

Université Oran2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre

POLYCOPIÉ
UEF31- Matière F312
T.P Minéralogie



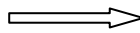
K. LAGRAA

2016/2017

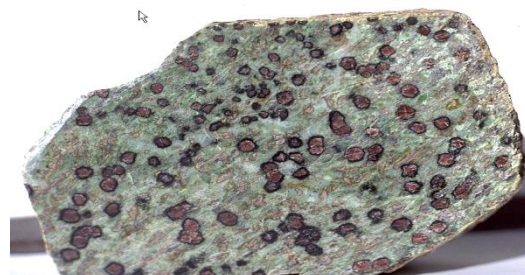
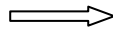
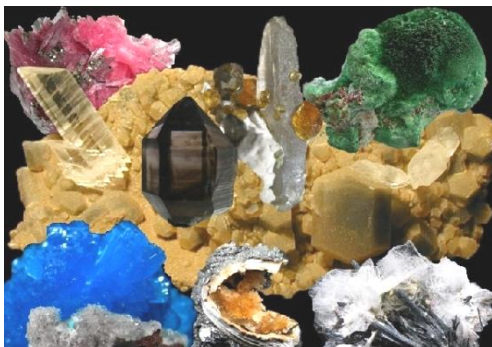
DÉFINITIONS ET GÉNÉRALITÉS

La roche est « comme le biscuit »

Minéraux



Roches



1- Définition d'un minéral

Solide naturel inorganique, caractérisé par une structure atomique ordonnée et une composition chimique précise, et constituant les roches de la croûte terrestre.

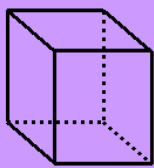
2- Systèmes de classifications des minéraux

- ✚ Classification selon la composition chimique
- ✚ Classification selon la structure atomique interne
- ✚ Classification selon les propriétés physiques, chimiques et optiques

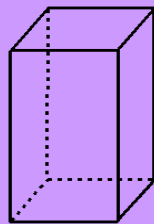
« - 2.1- Classification selon la composition chimique

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_2O_3 Fe_3O_4 Al_2O_3	minerai de fer minerai de fer gemme, abrasif
SULFURES	Galène Sphalérite Pyrite Chalcopyrite Bornite Cinabre	PbS ZnS FeS_2 $CuFeS_2$ Cu_5FeS_4 HgS	minerai de plomb minerai de zinc "or des fous" minerai de cuivre minerai de cuivre minerai de mercure
SULFATES	Gypse Anhydrite Barite	$CaSO_4 \cdot H_2O$ $CaSO_4$ $BaSO_4$	plâtre et panneaux plâtre et panneaux boue de forage
CARBONATES	Calcite Dolomite Malachite Azurite Rhodochrosite	$CaCO_3$ $CaMg(CO_3)_2$ $Cu_2(OH)_2CO_3$ $Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$ $MnCO_3$	ciment Portland ciment Portland minerai de cuivre, joaillerie minerai de cuivre, joaillerie joaillerie
SILICATES	quartz talc amiante kaolinite	SiO_2 $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$ $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	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	$FeO(OH) \cdot nH_2O$ $Al(OH)_3 \cdot nH_2O$	minerai de fer, pigment minerai d'aluminium

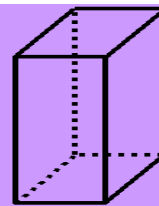
2.2 Classification selon la structure atomique interne



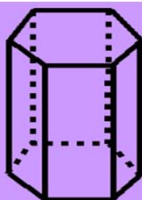
Cubique



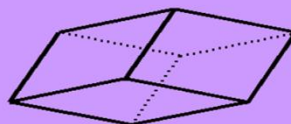
Orthorhombique



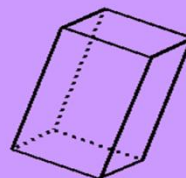
Quadratique



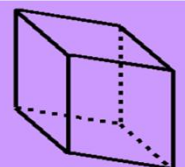
Hexagonal



Rhomboédrique



Monoclinique



Triclinique

2. 3- Classification selon les propriétés physiques, chimiques et optiques

Recherche par caractéristiques (Minéraux)
 Inscrivez une ou plusieurs caractéristiques du minéral et appuyez sur le bouton Rechercher

Propriétés physiques, optiques et chimiques

Densité	<input type="text"/>	Faces cristallines striées	<input type="text"/>
Dureté	<input type="text"/>	Éclat	<input type="text"/>
Magnétisme	<input type="text"/>	Couleur sur une cassure fraîche	<input type="text"/>
Clivage	<input type="text"/>	Couleur sur une surface altérée	<input type="text"/>
Saveur et odeur	<input type="text"/>	Jeu de couleurs	<input type="text"/>
Macles	<input type="text"/>	Teinte du trait	<input type="text"/>
Cassure	<input type="text"/>	Couleur du trait	<input type="text"/>
Forme	<input type="text"/>	Degré de transparence	<input type="text"/>
Habitus	<input type="text"/>	Réaction à l'acide	<input type="text"/>
Ténacité	<input type="text"/>		

3. L'utilisation des minéraux & des roches

Premières utilisations des roches et des minéraux

Nos lointains ancêtres utilisaient des outils de pierre pour chasser, couper la viande et construire leurs abris. Ils ont découvert la richesse des pigments colorés provenant des minéraux et en ont orné les grottes.

Dans diverses régions à travers le monde, les hommes ont appris à construire avec la pierre, à modeler *l'argile* et à se servir des métaux pour façonner des armes, des armures, des objets rituels, des outils et de la vaisselle.

Nutrition

Les hommes, les plantes et les animaux, tous dépendent des minéraux qui sont des substances essentielles à la vie et à la croissance.

Les principaux *nutriments que les plantes absorbent par leurs racines sont le calcium, le phosphore et le potassium, complétés de petites quantités de fer, de cobalt, de zinc, de manganèse, de nickel et de cuivre.*

Quant aux animaux, ils trouvent principalement dans leur alimentation le fer, le calcium, le sodium et le potassium dont ils ont besoin.

L'homme a besoin de consommer quotidiennement une certaine quantité de **minéraux** pour rester en bonne santé et seule une alimentation saine et variée les lui apportera.

Industrie

De nos jours, des minéraux en masse sont utilisés dans la fabrication du verre (la *silice*), des céramiques (*l'argile*), de la peinture (le *titane*), des composants électroniques (le *mica*), des cosmétiques (le *talc*), des emballages alimentaires (*l'aluminium*), des médicaments et bien d'autres produits.

Les fondations d'une maison sont en béton (un mélange de gravier, de sable et de ciment), les murs sont en briques faites d'argile, liées par du mortier fabriqué à partir de calcaire. L'eau courante arrive dans la maison par des tuyaux en cuivre, à l'évier en céramique (**argile**) ou en métal (acier inoxydable). Des fils de cuivre transportent l'énergie électrique et permettent les télécommunications.

Bijouterie, art et décoration

L'or, l'argent, le **diamant** et les *gemmes (pierres précieuses)* ont de tout temps été utilisés par les hommes pour fabriquer des bijoux et des objets d'art et de décoration. Outre les pierres précieuses, bien d'autres minéraux sont utilisés dans un but esthétique.

Des exemples courants de pierres d'ornementation sont le marbre, le calcaire, l'ardoise et le granite (qui sont des roches composées de plusieurs minéraux).

Les artistes et les artisans d'hier comme d'aujourd'hui jouent avec les minéraux pour sculpter des statues (en marbre) ou réaliser des objets raffinés en **agate**, **onyx**, **jade** ou **jaspe**.



Onyx

4. Identification des minéraux

- Identification macroscopique des minéraux

<http://www.ccdmd.qc.ca/ri/minerocguide>

- Identification microscopique des minéraux

- Identification chimique des minéraux

Semestre : 3

UEF31

Matière F312 : Minéralogie

Programme TP

- 1- Définition d'un minéral, propriétés optiques et physiques (densité.....)
- 2- Classe des éléments natifs.
- 3- Classe des halogénures.
- 4- Classe des sulfures et sulfosels.
- 5- Classe des oxydes et hydroxydes.
- 6- Classes des carbonates...
- 7- Classes des sulfates...
- 8- Classe des phosphates...
- 9- Classe des silicates

Mode d'évaluation : Examen et contrôle continu.

PROPRIETES OPTIQUES ET PHYSIQUES DES MINERAUX

○ Définition d'un minéral:

Solide naturel homogène, caractérisé par une structure atomique ordonnée et une composition chimique précise, et constituant les roches de la croûte terrestre. (*Dict. Larousse*)

La classification des minéraux est basée sur leurs caractères chimiques et cristallographiques et comporte les principales classes suivantes: 1.Éléments natifs ; 2. Sulfures ; 3. oxydes et hydroxydes ; 4. halogénures ; 5. Carbonates ; 6. Phosphates ; 7. Sulfates ; 8. Silicates.

LES PROPRIETES OPTIQUES ET PHYSIQUES DES MINERAUX

Nous ne décrivons ici que les propriétés optiques des minéraux dont les effets sont perceptibles à l'œil nu et nous n'aborderons pas l'optique cristalline qui implique l'emploi de divers appareils, en particulier du microscope polarisant.

LA TRANSPARENCE

En premier lieu, on distingue les minéraux *transparents* de ceux qui sont *opaques*.

Les premiers se laissent traverser par la lumière alors que les seconds l'arrêtent plus ou moins complètement. La limite n'est pas franche. La plupart des minéraux constitutifs des roches sont transparents lorsqu'on les observe au microscope en section mince (0.03 mm), alors que la plupart d'entre eux semblent opaques à l'œil nu.

On dit encore qu'un minéral est *translucide* lorsque qu'il laisse passer la lumière tout en masquant le contour des objets observés au travers.

C'est parmi les sulfures et les oxydes métalliques qu'on rencontre les minéraux vraiment opaques, alors que la plupart des minéraux des autres classes sont transparents. C'est l'absorption plus ou moins sélective de la

lumière par les minéraux qui détermine leur transparence, leur opacité et leur couleur.

LA COULEUR EST TROMPEUSE

La couleur est un des caractères utilisés en premier lieu dans la description des minéraux.

Toutefois les minéraux qui possèdent toujours une même couleur sont peu fréquents. Il faut donc être prudent et bien prendre conscience que la couleur de la plupart des minéraux est essentiellement variable et qu'elle peut être due à diverses causes très différentes :

1. ***Un des éléments chimiques constitutifs du minéral est chromatophore.*** Le minéral possède alors toujours sa couleur propre. Ainsi le cuivre colore les minéraux en vert ou en bleu, le manganèse en rouge violet, le lithium en rose rouge et le magnésium associé au fer donne une coloration vert jaune.
2. ***D'infimes traces d'un élément chromatophore*** sont dispersées au sein d'un minéral habituellement incolore. Une même espèce minérale peut donc présenter des couleurs différentes suivant la nature de l'impureté.
3. ***De fines inclusions modifient la coloration*** d'un minéral habituellement incolore. Quartz teinté en vert par de fines inclusions de chlorite ou en rouge foncé par des inclusions d'hématite.
4. ***La perturbation du réseau cristallin par la radioactivité naturelle*** de la roche peut provoquer l'apparition de teintes inhabituelles. L'exemple le plus connu est celui du quartz fumé dont la teinte brune plus ou moins foncée a été provoquée par la très faible radioactivité du granite au sein duquel il a séjourné plusieurs millions d'années.

