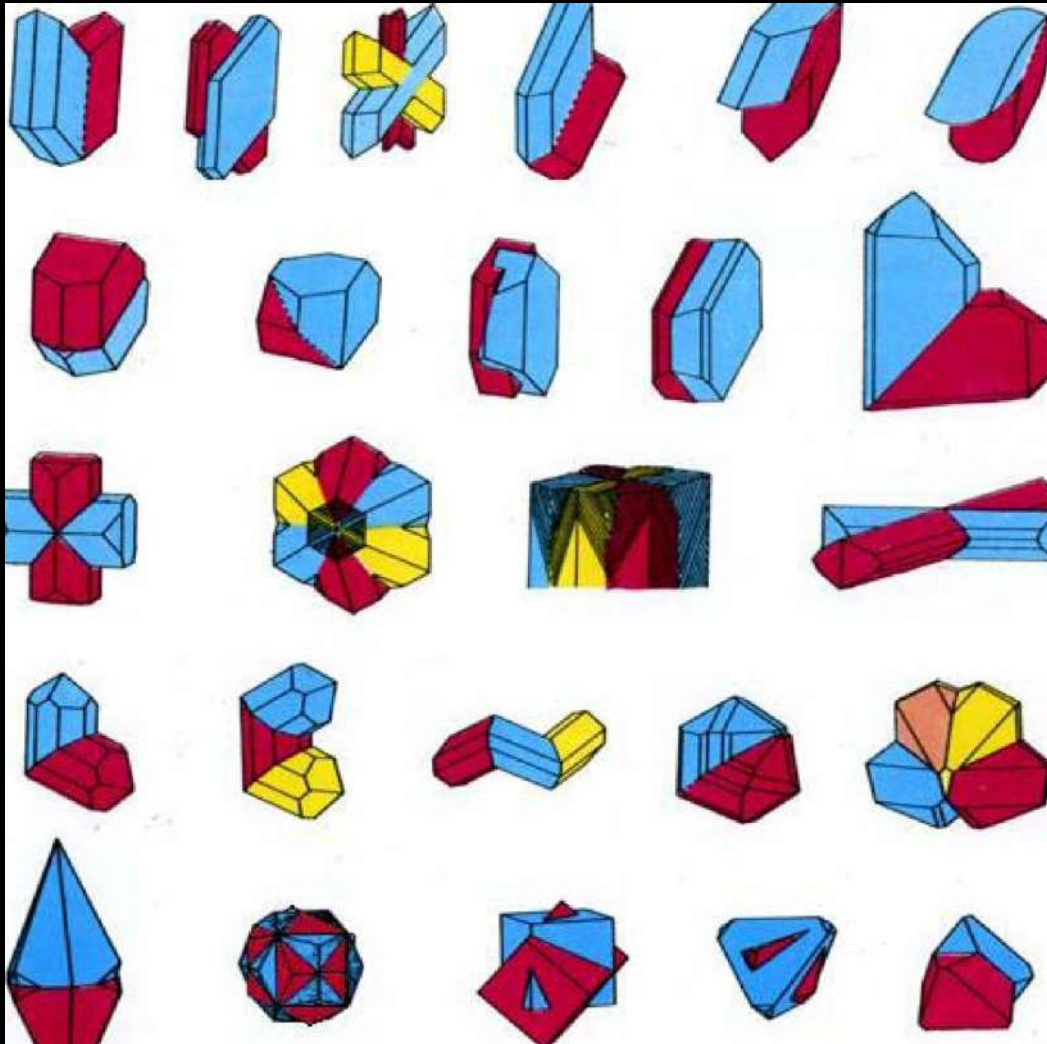
Clivage « facile » mono-directionnel dans les micas

Plan de fracture préférentiel dépendant de la structure cristalline (minéraux ayant 0 plan de clivage (Qtz) à 4 plans (fluorite). On le classe de excellent à mauvais  
Sert surtout dans le cas de distinction : pyroxène / amphibole



## 8) MACLES

**MACLES** : ce sont des associations de plusieurs individus de la même espèce, orientées selon des lois cristallographiques strictes.