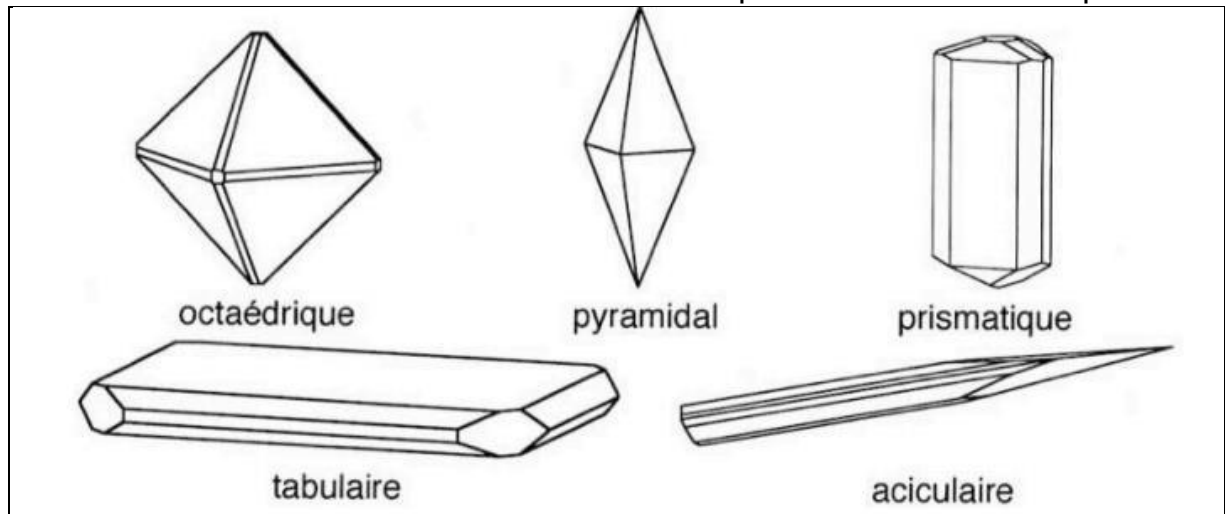
COULEUR DU TRAIT

Le degré de division d'un minéral en petites particules joue un rôle important sur l'apparence de sa couleur. Si on le divise finement - en poudre par exemple - sa couleur s'éclaircit. L'hématite qui paraît gris-noir donne une

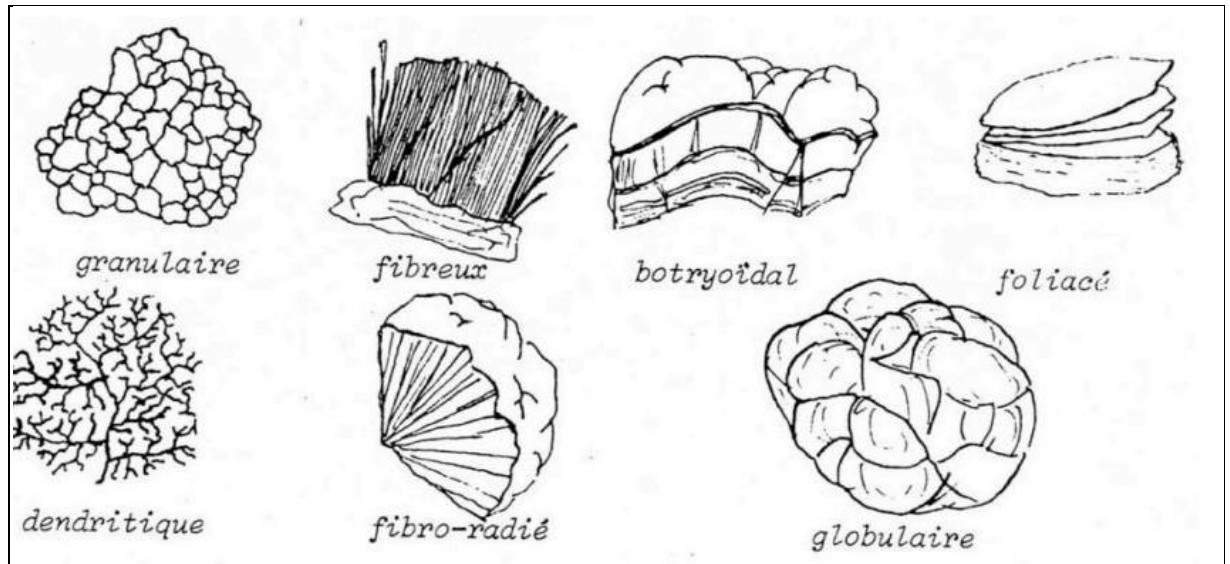
couleur rouge brunâtre lorsqu'elle est réduite en poudre. Pour observer cette coloration il suffit de frotter le minéral sur une surface rugueuse dure. On utilise généralement une plaquette de porcelaine non vernissée sur laquelle le minéral laisse un trait coloré. La **couleur du trait** figure en bonne place dans les ouvrages de description de minéraux.

L'HABITUS DECRIT LA FORME EXTERIEURE

L'habitus décrit les diverses formes que peuvent prendre les minéraux. Pour les décrire, on utilise des qualificatifs précisant la forme géométrique liée au système cristallin ou une tendance vers un aplatissement, un allongement, ou parfois encore, une forme particulière liée au mode de formation. On parle alors d'habitus octaédrique, pyramidal, prismatique, ou encore d'habitus isométriques, allongé, prismatique, aciculaire, tabulaire. Dans la nature, une même espèce minérale peut apparaître avec un habitus différent suivant les conditions de pressions et de températures dans lesquelles elle s'est formée, ou à cause de l'influence d'une très légère modification de sa composition chimique.

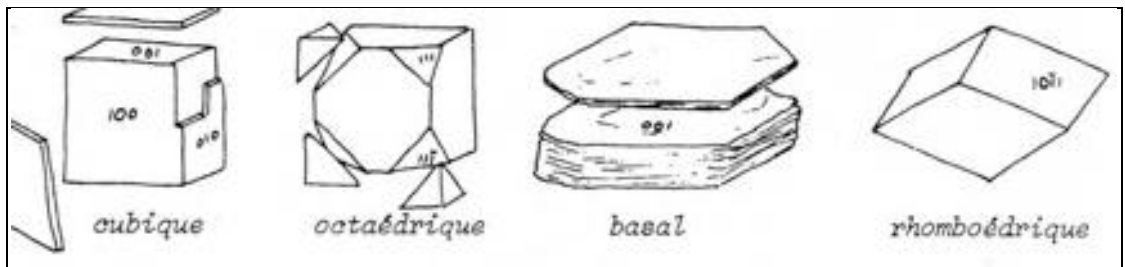


Lorsque les minéraux sont groupés autrement qu'en cristaux individualisés, on leur attribue des qualificatifs évocateurs : massif, granulaire, fibreux, fibro-radié, foliacé, dendritique, stalactitique, globulaire...



LE CLIVAGE, UN SIGNE DE FAIBLESSE DE LA STRUCTURE

De nombreux minéraux présentent la propriété de se débiter le long de plans préférentiels lorsqu'on exerce sur eux une pression mécanique. Ce phénomène est particulièrement marqué pour les cristaux de calcite qui se débitent en rhomboédres, pour les micas qui se débitent en feuillets et pour les cubes de fluorine dont on peut aisément tronquer les sommets. Un clivage est dit **facile** ou **difficile** selon l'importance de l'effort mécanique qu'il a fallu exercer pour l'obtenir. On parle aussi de clivage **parfait** si la surface obtenue est bien lisse et réfléchissante comme un miroir. Il est dit **imparfait** lorsque le plan obtenu ne réfléchit qu'imparfaitement un signal lumineux.



LE POIDS SPECIFIQUE

C'est le poids d'une unité de volume. On l'exprime en grammes par centimètre cube [g/cm³]. Quant à la **densité** d'un minéral, c'est le rapport de son poids spécifique à celui de l'eau. Les deux valeurs sont les mêmes, à ceci près que la densité est exprimée par un nombre sans unité.

Le poids spécifique d'un minéral dépend directement de sa composition chimique et, dans une moindre mesure, de sa structure. Il correspond au poids de tous les atomes contenus dans la maille élémentaire, divisé par son volume.

Le principe de la mesure du poids spécifique est simple : on divise le poids du minéral par son volume. Le volume s'obtient par une double pesée du minéral, dans l'air puis dans l'eau, la différence correspondant au poids du volume d'eau déplacé.

Sur le terrain, il est possible de déterminer approximativement la densité d'un minéral en le soupesant. On distingue ainsi:

- Les minéraux légers (densité de 1 à 2),
- Les minéraux moyennement lourds (densité de 2 à 4) comme le gypse ($d=2,3$), le quartz ($d=2,65$ à $2,7$), la calcite ($d=2,7$), les amphiboles ($d=2,9$ à $3,45$), les pyroxènes ($d=3,1$ à $3,6$),
- Les minéraux lourds ($d=4$ à 6) tels que la blende ($d=4,2$), la barytine ($d=4,48$) ou la pyrite ($d=5$ à $5,2$),
- Les minéraux très lourds ($d>6$) comme la galène ($d=7,4$ à $7,6$), la cassitérite ($d=6,8$ à 7) ou l'uraninite ($d=8$) et les métaux natifs: or ($d=15$ à 16), platine ($d=14$ à 20)...

LA DURETE REFLETE LA COHESION DE LA STRUCTURE

La dureté reflète la résistance opposée par la structure cristalline aux efforts mécaniques qu'on lui fait subir. Pratiquement, c'est la résistance à la

rayure. Un minéral est dit plus dur qu'un autre minéral lorsqu'il raye ce dernier. La mesure de la dureté est empirique et se fait par comparaison avec 10 minéraux de référence qui constituent l'échelle de dureté dite de Mohs.

La mesure de la dureté est aisée. Quand on dit que la pyrite a une dureté de 6.5, cela signifie qu'elle raye l'orthose mais est rayée par le quartz. La dureté dépend de la structure du minéral, de la taille des atomes, et des forces de liaison qui les unissent.

Echelle de dureté de Mohs

1 talc, friable sous l'ongle

2 gypse, rayable avec l'ongle

3 calcite, rayable avec une pièce en cuivre

4 fluorine, rayable (légèrement) avec un couteau

5 apatite, rayable au couteau

6 orthose, rayable à la lime, par le sable

7 quartz, raye une vitre

8 topaze, rayable par le carbure de tungstène

9 corindon, rayable au carbure de silicium

10 diamant, rayable avec un autre diamant

Repères de dureté	
2,5	Ongle
3	Pièce en cuivre
5	Lame de canif
5,5	Verre de vitre
6,5	Lime en acier

L'ECLAT PERMET DE BRILLER

L'éclat est une appréciation quelque peu subjective qui dépend directement du pouvoir réflecteur. Ce dernier est défini comme étant la proportion de lumière réfléchiée par rapport à la quantité de lumière reçue.

L'éclat **gras** ou **vitreux** caractérise les minéraux transparents à faible indice de réfraction (quartz, fluorine, tourmaline), l'éclat **adamantin** caractérise les minéraux transparents à haut indice de réfraction (cassitérite, rutil, diamant). Quant aux minéraux opaques, leur éclat est plus ou moins **métallique** suivant l'importance de leur pouvoir réflecteur.

La nature de la surface du minéral ou la présence d'inclusions microscopiques peut modifier l'éclat, et il existe toute une série de qualificatifs qui caractérisent ces aspects : résineux, laiteux, terreux, soyeux, terne, etc...

MACLE

Certains minéraux sont aisément caractérisables lorsqu'ils présentent des macles. Il s'agit en fait de l'association de cristaux de même composition qui met en commun un élément de symétrie, soit par accollement selon une face définie, soit par interpénétration de cristaux.

Il peut y avoir des **macles simples** (association de deux cristaux) ou **multiples** (plusieurs cristaux). Quelques macles sont très caractéristiques: la macle en fer de lance du gypse, la macle en genou du rutil, la macle en croix de Saint-André de la staurotide, les macles **polysynthétiques** des plagioclases, la macle de **Carlsbad** de l'orthose...

SOLUBILITÉ

Certains minéraux peuvent être solubles dans l'eau et d'autres dans l'acide. Cette caractéristique peut être intéressante pour identifier certains minéraux.

Par exemple: sylvite (KCl) et halite (NaCl) se dissolvent dans l'eau froide, le gypse (CaSO₄·2H₂O) dans l'eau chaude. La calcite (CaCO₃), elle se dissout très bien, provoquant une effervescence forte dans l'acide chlorhydrique à froid, ce qui permet de la différencier de la dolomite (Ca,Mg)CO₃.

GOÛT ET ODEUR

Il peut être également intéressant de “goûter” et de “sentir” certains minéraux.

Ainsi, *sylvite et halite ont un goût salé et certains sulfures légèrement chauffés, ou écrasés par un coup de marteau, (pyrite, marcassite) dégagent une odeur de soufre (œuf pourri).*

Références

<http://www.kasuku.ch/pdf/mineraux/3-Aspect.pdf>

Claude Guillemin, Guy Aubert, Roland Pierrot. **Précis de minéralogie**. Edition Droz 1960. 224 pages.

Michel Demange. **Les minéraux des roches (caractères optiques, composition chimique, gisement)**. Presse des Mines, 2009, 194 pages.

J. Aubouin, R. Brousse, J.P. Lehman, **Précis de géologie. Tome 1 : pétrologie**. Dunod, 1968. 712 pages.

LES ÉLÉMENTS NATIFS

INTRODUCTION

LES ESPECES MINERALES NON SILICATEES.

Si les roches constituant l'écorce terrestre sont généralement faites à plus de 95 % de silicates, les quelques % restants sont fait de minéraux dits "accessoires" dont l'étude est parfois importante pour expliquer la pétrogenèse de la roche. Ces minéraux présentent parfois un intérêt économique très fort (métaux précieux, minéraux stratégiques, diamant, etc...).

De plus, si parmi les roches ignées ou plutoniques les variétés exclusivement silicatées constituent l'écrasante majorité, il n'en est pas de même parmi les roches sédimentaires et métamorphiques où les roches carbonatées sont importantes, sans parler des évaporites, des bauxites, des dépôts phosphatés, etc ...C'est pourquoi il est injustifié de passer sous silence les espèces minérales non silicatées classées en :

- Eléments natifs (métaux, semi-métaux et métalloïdes)
- Oxydes et hydroxydes
- Sulfures et sulfosels
- Sulfates
- Carbonates
- Phosphates
- Halogénures.

Sans oublier les nitrates et borates ainsi que les chromates, molybdates et tungstates de même que les arséniate et vanadates beaucoup plus rares.

LES ELEMENTS NATIFS

Le terme "natif" se dit d'un élément chimique, souvent métallique qui se trouve dans la nature à l'état pur. Il existe environ 80 éléments ou alliages natifs. Les éléments natifs sont assez rares mais ont une grande importance économique. On distingue les métaux natifs (or, argent, cuivre), les semi-métaux (Bi, Sb, As, Te,...) et les métalloïdes (carbone, soufre).

Les métaux natifs :

Cuivre, argent, or, platine, nickel et exceptionnellement chrome et fer sont parfois présent à l'état natif. Ils se présentent très rarement sous forme de cristaux mais plutôt sous forme de copeaux, feuillets, fils, dendrites et parfois de pépites. Leur dureté varie de 2 à 5 et leur densité, forte, de 8 (Fe) à 21 (Pt). Ils possèdent un fort éclat métallique mais pas de clivages et sont malléables. Ce sont également de bons conducteurs du courant.

Les semi-métaux natifs :

Bismuth, antimoine, arsenic, tellure sont des semi-métaux. Leur éclat est variable (métallique à submétallique) et leur densité élevée. Ils sont plus ou moins malléables et présentent des clivages.

Les métalloïdes natifs :

Les métalloïdes (carbone, soufre) sont fragiles (sauf, bien sûr, le C diamant), peu denses et présentent de nombreuses formes, comme par exemple le carbone, dont les polymorphes les plus connus sont le graphite et le diamant.

Autre définition

Les éléments ou alliages natifs sont généralement rares, les seuls ayant une importance historique ou économique sont : L'or, le cuivre, l'argent, le soufre, le diamant, la graphite et le platine. Ils sont divisés en trois familles : les métaux, les semi-métalloïdes et les non-métaux.

Caractères généraux des éléments natifs

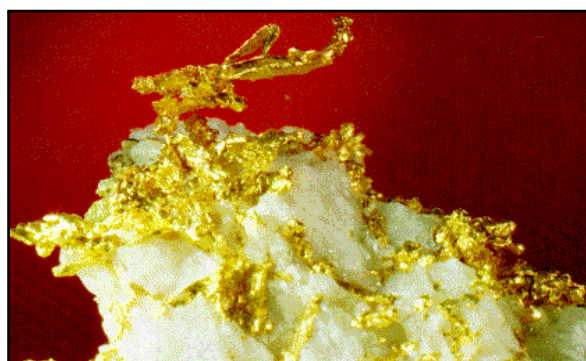
Les métaux natifs ont un fort éclat métallique, de fortes densités, ils sont malléables et ne présentent pas de clivage : or, argent, cuivre, fer, platine, *par exemple* :

Les éléments semi-métalloïdes ont un éclat variable, métallique à submétallique; ils sont plus ou moins malléables et clivables, denses : bismuth, antimoine, arsenic, tellure, etc.

Les non-métaux sont représentés par le soufre, le diamant et la graphite.

L'OR (Au) Cubique

Rarement en cristaux : octaèdres, dodécaèdres, parfois cubes moins de 1 cm. Généralement paillettes ou grains irréguliers en inclusion dans le quartz. Dans les placers : en pépites dendritiques, arborescentes, filamenteuses. Ces pépites sont parfois très importantes et de quelques kilogrammes.



D = 19,6; H = 2,5 à 3. Malléables. Pas de clivage.

Couleur : jaune d'or à jaune-blanc (cas des variétés riches en argent : électrum). Opaque. Eclat métallique. Poussière jaune métallique.

Modes de Gisements : dans les filons de quartz ou dans les gîtes détritiques (placers). *Gisements importants* : Russie (Oural), Brésil, USA, Mexique, France.

ARGENT NATIF**(Ag)****Cubique**

Cristaux cubiques, rares. Le plus souvent en masses compactes, irrégulières, dendritiques ou filamenteuses. Pas de clivage, cassure : ductile.

D = 10,5 / H = 3. Opaque, éclat métallique, couleur blanc, gris, brunâtre, patine noire. Poussière blanche.



Mode de gisement : dans des fissures et des géodes. *Gisements importants*: Colorado/USA, Broken Hill/Australie, Imiter/Maroc.

Usage : en métallurgie, en électrotechnique, dans l'industrie photographique, pour la fabrication de pièces de monnaie, en orfèvrerie.

CUIVRE NATIF, Cu, Cubique

Cristaux cubiques, généralement déformés. Le plus souvent en masses compactes, en grains, en plaques, en filaments.

D = 8,9 / H = 2,5. Malléable et ductile. Cassure esquilleuse. Couleur : rouge cuivre à brun, rouge cuivre sur la cassure fraîche. Opaque. Eclat métallique. Poussière rougeâtre.



Mode de gisement : dans les roches magmatiques basiques et dans la zone d'oxydation des gîtes cuprifères.

MERCURE NATIF

(Hg)

Hexagonal

Petites gouttelettes blanc d'étain, souvent recouvertes d'une pellicule grise. Se solidifie à $-38,9^{\circ}\text{C}$ sous forme de cristaux rhomboédrique. $D = 13,5 / H = 0$. Eclat métallique. Très toxique.

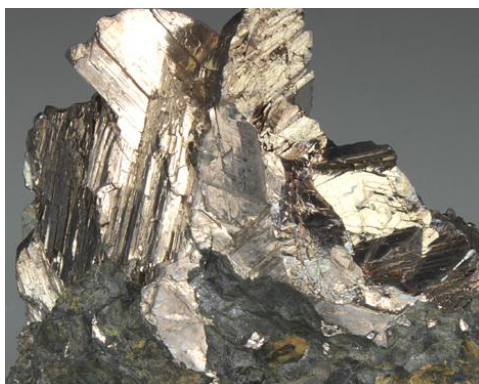


Modes de gisement : Dans la zone d'altération des gîtes de mercure. Exploité comme minerais avec le cinabre.

BISMUTH NATIF Bi rhomboédrique

Cristaux très rares, d'aspect cubique. Agrégats généralement réticulés, dendritiques, également sous forme de grains disséminés, rarement en masses importantes.

$D = 9,7; H = 2$. Clivage parfait, cassure fragile. Couleur : blanc argenté à reflets rougeâtres, irisations multicolores. Trait gris. Opaque, éclat métallique.



Mode de gisement : dans les gîtes à Co-Ni-Ag, parfois dans des placers. Gisements importants: Angleterre, Canada, Bolivie. Localement, important minerais de bismuth.

ARSENIC NATIF (As) rhomboédrique

Cristaux rhomboédriques, d'aspect cubique, aciculaires, rares. Le plus souvent en masses compactes, finement granuleuses, en agrégats globulaires, également stalactiformes.

D = 5,7 / H = 3,5. Clivage parfait. Couleur : blanc d'étain, irisations noirâtres, Poussière noire. Opaque, Eclat métallique.



Modes de gisement : Composant accessoire dans les filons de minerais arsénifères. *Gisements importants*: Allemagne, Norvège, New Jersey. Peu d'importance économique.

DIAMANT (C) cubique

Généralement en cristaux : octaèdres ou dodécaèdres, plus rarement en cubes ou tétraèdres.

D=2; H = 10 (le plus dur de tous les minéraux). Fragile, cassure conchoïdale. Clivage 111 excellent. Couleur : incolore ou faiblement coloré en jaune, vert, bleu, rouge; les pierres de couleur vive sont exceptionnelles et sont les plus précieuses de toutes les gemmes. Transparent à opaque. Eclat adamantin.

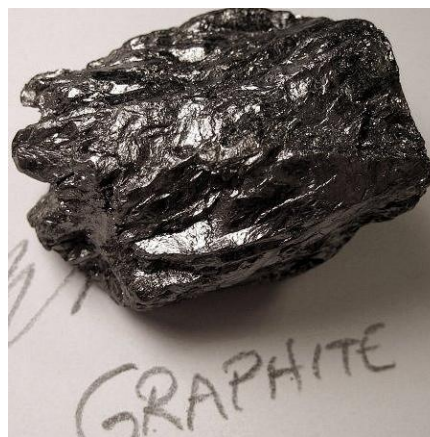
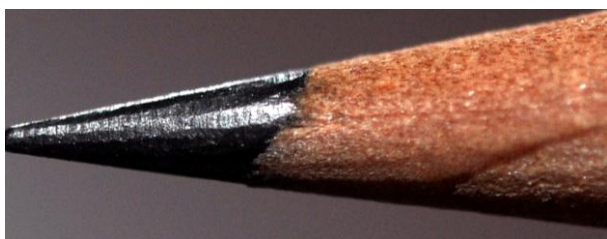


Gisements : Dans les kimberlites (roches ultrabasiques remplissant des cheminées d'explosion volcanique) : Kimberley/Afrique de Sud; Sibérie/Russie. Le diamant par sa dureté exceptionnelle résiste aux phénomènes d'érosion et forme d'importants gîtes détritiques (placers): Zaïre, Brésil, Inde.

Le plus gros diamant fut trouvé à Kimberley, c'était le Cullinan, qui est un fragment de 3106 carats (1 carat = 0,200 g) provenant d'un cristal plus gros.

GRAPHITE (C) Hexagonal

Rare en cristaux isolés. Empilement de lamelles hexagonales à clivage micacé parfait. Généralement masses foliacées, rares. $D = 2,2$; $H = 1,5$. Couleur gris sombre à noir. Toucher gras, tachant les doigts, écrits sur le papier. Inaltérable.

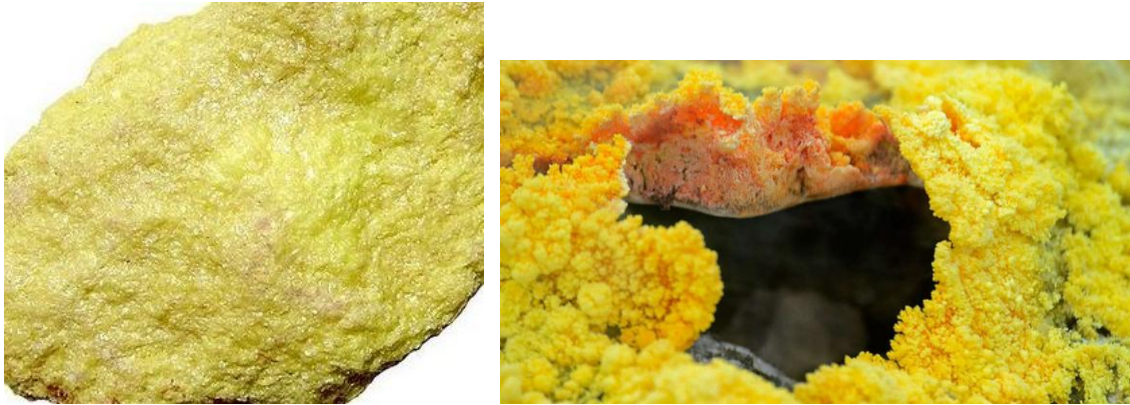


Gisements : Produit du métamorphisme général ou de contact des sédiments riches en matière organique. Russie (Sibérie). U.S.A.

SOUFRE NATIF (S) orthorhombique

Cristaux pyramidaux, fréquents. Agrégats granuleux à compacts, fibreux, massifs, également sous forme de croûtes, de mouchetures et d'imprégnations.

$D = 2$; $H = 2$. Pas de clivage, cassure conchoïdale, irrégulière. Couleur : jaune. Poussière blanche. Transparent à translucide. Eclat adamantin, résineux, gras. Brûle avec une flamme bleue et une odeur piquante.



Mode de gisement : souvent en milieu volcanique, déposé par les fumerolles et les sources chaudes, se rencontre aussi dans les roches sédimentaires argileuses à marneuses. *Gisements importants*: Texas, Louisiane/USA, Irak, Japon, Indonésie, Sicile/Italie.

Utilisation : Matière première pour la production d'acide sulfurique et substance de base importante pour la fabrication de produits de lutte antiparasitaire.

Références

[http://www.dstu.univ-montp2.fr/\(en intranet\)](http://www.dstu.univ-montp2.fr/(en%20intranet))

<http://webmineral.brgm.fr:8003/mineraux/Main.html>

<http://www.musee.ensmp.fr/gm/photos.html>

[http://salahbouhlel.fr.gd/Chapitre-9--d--Min-e2-raux-non silicat-e2-s.htm](http://salahbouhlel.fr.gd/Chapitre-9--d--Min-e2-raux-non_silicat-e2-s.htm)

- * Dictionnaire de géologie, A. Foucault et J-F. Raoult, Edition Masson.
- * Géologie objets et méthodes, J. Dercourt et J. Paquet, Edition Dunod.
- * Guide de pétrologie descriptive, R. Hébert, Edition Nathan.