**CASSURE** : c'est un terme qui décrit l'aspect des surfaces brisées. La cassure conchoïdale a la forme d'un coquille (cf verre cassé)

## 6) LA CASSURE (selon plans quelconques)

On connaît jusqu'à 6 types de cassures, la plus utilisée étant la c. conchoïdale typique des silex, jaspes, obsidienne.



- C. Conchoïdale
- C. Inégale
- C. Rugueuse
- C. Friable
- C. Terreuse
- C. esquilleuse



On connaît jusqu'à 6 types de cassures, la plus utilisée étant la c. conchoïdale typique des silex, jaspes, obsidienne.

## 7) ECLAT

On distingue deux grands types d'éclat :

**Éclat métallique à sub-métallique**  
minéraux opaques : oxydes,  
sulfures et  
sulfoels et les métaux natifs

### Éclat non métallique

éclat vitreux (verre, calcite),  
éclat résineux (soufre, ambre),  
éclat adamantin (diamant, cérusite),  
éclat nacré ou perlé (aspect de la nacre)  
Éclat gras (Quartz)  
Éclat mat (Feldpaths).



Éclat vitreux (transparent): calcite



Éclat métallique: magnétite



Éclat résineux : Soufre



Éclat gras (translucide): quartz



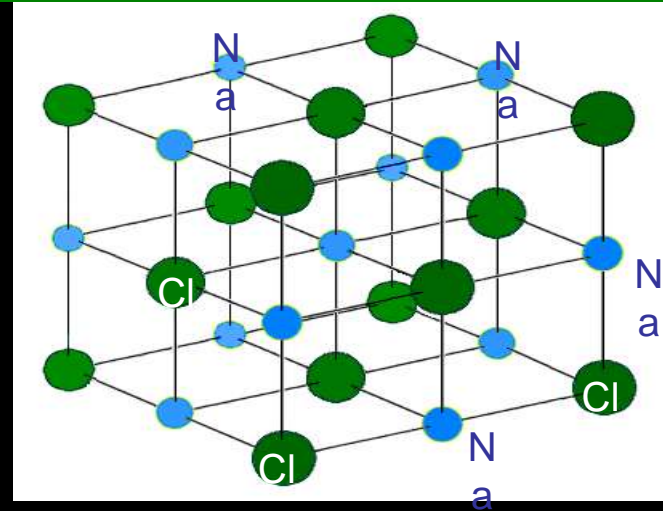
Éclat nacré : Feldspath

**TEST A L'ACIDE** : c'est un test qui consiste à observer l'existence d'une effervescence lors que le minéral est mis en contact d'acide. Cas des carbonates en général.