LES HALOGÉNURES

La classe des halogénures rassemble 130 espèces. Les chlorures et les fluorures sont les plus abondants. Ils sont vitreux, incolore ou peu colorés (à l'exception de la fluorine). Leur dureté est faible. Les chlorures sont généralement solubles dans l'eau. Ils sont formés par évaporation d'eau de mer à des périodes variées des temps géologiques, en particulier au Trias. Certains bromures, chlorures et iodures se trouvent dans les zones d'oxydation des gîtes métallifères.

FLUORITE

(CaF₂)

Cubique

Étymologie : du latin *flus* : couler (substance aidant à la fusion des métaux).

Cristaux en cubes (100), avec parfois tronçatures peu développées des sommets ou arêtes. Plus rarement, cristaux en octaèdres. Souvent en masses clivables. Clivage parfait, permettant d'obtenir des octaèdres.

D = 3,2 / H = 4. Transparent à translucide. Eclat vitreux. Couleur variable (parfois dans un même cristal) souvent vive : violet, bleu, jaune, rose, blanc, incolore.



Gisements : Dans les gîtes hydrothermaux, seule ou associée à quartz et barytine, comme gangue de minerais de Pb, Zn, Ag, Mn. Filons de pegmatite avec cassitérite, lépidolite, topaze, tourmaline, apatite ...

Utilisation : Minerai de fluor; fondant; céramique; optique.

HALITE (sel gemme)

(NaCl)

Cubique

Le plus souvent en cubes. Masses clivables, cristallines. Clivages parfaits.

D = 2,2 / H = 2. Transparent à translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanc, gris, parfois teinté par des inclusions en bleu, rouge. Très soluble dans l'eau. Saveur salée.



Gisements : Dans les terrains sédimentaires généralement argileux, en couches irrégulières, ou en dômes (diapirs). Formée par évaporation, l'halite est associée au gypse, anhydrite, sylvite.

Utilisation : Usages alimentaires, agricoles, industriels.

SYLVITE

(KCl)

Cubique

Cristaux cubique et masses grenues compactes. $D = 2 / H = 2$. Cassure inégales, clivage cubique parfait. Couleur : incolore, rougeâtre, rouge-jaunâtre, bleuâtre. Eclat vitreux. Transparent. Poussière incolore. Goût amer.



SULFURES ET SULFOSELS

Cette classe comprend environ 350 minéraux.

LA SOUS-CLASSE DES SULFURES

La classe des sulfures et sulfosels présente pour le géologue minier l'une des parties les plus importantes de la minéralogie, car elle renferme les minerais de base de presque tous les métaux : Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Ge, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Tl et Zn.

Avec les sulfures, on classe des minéraux similaires mais plus rares, qui sont les séléniures, les tellurures, les arséniures et les antimoniures.

La formule générale est $A_m X_n$, où

- A = Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Ge, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Tl, et Zn
- X = S (pour les sulfures); Se (pour les séléniures); Te (pour les tellurures); As (pour les arséniures); Sb (pour les antimoniures).

Les principaux minéraux de la sous-classe des sulfures sont :

Argentite	Ag_2S	Cinnabre	HgS
Chalcocite	Cu_2S	Réalgar	AsS
Bornite	Cu_5FeS_4	Orpiment	As_2S_3
Galène	PbS	Stibine	Sb_2S_3
Sphalerite	ZnS	Bismuthinite	Bi_2S_3
Chalcopyrite	$CuFeS_2$	Pyrite	FeS_2
Stannite	Cu_2FeSnS_4	Cobaltite	$(Co,Fe)AsS$
Greenockite	CdS	Marcassite	FeS_2
Pyrrhotite	$Fe_{1-x}S$	Arsénopyrite	$FeAsS$
Niccolite	NiAs	Molybdénite	MoS_2
Millérite	NiS	Calavérite	$AuTe_2$
Pentlandite	$(Fe,Ni)S$	Sylvanite	$(Au,Ag)Te_2$
Covellite	CuS	Skuttérodite	$(Co,Ni)As_3$
Digénite	Cu_2S		

Argentite

(Ag_2S)

Cubique

Parfois en cristaux : cubes et octaèdres millimétriques. Egalement en agrégats réticulés ou filiformes, en enduits, croûtes ou arborescences, en masses grenues à compactes.

$D=7,3$ / $H = 2$ à $2,5$. Malléable. Couleur : gris de plomb à noir. Opaque. Eclat métallique, ternissant avec l'altération.

L'argentite se forme à des températures $>$ à 179°C . Par refroidissement, elle se transforme en Acanthite Ag_2S rhomboédrique.

L'argentite ou son polymorphe (l'acanthite), se rencontre dans les gîtes filoniens. Gisements: Norvège, Mexique, Utah/USA. Important minerai d'argent.

ARSENOPYRITE (MISPICKEL) (Fe As S) Monoclinique

Souvent automorphe : prismes à section losangique, courts ou allongés suivant c, parfois suivant b; faces verticales striées parallèlement à c. Agrégats grenus. Fragile, cassure irrégulière.

$D = 6 / H = 5,5$. Eclat métallique vif. Couleur blanc d'argent à gris d'acier plus blanc que la marcassite. Poussière noirâtre.

Fréquent, le plus commun des minéraux arénifères. Minéral de haute température.



Gisements : Dans les gîtes de contact avec or, scheelite, pyrrhotite. Dans les gîtes pneumatolytiques et les filons hypothermaux avec wolframite, cassitérite, or, tourmaline, fluorine. Disséminé dans les calcaires métamorphiques.

BORNITE (Cu₅FeS₄) cubique

Cristaux rarement bien développés, cubes déformés. Généralement en masses compactes ou sous forme disséminée

$D = 5, H = 3$. Clivage imparfait cassure conchoïdale. Couleur : rougeâtre, irisations colorées Poussière gris noir. Opaque, éclat métallique.

Gisements ; Dans les gîtes cuprifères pauvres en fer, dans des filons et en imprégnations.

CINABRE (HgS) Rhomboédrique

Rarement en cristaux (maximum 2 à 5 cm) : rhomboèdres, parfois aplatis, maclés ou en groupement pseudo-hexagonaux. Généralement en incrustations, croûtes, enduits, masses compactes à terreuses.

D = 8.1 ; H = 1, 5. Cassure irrégulières. Clivage bon. Couleur : rouge; brunissant par altération superficielle. Translucide en cristaux. Eclat adamantin, semi-métallique ou terreux.



Principal minéral de mercure.

COVELLITE (Covellite) (CuS) Hexagonal

Cristaux très rares : petites tablettes hexagonales. Le plus souvent en masses compactes, terreuses, en croûte, en enduits pulvérulents.

D = 4,6; H = 1,5 à 2. Cassure conchoïdale. Clivage parfait suivant l'allongement. Couleur : bleu noir. Opaque. Eclat métallique, gras, mat. Poussière : gris de plomb.

Mode de gisement : dans la zone d'altération des gîtes cuprifères. Important minéral de cuivre.

CHALCOSINE (chalcocite) (Cu₂S) orthorhombique

Cristaux tabulaires et épais, en courtes baguettes, rares. Le plus souvent en masses compactes, également sous forme disséminée

D = 5,5-5,8; H = 2,5. Cassure conchoïdale, clivage imparfait. Couleur : gris de plomb à noir avec reflets bleutés. Opaque; Eclat métallique, ternissant avec l'altération. Poussière gris sombre

Mode de gisement : dans les gîtes filoniens et en imprégnations. Important minéral de cuivre.

DIGENITE**Cubique**

Très rares en cubo-octaèdres. Généralement massive, associée avec covellite, chalcosine et bornite. Eclat métallique très vif. Couleur bleu-noir.

CHALCOPYRITE**Quadratique**

Etymologie : du grec « *chalcos* », cuivre : pyrite de cuivre.

Cristaux automorphes peu fréquents (tétraèdres). Généralement masses finement grenues. Grains ou mouches informes. Cassure inégale.

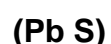
D = 4,1 à 4,3 ; H = 3,5 à 4. Ne raye pas le verre (contrairement à la pyrite). Opaque, éclat métallique. Couleur jaune d'or, souvent ternie ou irisée en bleu, vert, rouge, par oxydation superficielle. Poussière noire verdâtre.

S'altère fréquemment en covellite, chalcosine, malachite, sulfates de cuivre.



Gisements variés : Disséminée ou en ségrégation dans les roches éruptives basiques; imprégnations diffuses de haute température; imprégnations dans calcaires silicifiés (Katanga, Afrique centrale) grès ou schistes ("kupferschiefer" d'Europe); Très fréquente dans les gîtes hydrothermaux filoniens.

Principal minerai de cuivre.

GALENE**Cubique**

Cristaux automorphes en cubes (100) ou cubo-octaèdres (100) et (111), avec facettes accessoires. Le plus souvent en masses cristalline à clivages trirectangulaires ; ou finement granulaire.

D = 7,6 / H = 2,5. Clivages parfaits. Opaque, éclat métallique. Couleur gris de plomb. Poussière gris de plomb. Facilement altérable en anglésite, cérusite, pyromorphite ...



Principal minerai de plomb.

Un des sulfures les plus répandus : Filons hydrothermaux de toutes températures, surtout hypo- et mésothermaux (B.P.G.C). Amas dans les calcaires et des dolomies. Gîtes stratiformes syngénétiques

MARCASSITE (FeS₂)

Orthorhombique

Cristaux tabulaires, plus rarement prismatiques. Plus souvent en masses globulaires. Fibro-radiées, stalactitiques. Groupements maclés en fer de lance.

D = 5/ H = 6. Cassure conchoïdale. Opaque, éclat métallique. Couleur jaune de bronze à reflets grisâtres ou verdâtres ; plus blanche que la pyrite sur cassure fraîche. Poussière noire à brun verdâtre.

Altération plus facile que la pyrite, avec formation de sulfates de fer blanchâtre et acide sulfurique ; Pseudomorphoses en limonite.

Gisements : Minéral de basse température des dépôts superficiels. Commun mais pas en grandes masses. Dans certains gisements épithermaux. Dans les roches sédimentaires (calcaire, argiles, dépôts carbonneux), souvent en nodules fibro-radiées.

Parfois utilisée comme source de soufre.

PYRRHOTITE Fe_{1-x}S Hexagonal (HT1[4]) ou Monoclinique (BT2[5]). (0 < x < 0, 2).

Cristaux assez rares, en tablettes hexagonales parfois groupées en rosettes. Généralement en masses compactes.

D = 4,6 / H = 4. Fragile, cassure conchoïdale. Opaque, éclat métallique. Couleur jaune bronze à reflets rosés. Patine brune. Poussière gris-noir. Poussière attirable à l'aimant (pour les variétés riches en soufre). Très altérable, en sulfates puis limonite. Dans les roches éruptives basiques, avec Pentlandite, chalcopryrite, parfois chromite, platine, soit en grains disséminés, soit en masses importantes (gisement du Cu et Ni de Sudbury - Canada).

Gisements : Dans les gîtes de métamorphisme de contact, notamment de calcaires, associée à la scheelite. Dans les gîtes hydrothermaux avec blende, pyrite, galène, chalcopryrite.

Rarement utilisé comme source de soufre ou de fer.

PYRITE

(FeS₂)

Cubique

Souvent en cube. Les octaèdres et pentagono-dodécaèdres sont fréquents. Les faces du cube sont souvent striées. Elle se présente aussi en massive granulaire.

D = 5/ H = 6. Cassure inégale. Opaque, éclat métallique vif. Couleur jaune laiton pâle. Poussière noir verdâtre. S'altère facilement en limonite, de couleur brun terne, souvent en conservant sa forme originelle ("pseudomorphose").

Le plus commun des sulfures, se forme dans toutes conditions de température : ségrégation dans les roches éruptives dispersé dans les roches éruptives et métamorphiques; gîtes de métamorphisme de contact; imprégnations diffuses et amas, avec paragenèses mésothermales; filons hydrothermaux, en association BPGC; roches sédimentaires, en cristaux dispersés ; fréquent dans les dépôts fossilifères et les lits riches en matière organiques.



Source de soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique.

SPHALERITE (BLENDE)

ZnS

Cubique

Cristaux de forme complexe, souvent tétraédriques. Généralement en masses clivables grossièrement à finement granulaires. Clivages parfait .

D = 3,5 à 4,2; H = 3,5 à 4 . Transparent à presque opaque, éclat adamantin à résineux. Couleur jaune (blende "miellée") brune, noire. Poussière jaune à brune.

Contient souvent Fe, Mn, Cd. S'oxyde en hémimorphite, smithsonite...

Gisements : Minéral très répandu. Gîtes hydrothermaux filoniens ou de substitution, avec pyrite, galène...

Remarque : la Wurtzite est un sulfure de zinc (ZnS) hexagonal, de haute température

STIBINE (Antimonite)



Orthorhombique

Prismes allongés suivant c striés verticalement, souvent courbés, aiguilles parfois en groupements radiés, masses fibreuses ou finement grenues.