**MAGNÉTISME** : c'est la propriété qu'à une substance de s'aimanter



HALITE  
Na Cl  
Chlorure, Cubique



Fiche technique

**COULEUR:** incolore, gris, bleu, rougeâtre, bleu, violet, grisâtre

**CASSURE:** « inégale »

**Clivages :** cubique parfait (3 plans)

**TRAIT:** blanc, gris, bleu

**ECLAT:** Vitreux

**OPACITE:** transparent / translucide

**FORME:** AUTOMORPHE

**DURETE:** 2,5

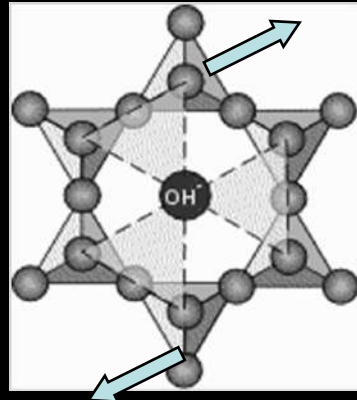
**DENSITE:** 2,16

**OCCURRENCE:** évaporites, points de sortie des gaz volcaniques

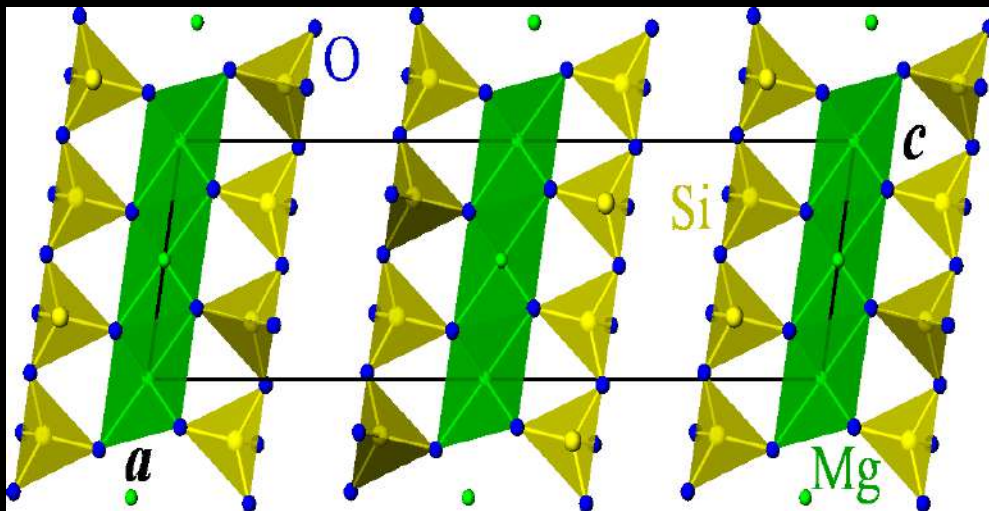
**Confusions:** fluorine (plus dure, insoluble dans l'eau), sylvite (goût très amer)



**Diagnose: goût de sel, soluble à l'eau, clivages**



**TALC**  
 $Mg_3Si_3O_{10}(OH)_2$   
Phyllosilicate, Monoclinique  
F X, Du 3, 0Cl, De 2,75, Co: blanc, Ecl :  
mat



### Fiche technique

- **FORME** : Xénomorphe
- **COULEUR**: blanc sale
- **CASSURE**: rugueuse
- **Clivages** : sans
- **ECLAT**: mat à gras
- **OPACITE** : translucide
- **FORME**: XENOMORPHE
- **DURETE**: 1
- **DENSITE**: 2,7 à 2,8

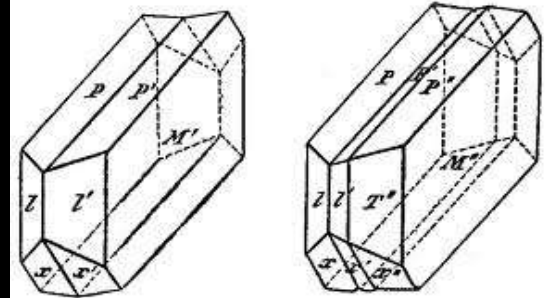
**Diagnose: Dureté faible  
1, couleur blanc sale**



5cm

**Diagnose: Striés,  
clivage, chatouement,  
dureté**

**ALBITE**  
 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$   
Felspath alcalin, Triclinique



### Fiche technique

**Classe:** tectosilicate

**FORME :** Xénomorphe

**COULEUR:** gris blanc, gris, verdâtre, vert bleuâtre

**CASSURE:** inégale

**Clivages :** 1 clivage basal parfait

**ECLAT:** vitreux à perlé)

**Opacité:** transp. À translucide

**FORME:** XENOMORPHE

**DURETE:** 6

**DENSITE:** 2,62

**TRAIT:** incolore

**OCCURRENCE:** roches ignées, plutonites, pegmatites

**Confusion:** quartz (pas de clivages), calcite, dolomite, barityne et gypse (sont plus tendre)

**Aspect strié**



**G Y P S E**  
**CaSO<sub>4</sub>(2H<sub>2</sub>O)**  
**Sulfate, Monoclinique**

**Fiche technique**

**Couleur :** Blanc à Gris, parfois rosé

**Eclat:** vitreux à nacré

**Opacité :** transparent

**Système cristallin :** monoclinique

**Forme cristalline:** fibres prismatiques, allongée, cristalline grossière, mâclée en queue d'hirondelle, rose du désert