D = 4,6; H = 2. Clivage parfait. Opaque, éclat métallique brillant mais ternissure en bleu noirâtre. Poussière gris de plomb à noire.

Altération en antimoniates jaunes à jaune verts. Une goutte de solution de KOH colore la stibine en orangé.

Modes de gisement : Dans les filons hydrothermaux de basse température, avec quartz, barytine, calcite, pyrite, cinabre, or. Dans les gîtes de substitution dans les calcaires ou dolomites.

Principal minerai d'antimoine : alliages, imprimerie, etc

LA SOUS-CLASSE DES SULFOSELS

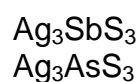
La sous-classe des sulfosels est moins importante que celle des sulfures. On y groupe les sulfo-arséniures, les sulfo-antimoniures des métaux suivants : Ag, Cu, Pb, Sn, Bi, Fe.

La formule générale est $A_m B_n X_n$, où

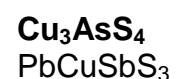
- A = Cu, Ag, Pb, Sn, Bi, Fe
- B = As, Sb
- X = S.

Les principaux minéraux sont :

Pyrargirite
Proustite



Enargite
Bournonite



Tetraédrite
Tannantite

Cu₁₂Sb₄S₁₃
Cu₁₂As₄S₁₃

Jamesonite

Pb₄FeSb₆S₁₄

Proustite

Ag₃AsS₃ (argent rouge arsénié)

Rhomboédrique

Cristaux assez rares, exceptionnellement de grande taille (10 cm); prismes, scalénoèdres ou rhomboèdres aigus. Généralement masses grenues à compactes, croûtes ou dendrites.

D = 5.57 / H = 2.5. Très fragile. Cassure conchoïdale. Couleur : rouge-vermillon à rouge cerise lorsqu'elle est fraîche. Devient noir rougeâtre et opaque à la lumière. Eclat adamantin. Poussière rouge brunâtre.

Dans les filons à paragenèse Ni, Co, Ag, As.

BOURNONITE

PbCuSbS₃

Orthorhombique

Cristaux pseudo-quadratiques, aplatis. Souvent en masses compactes, parfois grenues.

D = 5,8/ H = 2,5-3. Fragile. Cassure sub-conchoïdale. Couleur: gris de plomb plus ou moins terni. Opaque. Eclat métallique. Poussière grise.

Dans les gîtes hydrothermaux de moyenne température, avec galène, sphalérite, chalcopyrite, quartz, barytine, fluorine.

CUIVRES GRIS : Solutions solides **Cu₁₂ (As,Sb)₄ S₁₃** , avec deux pôles : **Tétraédrite** Cu₁₂ Sb₄ S₁₃ et Tennantite Cu₁₂ As₄ S₁₃. Cubiques

Souvent en cristaux : tétraèdres. Macles fréquentes. Egalement en masses compactes ou grenues.

D = 4,6 à 5,1 (augmente avec le pourcentage en Sb)/ H = 3 à 4,5 (augmente avec le pourcentage en As). Assez fragile. Cassure conchoïdale. Couleur gris acier à noir de fer. Opaque. Eclat métallique, parfois brillant. Poussière : noir olivâtre.

Dans les gisements hydrothermaux de moyenne température.

LES OXYDES ET HYDROXYDES

La classe des oxydes (environ 320 minéraux) comporte les composés de métaux ou de métalloïdes avec l'oxygène ou des groupes hydroxydes.

Les oxydes présentent : des duretés dépassant fréquemment 8 (seuls minéraux ayant une dureté $>$ à 8 excepté le diamant); une grande stabilité chimique, d'où une faible solubilité et un point de fusion élevé.

Par contre les hydroxydes ont souvent une faible dureté, s'attaquent facilement et montrent fréquemment d'excellents clivages.

Gisements - On trouve une très grande diversité dans les conditions de gisement de ces minéraux. La plupart des oxydes simples et des oxydes multiples appartiennent aux domaines du magmatisme, du métamorphisme et de la sédimentation marine. La majeure partie des hydroxydes se trouve dans la zone d'oxydation des gîtes métalliques.

SPINELLE



Cubique

Mg^{2+} et Al^{3+} peuvent être substitués respectivement par Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} et par Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , ce qui entraîne des modifications des propriétés physiques. Cristaux octaédriques. Macle fréquente.

$D = 3,5$ à 4 suivant la composition/ $H = 8$. Cassure irrégulière. Transparent à opaque. Eclat vitreux. Couleurs variées : le plus communément brunâtre ou verdâtre plus ou moins foncé à noir (variétés ferrifères) ; parfois incolore, rose, rouge, bleu.

Minéral de métamorphisme de contact de dolomies et calcaires magnésiens (dans cipolins avec phlogopite). Minéral accessoire de certaines pegmatites. Constituant fréquent des roches ultrabasiqes (variété ferrifère et chromifère) (Iherzolites à spinelle).



Usage : les variétés transparentes sont utilisées comme gemmes.

MAGNETITE**Cubique**

Les cristaux automorphes sont généralement des octaèdres. Le plus souvent, masses granulaires ou compactes.

Densité : 5,2 / H = 6. Cassure inégale. Opaque, Eclat métallique ou terne. Couleur noire. Poussière noire. Fortement magnétique. Altération en hématite et limonite.

Minéral primaire de haute température: disséminé ou en ségrégations dans les roches éruptives surtout basiques; en filons de haute température, avec sulfures variés; gîtes de métamorphisme de contact; dans les météorites, dans les alluvions. Parfois secondaire : gîtes sédimentaires avec hématite, sidérite, chlorites.

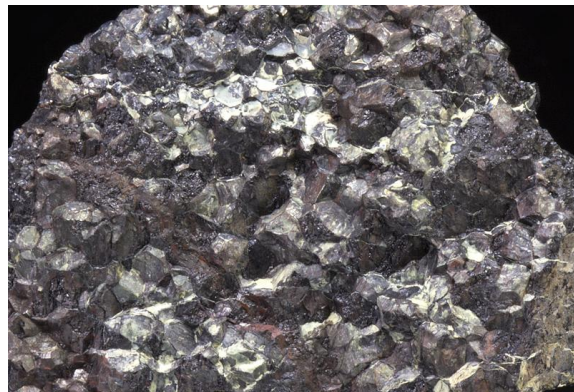


Minerai de fer.

CHROMITE**Cubique**

Cristaux très rares : octaèdres. Généralement en grains arrondis ou en masses grenues à compactes.

D= 4,1 à 4,9/ H = 5,5. Peu contenir Mg (jusqu'à 20% MgO). Cassure inégale. Couleur noir. Opaque. Eclat métallique à mat. Poussière noire. Parfois faiblement magnétique.



Fréquente dans les péridotites et les serpentines.

CHRYSOBERYL (Al_2BeO_4)

Orthorhombique

Généralement bien cristallisé : cristaux tabulaires, avec stries sur la face d'aplatissement. Macles fréquentes donnant des cristaux d'aspect hexagonal. $D=3,7/ H = 8,5$. Fragile. Cassure irrégulière. Clivage assez facile. Couleur : jaune, vert, vert olive, vert brunâtre. Transparent à opaque. Eclat vitreux. Poussière incolore.

Variétés :

- **Alexandrite** : variété gemme de chrysobéryl verte à la lumière du jour, rouge violacé à la lumière artificielle.
- **Oeil de chat** : variété chatoyante de chrysobéryl vert jaunâtre.

CORINDON (Al_2O_3)

Rhomboédrique

Souvent en cristaux pouvant atteindre de grandes dimensions (1 m et plus). Prismes en forme de tonnelets pseudo-hexagonaux. Egalement en masse lamellaires ou grenues.

$D = 4/ H = 9$. Cassure irrégulière. Tenace. Couleur : gris, bleuâtre, brunâtre, rougeâtre, rarement incolore ou noir. Eclat adamantin à vitreux. Poussière incolore.

Variétés :

- **Rubis** : variété rouge
- **Saphir** : variété bleue notamment, mais aussi de diverses colorations.



Les saphirs et rubis sont des gemmes, elles font parties des pierres précieuses avec le diamant et l'émeraude (béryl vert).

Gisements : Dans certaines roches ignées hyperalumineux (syénites); dans les calcaires métamorphisés; dans les schistes.

ILMENITE**Triclinique**

Cristaux généralement tabulaires, plus rarement en cristaux rhomboédrique, lamelles micacés. Agrégats grenus. Masses compactes.

D = 4,7 / H = 5,5. Cassure conchoïdale. Clivage bon. Couleur : noir à brun noir. Opaque. Eclat métallique. Poussière noire, parfois faiblement magnétique.

Constituant accessoire de roches magmatiques et métamorphiques. Concentration parfois économique dans roches basiques, avec magnétite et rutile. Dans gisements détritiques.

HEMATITE (Oligiste)**Rhomboédrique**

Cristaux automorphes généralement tabulaires, en lamelles minces ou épaisse. Souvent groupées parallèlement ou en rosettes. Face d'aplatissement strié en triangle. Plus rarement en cristaux prismatiques ou rhomboédriques. Souvent d'aspect micacé. Massif, granulaire, fibreux, fibro-radié, concrétionné. Terreux, mêlé d'argile et vivement coloré en rouge (ocres).

D = 5 / H = 5 à 6. Opaque, transparent en lames très minces. Eclat métallique. Couleur gris de fer, rouge terne dans les variétés compactes. Poussière brun rougeâtre à rouge. Peut s'hydrater en limonite.

Gisement : Oxyde très répandu, d'origine primaire ou provenant de la transformation de sidérite, magnétite. Gisements variés. Les principaux : dépôts sédimentaires avec sidérite, limonite, chlorite, gîtes de sidérite en substitution dans les calcaires, transformés dans la zone d'oxydation en hématite, goethite, limonite; filons de haute température



Minerai de fer.

Etymologie : du grec "*hématicos*" saignant (couleur de la poussière).

PECHBLENDE /Uraninite**UO₂****Cubique**

Cristaux rares, cubiques ou octaédriques (Uraninite). Le plus souvent variétés cryptocristallines (Pechblende) en masses mamelonnées, compactes ou terreuses.

Densité : 8 à 10 (Uraninite) ; 6,5 à 8,5 (Pechblende) / H = 5,5. Cassure inégale ou conchoïdale. Opaque. Eclat résineux ou mat. Couleur noire à noir brunâtre. Poussière noir brunâtre. Très radioactive.



Principal minerai d'uranium.

Gisements : Dans les gîtes mésothermaux à Ni-Co-Bi-Ag ou BPGC avec fluorine; En variétés pulvérulentes dans certaines roches sédimentaires riches en matières organiques avec pyrite et marcassite.

RUTILE (TiO₂)**Quadratique**

Presque toujours en cristaux nets, à section octogonale, à faces du prisme souvent striées longitudinalement et terminaison octaédrique. Egalement en masses grenues ou compactes. En fine aiguilles incluses dans le quartz. Macle en "genou" fréquente.

D = 4,2 / H = 6 à 6,5. Cassure conchoïdale. Translucide à opaque, éclat adamantin. Couleur brun-foncé à noir; rouge à brun-rouge dans les faciès aciculaire. Poussière brun-pâle. Peut renfermer des quantités notables de Fe, Nb, Ta.



Etymologie (du latin "rutilus" = rouge)

Inaltérable, il est fréquent dans les alluvions. Forme la plus stable de TiO_2 . Constituant accessoire fréquent de nombreuses roches éruptives (granites, syénites, diorites, ...) et métamorphiques (cipolins, gneiss, quartzites...).

En cristaux de grandes tailles dans les pegmatites et les filons hydrothermaux. Dans les gîtes détritiques, parfois avec ilménite, magnétite et monazite (sables noirs).

CASSITERITE

(SnO_2)

Quadratique

Isomorphe du rutile. Souvent cristaux bien formés mais petits. Prismes trapus, plus rarement aciculaire. En grains de forme irrégulière. Parfois en masses concrétionnées à structure fibreuses. Macle fréquente.

$D = 7$ / $H = 6$ à 7 . Cassure inégale. Translucide à opaque, éclat adamantin, gras sur la cassure. Couleur brun-rosé clair, brun-noir à noir; poussière blanche à grise.

Peut renfermer quelques % de fer, Nb, Ta, Ti, essentiellement sous la forme d'inclusions minérales.



Principal minerai d'étain.

Inaltérable, elle est fréquente dans les gîtes alluvionnaires. Minéral de haute température, lié aux phases pegmatitiques et pneumatolithiques dans les granites, aplites et les pegmatites et dans les filons à quartz, avec topaze, fluorine, tourmaline, lépidolite, béryl, molybdène, wolframite, mispickel, etc....

PYROLUSITE **(MnO₂)** **quadratique**

Cristaux prismatiques, rares et petits. Agrégats généralement botryoïdes, fibro-radiés et à surface lisse et mamelonnée, également sous forme de masses terreuses et oolithiques. Généralement légèrement tachant.

D = 5 / H = 2 à 6, selon la compacité. Opaque, gris acier à gris foncé, trait noir, éclat métallique à mat, clivage parfait.

Mode de gisement : dans gisements sédimentaires ou comme minéral accessoire dans des gisements hydrothermaux.

PSILOMELANE **Mn₅O₁₀ (Ba, H₂O)₂** **monoclinique**

Cristaux inconnus. Masses finement granuleuses à massives, rayonnantes, également terreuses.

D = 4,7 / H = 4 à 6. Clivage aucun; cassure irrégulière, fragile. Couleur : noir, brun noir, trait noir, brun, éclat métallique, mat,

Dans la zone d'oxydation des gîtes métallifères manganésiens.

NODULES DE MANGANESE

Nodules de 2 à 5 cm de diamètre développées concentriquement autour d'un noyau, se trouvant sur les fonds marins à 4000-6000 m de profondeur. Ce sont des nodules minéralisés contenant jusqu'à 40 % de manganèse. Ils contiennent également du cuivre, du nickel, du cobalt et du zinc à des teneurs de 0,2 à 1 %.

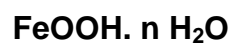
GEOHITE **FeO.OH** **Orthorhombique**

Rarement en cristaux prismatique (< 1 cm), striés verticalement; agrégats fibreux, touffes radiées. Généralement masses fibreuses à fibro-radiées et concrétionnées, parfois poreuses à terreuses.



D = 4,3 / H = 5. Cassure inégale. Clivage net. Couleur : brun noir à brun rouge foncé, brun jaune. Opaque. Eclat terne. Poussière brun jaune.

Minéral provenant généralement de l'altération des autres minéraux de fer (pyrite, magnétite, sidérite, ankérite, ...).

LIMONITE**amorphe**

Sous ce terme on désigne un mélange de minéraux de fer oxydé, silice colloïdale, argiles, où domine la goéthite contenant de l'eau adsorbée ($\text{FeOOH} \cdot n \text{H}_2\text{O}$)

Généralement masses compactes, fibreuses, mamelonnées, concrétionnées, souvent poreuses et terreuses à poudreuses (pulvérulentes).

D= 2,7 / H= 4 à 5. Cassure variable : conchoïdale ou terreuse. Fragile. Couleur : brun noir à noir, jaune brunâtre, brun rouge (variété terreuse), ocre jaune à brun orangé (variété poudreuse). Opaque. Eclat terreux, vernissé dans les variétés mamelonnées. Poussière : jaune brun.

**BRUCITE****Rhomboédrique**

Petits cristaux tabulaires à micacés. Généralement en masses feuilletées, rarement grenues.

D = 2,4 / H = 2,5. Clivage micacé. Couleur : blanc à blanc verdâtre. Transparent. Eclat vitreux. Poussière blanche.

Dans les filons hydrothermaux de basse température, traversant les serpentines ou les calcaires métamorphiques. Associée avec magnésite, talc.

BAUXITE : Hydrates d'alumine $\text{Al}(\text{OH})_3$ $\text{AlO}(\text{OH})$

Les bauxites sont des mélanges, en proportion variables, de divers constituants cryptocristallins, parmi lesquels peuvent dominer la gibbsite (ou hydrogillite) de formule $\text{Al}(\text{OH})_3$, la boehmite et le diaspore tous les deux de formule $\text{AlO}(\text{OH})$ et orthorhombiques.

La bauxite se présente en masse terreuses, argileuse compactes à structure pisolithique. D = 2,5/ H = 1 à 3. Couleur : blanc, jaunâtre, rose, rouge brique. Opaque. Eclat terreux.

Comme produit résiduel d'altérations sous climat tropical de roches alumineuses et des calcaires.

Principal et important minerai d'aluminium.



LES CARBONATES, NITRATES, BORATES

Les carbonates (environ 100 espèces) comprennent des minéraux très importants : calcite, aragonite, dolomite. L'unité anionique est CO_3^{--} . Ce sont des minéraux correspondant à la formule XCO_3 où X représente un élément métallique bivalent: Ca, Mg, Zn, Mn, Fe^{2+} , Co, Sr, Ba, Pb, Cu.

Il existe 3 groupes de carbonates : groupe de la calcite, groupe de l'aragonite et carbonates basiques.

Groupe de la calcite basiques (Rhomboédriques)	Groupe de l'aragonite (Orthorhombiques)	Carbonates (Monocliniques)
Calcite CaCO_3	Aragonite CaCO_3	Azurite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Dolomite $(\text{Ca},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	Cérusite PbCO_3	Malachite $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Ankérite $(\text{Ca},\text{Fe})(\text{CO}_3)_2$	Strontianite SrCO_3	
Sidérite FeCO_3	Withérite BaCO_3	
Magnésite MgCO_3		
Rhodochrosite MnCO_3		
Smithsonite ZnCO_3		

Les carbonates sont incolores, blancs ou peu colorés à l'exception de ceux du cuivre, cobalt ou manganèse. Leur dureté est inférieure à 5. Ils font généralement effervescence avec les acides.

Les nitrates sont rares (moins de 10 espèces). Deux minéraux importants, la nitronatrite (NaNO_3) et la nitrite KNO_3 , résultent souvent de l'évaporation d'eau circulant dans les sols désertiques.

Les borates (100 espèces environ) ont une structure avec des groupements BO_3^{--} ou des tétraèdres BO_4 . D'éclats vitreux, incolores à blancs, ils ont une faible dureté et sont peu denses. Ils se trouvent dans les bassins d'évaporation d'eau ayant lessivé des roches volcaniques.

Quelques espèces bien connues : L'**Ulexite** $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (Triclinique, $D = 2 / H = 2,5$), le **Boraxe** $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (monoclinique; $D = 1,7 / H = 2$); la **Colématite** $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (monoclinique; $D = 2.4 / H = 4.5$) et la **Kernite** $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (monoclinique, $D = 2.4 / H = 4$)

CALCITE**Rhomboédrique**

Cristaux automorphes présentant des formes très variées (plusieurs centaines). Les plus fréquents sont : des prismes rhomboédriques allongés ou aplatis; des scalénoèdres. Souvent massive, parfois fibreuse et stalactitique. Clivages rhomboédriques très faciles (déterminant des rhomboèdres).

D = 2,7/ H = 3. Incolore, blanche, teintes pâles. Parfois fluorescente à l'U.V. Soluble à froid avec effervescence dans les acides même dilués.



L'un des minéraux les plus répandus. Constituant essentiel de certaines roches sédimentaires (calcaires, marnes) ou métamorphiques (cipolins). Constituant accessoire de certaines roches éruptives calciques altérées. Très fréquente comme gangue des gîtes hydrothermaux. Concrétions stalactitiques dans les grottes.

DOLOMITE - ANKERITE
Rhomboédriques

-



Série de solution solide entre les deux minéraux.

Forme habituelle : rhomboèdre. Parfois assemblages de petits cristaux à faces courbes. Masses compactes ou granulaires rugueuses. Clivages rhomboédrique parfaits.

D = 2,9 = H = 3,5 à 4. Transparent à translucide. Eclat vitreux vif. Incolore, blanc, teintes pâles, brune (ou brunissant par oxydation dans les variétés ferrifères). Effervescence vive, à chaud seulement, dans les acides dilués.

Constituant essentiel des dolomies sédimentaires ou métamorphiques. Gangue de filons hydrothermaux ou des gîtes de substitution.



Minerai de magnésium.

SIDERITE (Sidérose)



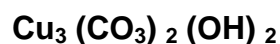
Rhomboédrique

Cristaux automorphes en rhomboèdres souvent lenticulaires, à faces courbes, parfois groupés en rosettes. Masses cristallines clivables ou finement granulaires. Concrétions globulaires. Clivages parfaits.

D = 3,9 / H = 4. Translucide à opaque. Eclat vitreux vif. Blond à brun. Poussière blanche. Effervescence aux acides à chaud seulement. Devient brun à noir par oxydation en limonite, goethite.

Minéral commun. Couches sédimentaires; amas de substitution dans les calcaires ou dolomies, Concrétions dans divers sédiments; en filons, seul ou comme gangue de minerais variés

AZURITE



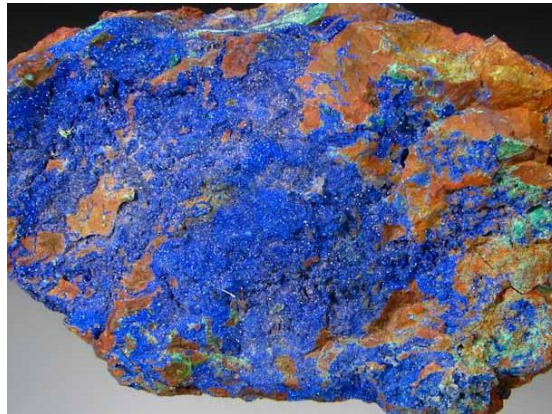
Monoclinique

Cristaux à faciès très variés, complexes : prismes ou tablettes, agrégats fibro-radiés.

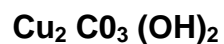
Souvent en enduits ou masses terreuses.

Densité 3,8/ H = 3,5 à 4. Cassure conchoïdale; fragile. Clivage interrompu. Transparent à translucide. Eclat vitreux. Couleur bleu azur vif à bleu nuit. Poussière bleu clair.

Altération en malachite et en cuivre natif. Effervescence aux acides.



Minéral de la zone d'oxydation des gîtes de cuivre. Moins fréquente que la malachite, à laquelle, elle y est associée ainsi que limonite, cuprite (Cu_2O).

MALACHITE**Monoclinique**

Cristaux rares, petits, généralement aciculaires, groupés en touffes. Le plus souvent en enduits ou en masses concrétionnées à structure fibreuse.

D = 4 / H = 3,5 à 4. Cassure irrégulière. Translucide à opaque. Eclat vitreux, terreux dans les variétés compactes. Couleur vert franc, vert pâle pour les enduits. Poussière vert pâle. Fait effervescence aux acides.

Minéral typique de la zone d'oxydation des gîtes cuprifères, associé à azurite, cuprite, limonite. Usage : Minerai de cuivre. Matériau ornemental.



LES SULFATES, CHROMATES, MOLYBDATES, TUNGSTATES

Cette classe groupe environ 250 espèces. Elle comprend des composés ioniques avec radicaux du type XO_4^- : X = S (sulfates); Cr (Chromates); Mo (Molybdates); W (tungstates).

Les sulfates (220 espèces) généralement de faible densité et dureté, peuvent être anhydres comme la barytine, l'anhydrite, mais le plus souvent sont hydratés comme le gypse.

Les chromates (12 espèces) et les molybdates (15 espèces) sont assez rares à l'exception de la wulfénite. Les tungstates sont principalement représentés par la wolframite et la scheelite, tous les deux importants minerais de tungstène.

Groupe des Sulfates		Chimie	Système
Sulfates anhydres			
	Barytine	BaSO ₄	Orth.
	Célestite	SrSO ₄	Orth.
	Anglésite	PbSO ₄	Orth.
	Anhydrite	CaSO ₄	Orth
Sulfates hydratés et Basiques			
	Gypse	CaSO ₄ .2H ₂ O	Mono
	Chalcanthite	CuSO ₄ .5H ₂ O	Tric
	Alunite	KAl ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₃	Rhom
	Epsomite	MgSO ₄ .7H ₂ O	Orth
	Mélanterite	FeSO ₄ 7H ₂ O	Mono
	Cyanotrichite	Cu ₄ Al ₂ (OH) ₁₂ SO ₄ 2H ₂ O	Orth.
Chromates :	Crocoïte	PbCrO ₄	
Molybdates :	Wulfénite	PbMoO ₄	Quadr
Tungstates	Scheelite	Ca WO ₄	Quadr
	Wolframite	(Fe, Mn) WO	Mono

BARYTINE**Orthorhombique**

Cristaux tabulaires ou prismatiques allongés. Masses compactes ou lamelleuses souvent crêtées.

D = 4,5 / H = 3 à 3,5. Bons clivages. Transparent à translucide; éclat vitreux; incolore, blanche, teintes claires

Minéral très commun. Filon hydrothermaux surtout de basse température, seule ou associée à quartz, fluorine, galène, sidérite, dolomite, stibine. Masses stratiformes dans les terrains sédimentaires. Fréquente dans les fissures de tous terrains.



Usages : boues de forage, peinture blanche, papeterie, industrie du verre, médecine, protection contre radiations...

Etymologie : du grec "*barus*", lourd

CELESTITE**Orthorhombique**

Cristaux aplatis ou prisme allongés ressemblent à ceux de la barytine. Agrégats fibreux ou radiés. Masses laminaires, fibreuses, finement grenues.

D = 4 / H = 3,5. Cassure inégale. Bons clivages. Couleur incolore à bleu-pâle, blanc. Transparent à opaque. Eclat vitreux.