**Réseau de bravais :** centré

**Macles communes :** sur 100, macle en queue d'aronde, sur 110, [macle papillon](#)

**Clivage-fracture:** un clivage parfait sur 010, 2 clivages médiocres sur, 100, 011

**Cassure irrégulière :** micacée,

**Dureté:** 2

**Densité:** 2,3

**Trait :** blanc

**HCl:** légèrement soluble à froid

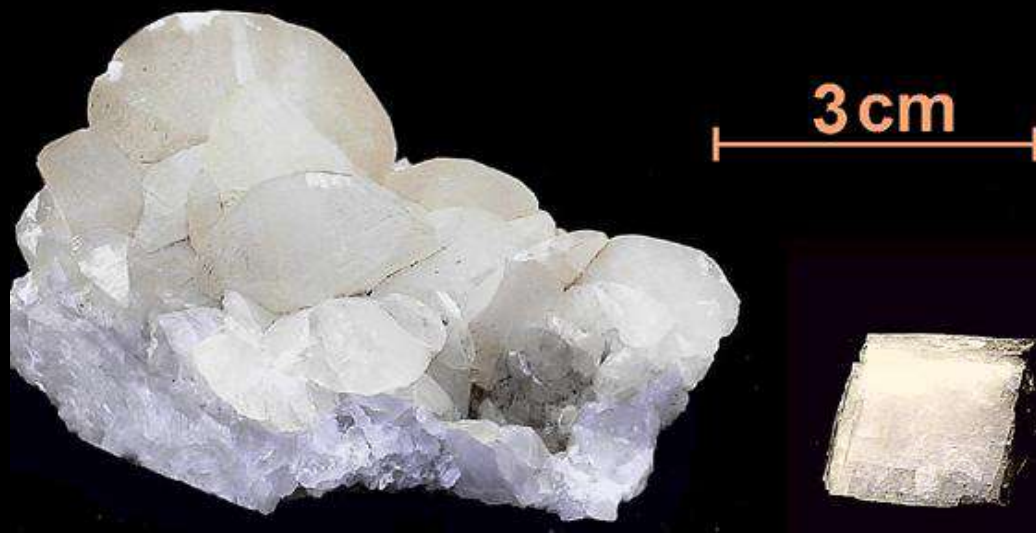
**Confusion possible:** anhydrite (clivage différent)

**Occurrence:** évaporites

**Diagnose: Dureté faible, densité moyenne, couleur blanc propre**







3 cm



# CALCITE

CaCO<sub>3</sub>  
Carbonate Rhomboédrique

## Fiche technique

FORME : Xénomorphe  
COULEUR: blanc, rose, gris, jaune  
CASSURE: rugueuse  
Clivages : 3 plans de clivage  
TRAIT : blanc  
ECLAT: vitreux  
OPACITE : Translucide  
FORME: XENOMORPHE  
DURETE: 2,71  
DENSITE: 2,56 à 2,68  
HCl : effervescence à froid

Confusions possibles: dolomite (HCl à chaud), quartz (plus dur), gypse (plus tendre), anhydrite (pas de réaction à l'HCl à chaud)

**Diagnose: Clivage, réagit au HCl à froid rapidement**



# BARYTINE

$\text{BaSO}_4$   
Sulfate Orthorhombique

## Fiche technique

**FORME :** Xénomorphe

**COULEUR:** incolore, blanc, gris, jaune

**CASSURE:** rugueuse

**Clivages :** 2 plans de clivage

**TRAIT :** blanc

**ECLAT:** vitreux

**OPACITE :** Transparente

**FORME CRISTALLINE:**

plaquettes

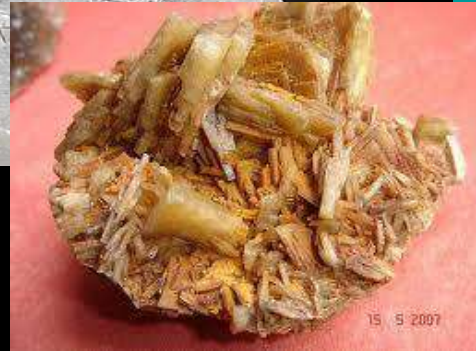
**DURETE:** 3,5

**DENSITE:** 4,5

**HCl :** néant

**Occurrence :** veines hydrothermales

**Confusions possibles:** quartz et feldspath (leur dureté plus élevée), gypse, calcite, célestine et aragonite (sont plus léger)



**Diagnose: 2 clivages, densité élevée**



**AMAZONIITE**  
**K (AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)**  
**Feldspath alcalin, Triclinique**



**Fiche technique**

**Dérivation:** microcline verte (feldspath K, basse température)

**Classe :** Tectosilicate

**FORME :** Xénomorphe

**COULEUR:** verte à vert bleuté

**CASSURE:** rugueuse

**Clivages :** 2 bons clivages à 89°, selon 010, 001

**ECLAT:** vitreux perlé

**OPACITE:** Translucide

**DURETE:** 6

**DENSITE:** 2,55

**TRAIT:** blanc

**OCCURRENCE:** pegmatites, surtout, roches ignées, roches métam.

**Confusion:** peu confondus

**Diagnose: Couleur, dureté, éclat, clivages**



## Fiche technique

**FORME** : Xénomorphe  
**COULEUR**: transparent, laiteux, fumé, mauve (colorations dues aux impuretés)

**CASSURE**: conchoïdale

**TRAIT** : blanc

**ECLAT**: vitreux

**OPACITE** : Transparent

**FORME CRISTALL.**: Hexagonale, masse grenue compacte

**DURETE**: 7

**DENSITE**: 2,65

**TRAIT**: incolore

**Occurrence** : veines hydrothermales

**Confusions possibles**: phénacite (dureté plus élevé), en général la dureté élevé (7) et l'absence de réaction à l'acide distingue le quartz

**Diagnose**: fracture conchoïdale, dureté, ne réagit pas aux acides

Q U A R T Z  
SiO<sub>2</sub>  
TectoSilicate,  
Rhomboédrique



## Fiche technique

**FORME** : Xénomorphe  
**COULEUR**: gris acier bleuté  
**CASSURE**: rugueuse  
**TRAIT** : rouge  
**ECLAT**: Métallique à vitreux  
**OPACITE** : Opaque  
**Clivage-Fracture**: F. Conchoïdale à plates  
**FORME CRISTALL.**: lamellaire, en feuillets, botryoidale, rosettes, trapue  
**DURETE**: 6  
**DENSITE**: 5,26  
**TRAIT**: rouge brun  
**Hcl**: un peu soluble concentré et à chaud  
**OCCURRENCE**: roche éruptive, milieux oxydants, filons hydrothermaux, pegmatites,  
**magnétisme**: un peu magnétique si présence de magnétite