La célestite se rencontre surtout dans des niveaux sédimentaires, comme produits d'évaporation de lagune ou comme concrétion diagénétique dans des calcaires et des marnes. Parfois dans des gîtes hydrothermaux en amas et petits filons.

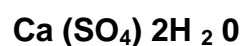
ANHYDRITE**orthorhombique.**

Cristaux automorphes rares ; le plus souvent en masses cristallines montrant les trois clivages orthogonaux. Clivages parfaits.

D = 3/ H = 3 à 3,5. Transparent à translucide. Eclat vitreux. Incolore, souvent teinté de gris bleu ou violet. S'hydrate en gypse.

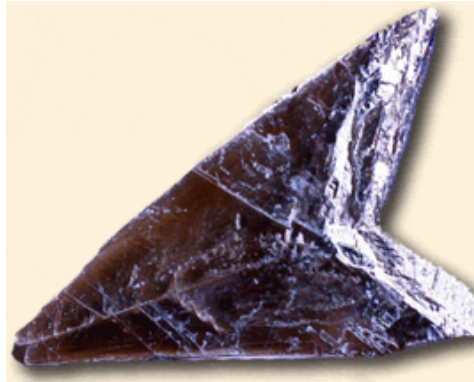


Produit d'évaporation des eaux marines. Bancs sédimentaires avec gypse, sel gemme, calcaires, dolomies.

GYPSE**Monoclinique**

Cristaux souvent de grandes dimensions (jusqu'à plusieurs mètres), généralement aplatis parfois aciculaires (fibreux). Parfois cristaux lenticulaires groupés en rosettes ("roses des sables"). En masses lamelleuses ou fibreuses ou saccharoïdes. Macles: "en queue d'aronde", très commune; "en fer de lance", fréquente. Clivage très facile.

D = 2,3/ H = 2 (rayable à l'ongle). Transparent à translucide, soyeux dans les variétés fibreuses. Incolore, blanc ou teintés pâles. Poussière blanche. Un peu soluble dans l'eau.



Variété : albâtre, grain très fin.

Le plus commun des sulfates. Dépôt d'évaporation des eaux marines, avec sel gemme, anhydrite, argiles (abondants au Trias). Minéral secondaire d'hydratation de l'anhydrite.

Usage : Chauffé vers 130-170°, il donne le plâtre par déshydratation partielle.

SCHEELITE

Ca WO_4 quadratique,

Cristaux généralement en octaèdres, rarement en tablette. Le plus souvent massive ou grenue.

D = 6 / H = 4,5 à 5. Fragile. Cassure inégale. Transparent à translucide, éclat gras. Couleur : incolore, blanc, grisâtre, jaunâtre, brunâtre. Fluorescence vive en blanc bleuâtre aux U.V.

Minéral de haute température. Gîtes de métamorphisme de contact entre granites et calcaires (skarns) ; la scheelite y est associée aux silicates des skarns (grenat, diopside, idocrase, épidote), fréquemment à la fluorine, la molybdénite, la pyrrhotite, la chalcopyrite. Filons hydrothermaux de haute température, pegmatites, avec wolframite, fluorine.

Usage : minerai de tungstène.

WOLFRAMITE

$(\text{Fe, Mn}) \text{WO}_4$

monoclinique

Cristaux communément tabulaires. Masses lamellaires ou lames isolées verticales atteignant de grandes dimensions. Clivage parfait.

D = 7 à 7,5 croissant avec le rapport Fe/Mn; H = 4 à 4,5. Opaque ou un peu translucide en éclats minces. Eclat submétallique. Couleur noire. Poussière brun rougeâtre.

Altération facile en Limonite, oxydes de Mn.



Dans les pegmatites et filons de quartz de haute température associés aux granites, seule ou associée à cassitérite, mispickel, béryl, lépidolite, topaze, tourmaline

Usage : principal minerai de tungstène. Du fait de sa haute température de fusion (1410°C), de sa résistance à la corrosion et de sa très grande dureté, le tungstène est utilisé dans les aciers durs, le carbure de tungstène (outils de sondage...) Industrie électrique.

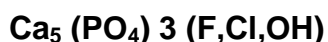
LES PHOSPHATES, ARSENIATES ET VANADATES

Cette classe groupe environ 350 espèces souvent rares. Les unités structurales (anioniques) sont $(XO_4)^{---}$: X étant P (phosphates), As (arséniates), V (vanadates).

La plus grande partie du phosphore se trouve dans la nature sous forme d'apatite. L'arsenic des sulfures ou des arséniures (des gîtes métalliques) donne des arséniates dans les zones d'oxydation.

Apatite	$Ca_5 (PO_4)_3 (F, Cl, OH)$	Hexa.
Vivianite	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	Mono.
Pyromorphite	$Pb_5 Cl (PO_4)_3$	Hexa.
Turquoise	$Cu Al_6(OH)_8(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$	Tric.
Wavellite	$Al_3(OH)_3(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$	Ortho.
Mimétite	$Pb_5 (AsO_4)_3 Cl$	Hexa.
Vanadinite	$(Pb_3 Cl (VO_4)_3$	Hexa.

APATITE



Hexagonal

Prismes hexagonaux allongés suivant l'axe c. Masses laminaires, grenues ou concrétionnées.

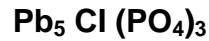
D = 3,2 / H = 5. Clivages difficiles. Cassure conchoïdale. Incolore ou coloré en rose, vert, violet, jaune, brun, transparent ou translucide.

Gisement : Minéral très répandu : dans les roches éruptives et les schistes cristallins, en cristaux dispersés; dans les pegmatites.



La phosphorite est une variété d'apatite mal cristallisée, microcristalline, plus ou moins amorphe, qui forme les gisements de phosphates sédimentaires (ex : gisements de la région de Gafsa-Métlaoui).

PYROMORPHITE



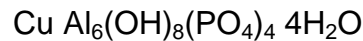
Hexagonal

Cristaux prismatiques hexagonaux formes "en barillets" ou en aiguilles. Masses fibreuses ou concrétionnées.

D = 7 / H = 3,5 à 4. Cassure inégale. Fragile. Translucide. Eclat résineux à gras. Habituellement vert jaunâtre vif ou brun ; plus rarement gris ou incolore.

Minéral d'origine secondaire, fréquent dans la zone d'oxydation des gîtes de plomb, associé à la cérusite, la limonite, la calcédoine, parfois l'anglésite, la smithsonite, l'hémimorphite.

TURQUOISE



triclinique

Son nom viendrait de « pierre turque », car c'est en Turquie que les européens la trouvèrent (et ce bien que le minéral ait été importé d'Iran, où elle se nomme « *Firouzé* »). C'est elle qui donna son nom à la couleur bleu turquoise.

La turquoise est une variété de **phosphate d'alumine facilement reconnaissable à sa couleur bleue et parfois verdâtre**. De nombreux gisements sont épuisés.

Les principaux gisements actuels se situent en Chine, aux Etats-Unis, au Mexique et au Tibet. Le gisement le plus ancien (au moins 2000 ans), se trouve en Iran. Il s'agit du mont Ali-mersai, dans la province du Khorasan.



DESCRIPTION SYSTEMATIQUE DES MINERAUX SILICATES

I - LES NÉOSILICATES :

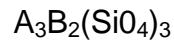
Les néosilicates rassemblent principalement les groupes suivants :

GROUPE DE L'OLIVINE

Forstérite $Mg_2(SiO_4)$

Fayalite $Fe_2(SiO_4)$

GROUPE DES GRENATS



Pyrope $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$
 $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$

Spessartite $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$

Andradite

Almandin $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$
 $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

Grossulaire $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$

Uvarovite

GROUPE DU ZIRCON

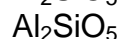
Zircon $Zr(SiO_4)$

GROUPE DES SILICATES D'ALUMINE

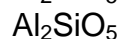
Andalousite



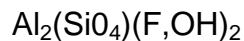
Sillimanite



Disthène (Kyanite ou cysanite)



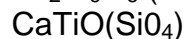
Topaze



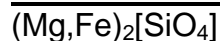
Staurolite



Sphène



GROUPE DE L'OLIVINE ou PÉRIDOTS:



Orthorhombique

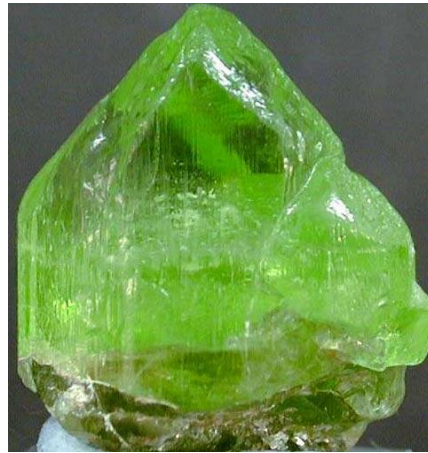
Séries de solutions solides entre la **Forsterite $Mg_2(SiO_4)$** (pôle magnésien) et **Fayalite $Fe_2(SiO_4)$** (pôle ferrifère)

Cristaux automorphes généralement petits en prismes aplatis. Souvent en grains

arrondis, disséminés dans la roche ou rassemblés en ségrégations (accumulations localisées).

D = 3,3 / H = 6,5 à 7. Fragile. Clivage distinct. Transparent à translucide. Eclat vitreux vif. Couleur jaune-verdâtre à vert olive. Altération atmosphérique : libération d'oxydes ferriques rougeâtres.

Minéral typique de haute température. Constituant des roches intrusives en provenance du manteau (péridotites). Élément des basaltes et des nodules de péridotites remontés par les basaltes. Dans les calcaires dolomitiques impurs ayant subi un métamorphisme thermique.



Usage : réfractaires. Étymologie : couleur vert-olive.

GRENATS $A_3B_2(SiO_4)_3$ A = Ca, Mg, Fe, Mn et B = Al, Fe, Cr

Pyrope $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ **Spessartite** $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ **Andradite**
Ca₃Fe₂(SiO₄)₃

Almandite $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ **Grossularite** $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ **Uvarovite**
Ca₃Cr₂(SiO₄)₃

Étymologie : du latin "granatus", semblable aux grains.



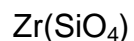
Cubiques. Cristaux automorphes très fréquents. Formes habituelles : Rhombododécaèdre et trapézoèdre. Souvent en grains irréguliers.

D = 3,5 à 4,3 H = 6,5 à 7,5. Pas de clivage. Cassure irrégulière. Couleur variable suivant la composition : rouge sombre (Pyrope), jaune à brun rouge (Spessartite), rose (Almandin), brun à noir Andradite, vert émeraude, vert foncé (Uvarovite), incolore vert jaunâtre (Grossulaire). Poussière blanche. Eclat vitreux ou résineux. Altération en chlorite.

Dans roches métamorphiques : gneiss, micaschistes (var. **almandin**, Fe, Al) ; calcaires métamorphique (var. **grossulaire**, Ca, Al). Dans Roches éruptives : aplites, pegmatites, granites. (var. **spessartite**, Mn, Al et **almandin**) ; roches ultrabasiques (var. **pyrope**, Mg, Al).

Usage : abrasif. Les beaux cristaux bien colorés sont recherchées comme pierres gemmes (Pyrope, Uvarovite et Grossularite).

ZIRCON



Quadratique

Prismes à section carrée. Parfois en grains. Clivages peu nets. Cassure conchoïdale. D = 4,7 / H = 7,5. Transparent à opaque. Eclat vif. Couleur : Jaunâtre, verdâtre, brun-rougeâtre, rouge.



Minéral accessoire commun des roches éruptives, spécialement acides et sodiques. Commun dans les pegmatites.

Minerai de zirconium. Certaines variétés sont des gemmes.

GROUPE DES SILICATES D'ALUMINE :

SILLIMANITE $\text{Al}_2 [\text{O SiO}_4]$ ou $\text{Al}_2 \text{SiO}_5$

Orthorhombique

Le plus souvent en longues et minces baguettes à terminaisons indistinctes,

groupées en gerbes ou enchevêtrées. Clivage parfait

D = 3,2 / H = 6 à 7. Transparent à translucide. Grisâtre, brunâtre, jaunâtre, verdâtre. Peu altérable.

Dans les gneiss et les micas schistes

ANDALOUSITE $\text{Al}_2 [\text{OSiO}_4]$ ou $\text{Al}_2 \text{SiO}_5$ Orthorhombique (pseudo quadratique)

Généralement en prismes grossiers à section carrée, parfois mal formés. Bon Clivage. D : 3,2 / H = 7,5 (sur le minéral non altéré)

Le plus souvent pierreux et altéré. Rarement translucide. Couleur blanchâtre, rose; souvent inclusions charbonneuses régulièrement disposées et dessinant des croix noires sur les sections transversales (variété **chiastolite**).

S'altère fréquemment en mica blanc et kaolin. Devient opaque et tendre.



Minéral de métamorphisme, surtout des schistes argileux au contact d'intrusions granitiques. Egalement dans les gneiss, micaschistes, associée à disthène, sillimanite, cordiérite, grenat. Filons de pegmatites (andalousites roses, limpides).