**Confusions possibles**: son trait rouge la caractérise

**Diagnose**: trait rouge brun

**HEMATITE**  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
Oxyde,  
Rhomboédrique



# MUSCOVITE



Phyllosilicate, Monoclinique

## Fiche technique

**FORME :** Automorphe

**COULEUR:** blanc limpide, vert pâle, brun grisâtre pâle

**TRAIT :** rouge

**ECLAT:** vitreux à nâcré

**OPACITE :** Translucide

**Clivage-Fracture:** basal parfait

**FORME CRISTALL.:** feuillets flexibles, plus rarement en grains fins compacts ne ressemblant plus à un mica

**DURETE:** 2,5

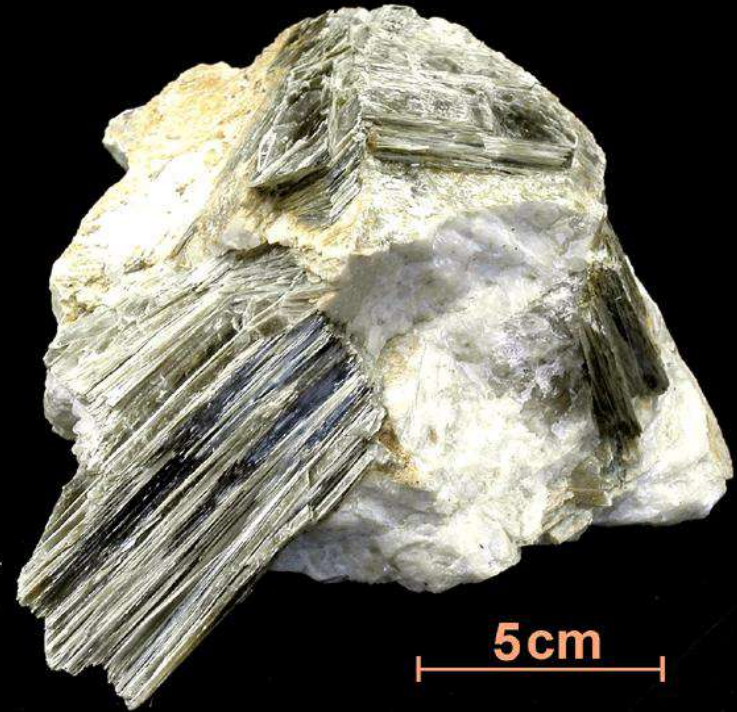
**DENSITE:** 2,8

**TRAIT:** blanc

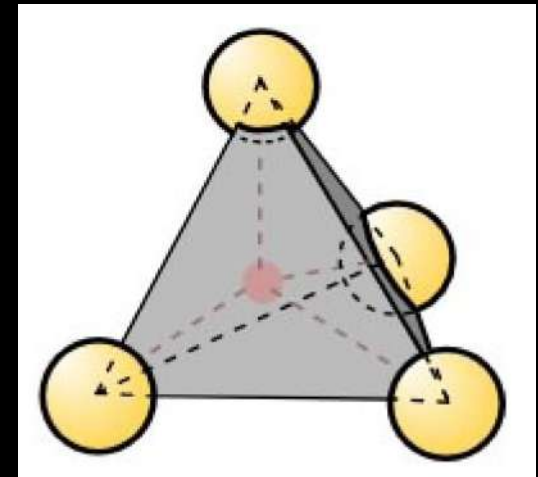
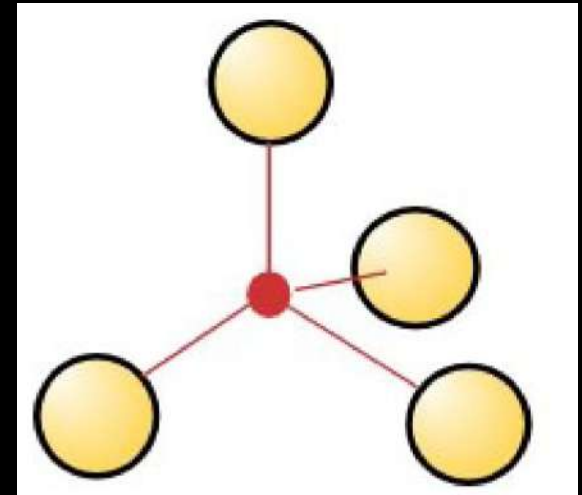
**OCCURRENCE :** pegmatites, granites, roches métamorphiques oxydants, filons hydrothermaux, pegmatites,

**Confusions possibles:** talc et chlorite (moins durs), biotite (couleur foncé), margarite (moins flexible), phlogopite (plus foncé, réagit à l'acide sulfurique)

**Diagnose:** clivage parfait, feuillets flexibles, couleur pâle, dureté faible



			Association de base : Groupe du Quartz ( $\text{SiO}_2$ ): High Qtz, Low Qtz, Tridymite, Cristobalite, Calcédoine, Coesite, Stishovite, opale, agate, etc.
Feldspaths plagioclases	Feldspaths alcalins		Trois associations engageant l'Al + un compagnon. Ce sont les pôles : <b>orthoclase, Albite, anorthite</b>
			Pôle ORTHOCLASE (+ Microcline, Leucite) : Remplacement partiel des Si par des Al lesquels sont accompagnés des K
			Pôle ALBITE (+ Anorthoclase) : Remplacement partiel des Si par des Al lesquels sont accompagnés des Na
			Pôle ANORTHITE : Remplacement partiel des Si par des Al lesquels sont accompagnés des Ca
			CORINDON ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): « substitution » des Si par des Al par relation d'exclusion totale devant l'oxygène (cas occasionnel des mixtures riches en Al et pauvres en Si, et autres ions).

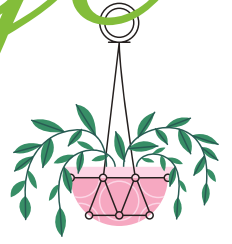


**Tableau 4** : schéma simplifiant les échanges ioniques usuels Si, Al par rapport à l'oxygène (sans prendre en compte la forme cristalline qui résulte dans chaque cas). L'ubiquité des cations K, Na et Ca explique la rareté du Corindon, minéral précieux.





# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