Usage : Matière première pour l'industrie des réfractaires résistants aux chocs thermiques (ex : cônes de rentrée atmosphérique des cabines spatiales ...).

DISTHENE (Kyanite ou cyanite) $\text{Al}_2 [\text{OSiO}_4]$ ou $\text{Al}_2 \text{SiO}_5$ Triclinique

Long cristaux prismatique aplatis, souvent, à faces striées. Agrégats plus ou moins radiés, lamellaires ou fibreux. Macles variées.

D = 3,5. H = 5 selon l'allongement, 7 perpendiculairement à l'allongement sur une face de clivage. Cassure à aspect haché perpendiculairement à l'allongement. Flexible. Clivage parfait. Couleur bleu ciel à incolore, parfois jaune, rougeâtre, verdâtre Translucide à transparent. Éclat vitreux, nacré sur clivage. Poussière incolore.

Minéral de métamorphisme dans les gneiss et les schistes micacés, avec grenat, staurotide, corindon

TOPAZE $\text{Al}_2[(\text{F},\text{OH})_2\text{SiO}_4]$ Orthorhombique

En cristaux prismatiques à terminaisons variées. Très riche en formes, pouvant atteindre de grandes dimensions (un mètre et plus). Egalement en agrégats massif, grenus, aciculaires.



D = 3,4 à 3,6. H = 8. Cassure conchoïdale. Clivage basal excellent et caractéristique. Couleur incolore à jaune, bleu, verdâtre, grisâtre. Transparent à translucide. Éclat vitreux. Poussière incolore.

Minéral des gîtes pneumatolytiques dans les granulites, les greisens et filons pegmatitiques. Association avec cassitérite, lépidolite, béryl, tourmaline.

Les topazes bien colorées et transparentes sont recherchées comme gemmes. Changent de couleur lorsqu'elles sont chauffées.

STAUROTIDE $(\text{Fe},\text{Mg},\text{Zn})\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{23}(\text{OH})$ Orthorhombique

Toujours cristallisée. Prismes simples, souvent aplatis. Fréquemment m: mâclée : macles en croix.

D = 3,7 / H = 7 à 7,5. Cassure conchoïdale. Couleur : brun-noirâtre à brun-rouge, parfois ocre. Translucide à opaque. Eclat vitreux. Poussière blanche.

Dans roches métamorphiques (schistes et gneiss), associée aux grenats, à l'andalousite, au disthène, à la sillimanite, à la cordiérite.

SPHENE (Titanite) $\text{CaTi} [\text{O SiO}_4]$ ou TiO_2 CaO SiO_2
Monoclinique

Cristaux de faciès variable, aplatis à tabulaires. Agrégats grenus, masses compactes, parfois lamellaires. Macles fréquentes.

D = 3,5 / H = 5 à 5,5. Cassure inégale. Clivage. Couleur : jaune à brun noir, vert, gris, rarement incolore. Transparent à opaque. Éclat adamantin à résineux. Poussière incolore.

Fréquent dans les roches éruptives (granites à amphiboles, syénites...), les roches métamorphiques (gneiss à amphiboles, amphibolites...), les cavités et fissures des gneiss, les calcaires métamorphiques.

II - LES SOROSILICATES

Epidote, Vésuvianite, Hémimorphite,

ÉPIDOTE $\text{Ca}_2 (\text{Fe,Al})\text{Al}_2 [(\text{O OH})_2 \text{Si}_2\text{O}_7]$ Monoclique

Cristaux prismatiques allongés suivant l'axe binaire b. Faces striées suivant l'allongement.

Parfois aciculaire ou fibreux. Clivage parfait

D = 3,3 à 3,5 / H = 6 à 7. Transparent à opaque. Eclat vitreux. Couleur ordinairement vert à vert jaunâtre.



Minéral de métamorphisme dans les gneiss. Minéral de métamorphisme des grès, calcaires au voisinage des roches éruptives (avec actinote, sphène, chlorite). Se forme également par altération des plagioclases (saussuritisation) et de silicates calciques (fréquent dans les ophites du Trias).

**VESUVIANITE (Idocrase) $\text{Ca}_{10} (\text{Mg,Fe})_2 \text{Al}_4 [(\text{OH})_4 (\text{SiO}_4)_5 (\text{Si}_2\text{O}_7)_2]$
Quadratique**

Généralement cristaux prismatiques parfois centimétriques terminés par des pyramides plus ou moins tronquées par la base. Faces souvent striées verticalement. Parfois grenu ou massif.

D = 3,4 / H = 6,5. Cassure inégale. Couleur : vert à brun, parfois jaune, rouge brun, noirâtre, plus rarement rose bleu. Transparent à translucide. Éclat vitreux à gras. Poussière blanche.

Minéral du métamorphisme de contact, particulièrement dans les calcaires avec grenats calciques, wollastonite, diopside. Très beaux cristaux au Vésuve (Italie) par action des laves sur les calcaires.

III - CYCLOSILICATES

Cordiérite, Béryl, Tourmaline, Dioptase, Chrysocolle

CORDIÉRITE $(\text{Mg, Fe})_4 \text{Al}_6 (\text{Al}_2 \text{Si}_{10} \text{O}_{36})$ Orthorhombique

Prismes courts pseudo-hexagonaux à faces striées verticalement. Souvent en masses compactes ou grains informes. Bon clivage.

D = 2,6 / H = 7. Transparent à translucide : Éclat gras. Couleur bleue ; devient vert par altération. Altération très rapide en masse d'apparence informe ayant la composition de la muscovite.

Minéral accessoire de certaines roches éruptives (granites). Minéral de métamorphisme de contact (Gneiss, schistes cristallin).

BERYL $\text{Al}_2\text{Be}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ Hexagonal

Beaux cristaux libres ou inclus dans la roche. Prismes hexagonaux allongés, plus rarement courts ou aplatis. Faces du prisme souvent striées. Agrégats bacillaires fréquents, souvent en masses grenues.

D = 2,7. H = 7,5 à 8. Cassure conchoïdale. Couleur : incolore, verdâtre, gris, vert émeraude, vert pâle, jaune, blanc, rose. Transparent à translucide. Éclat vitreux. Poussière incolore. Souvent difficile à distinguer du quartz, se distingue de

l'apatite par la dureté et l'insolubilité aux acides, de la topaze par l'absence de clivage.

Les belles qualités sont recherchées comme gemmes. Selon la couleur on distingue :

- **l'émeraude**, de teinte vert émeraude (contient Cr et V) ;
- **l'aigue-marine**, bleu ciel pâle à bleu vert
- **l'héliodore**, jaune (contient Fe)
- **la morganite**, rose (contient souvent Cs).

Mode de Gisement : Principalement dans pegmatites et roches liées génétiquement aux granites : granites albitisés, greisens, filons hydrothermaux. Les émeraudes du gîte de Muzo (Colombie) sont en liaison avec des venues hydrothermales agissant sur un complexe de sédiments bitumineux et des intrusions de roches ignées magnésiennes chromifères. L'émeraude se rencontre aussi dans les schistes micacés (Oural, Autriche). L'aigue-marine se trouve dans des géodes et fissures du granite (Brésil). La morganite se rencontre dans les pegmatites à lépidolite et rubellite (var. Tourmaline).

TOURMALINE $R'R_3'' Al_6 [(OH)_4 (BO_3)_3 Si_6O_{18}]$

R' = Na, Ca, ; R'' = Fe, Mg, Al, Li

Rhomboédrique.

Cristaux prismatiques à section triangulaire, parfois groupés parallèlement ou radialement. Faces du prisme profondément striées selon l'allongement. Les terminaisons d'un même cristal s'ont différentes et traduisent l'hémiédrie (pas de centre de symétrie).



D = 3 / H = 7,5 .Pas de clivages. Cassures transversales. Translucide à opaque.

Eclat vitreux. Couleur variable : noir, **schorl**, variété ferrifère) brun-noir, verdâtre jaune à incolore (**dravite**, var. magnésienne); rose (**rubellite**, var. lithinifère), parfois bleu. Changement de couleur par chauffage.

Minéral pneumatolytique commun des granites à mica blanc et des aplites. Élément accessoire le plus fréquent des pegmatites granitiques. Dans Gneiss et schistes au voisinage des granites. Dans Calcaires et marnes métamorphiques. Fréquemment dans les gites à Sn-W. Les dravites apparaissent dans des roches sédimentaires magnésiennes peu métamorphiques.

Les belles tourmalines sont recherchées comme gemmes.

IV - INOSILICATES

GROUPE DES PYROXENES

Série des Orthopyroxènes

Enstatite	$Mg_2(Si_2O_6)$
Hypersthène	$(Mg,Fe)_2(Si_2O_6)$

Série des Diopsides

Diopside	$CaMg(Si_2O_6)$
Hedenbergite	$CaFe(Si_2O_6)$
Augite	$Ca(Mg, Fe, Al) [(Si, Al)_2 O_6]$

Série des Spodumènes

Spodimène	$LiAl(Si_2O_6)$
Jadéite	$NaAl(Si_2O_6)$
Aégérine	$Na,Fe(Si_2O_6)$

Groupe des Pyroxénoïdes

Wollastonite	$Ca(SiO_3)$
Rhodonite	$Mn(SiO_3)$

ORTHOPYROXENES

ENSTATITE	Orthorhombique
HYPERSTENE	$Mg_2(Si_2O_6)$ $(Mg,Fe)_2(Si_2O_6)$

Cristaux généralement petits et rares, en prismes courts, tabulaires. Souvent massif en agrégats compacts à granuleux, fibreux, lamellaires, spathiques.

D = 3,2 à 3,3, augmente avec la teneur en fer/ H = 5,5 à 6. Fragile. Clivage bon. Cassure irrégulière. Couleur : grise, verte, brunâtre, incolore trait blanc éclat vitreux, transparent à opaque.

Le fer peu remplacer le magnésium en toute proportion jusqu'à 90%. Cependant dans les orthopyroxènes les plus commun le rapport F:Mg dépasse rarement 1:1. L'Enstatite pure $Mg_2(Si_2O_6)$, contient MgO 40% et SiO_2 60%. Si la teneur en FeO est compris entre 5 et 13 % la variété est appelée Bronzite ; Si compris entre 13 et 20 % l'orthopyroxène est appelé Hypersthène **$(Mg,Fe)_2(Si_2O_6)$**

Les orthopyroxène se rencontrent principalement dans les roches magmatiques basiques (pyroxénites, péridotites, gabbros, norites, basaltes), également dans les roches métamorphiques, gneiss notamment.

SÉRIES DIOPSIDES Ca (Mg, Fe)(Si₂O₆) monocliniques

Diopside	CaMg(Si₂O₆)
Hédenbergite	CaFe(Si₂O₆)
Augite	Ca (Mg, Fe, Al) [(Si, Al)₂ O₆]

La diopside et l'hédenbergite forment une série complète de solutions solides. L'augite peut être considérée comme un terme intermédiaire de la série, dans lequel il y a substitution partielle de Mg et de Si.

Cristaux libres ou inclus dans la roche, en prismes courts, à section octogonale (8 faces latérales). Agrégats granuleux ou grossièrement lamellaire. Macle très commune. Clivages faciles mais interrompus souvent peu visibles.

D = 3.3 / H = 5 à 6. Opaque. Eclat vitreux ou métallique (diallage). Couleur : blanc à vert pâle pour diopside, de plus en plus foncé avec l'augmentation de la teneur en fer; l'augite est noirs. Transparent à translucide. Poussière blanche à grise.

Dans les roches magmatiques et métamorphiques.

Variétés de Diopside :

Diallage : Variété d'aspect métallique rappelant du bronze, à clivage très parfait.

Diopside chromifère : Variété vert-éméraude clair, pierre décorative.

Altération en amphibole, talc, serpentine.

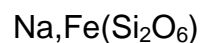
Diopside se rencontre dans les calcaires et dolomies recristallisés par métamorphisme de contact. Diopside et hédenbergite se rencontrent dans le métamorphisme régional, associés avec trémolite, scapolite, idocrase, grenat et sphène. La variété diallage se rencontre dans les gabbros, péridotites et serpentines.

L'augite est un élément important des roches éruptives basiques intrusives (gabbros, dolérites) ou volcaniques (basaltes, tufs basaltiques).

Etymologie de l'Augite : du grec "auge", éclat (les cristaux ont souvent des faces brillantes).



AEGYRINE



monoclinique

Cristaux inclus dans la roche, en prismes allongés imparfaits. Agrégats fibreux.

D = 3,4-3,55 /H = 6-6,5. Clivage important. Cassure irrégulière. Couleur : vert foncé, vert-noir, brunâtre. Poussière jaunâtre à brunâtre, vert. Eclat vitreux, résineux . Translucide.

Dans les roches magmatiques pauvres en Silice, comme : néphéline, syénite et phonolite.

GROUPE DES AMPHIBOLES

Les amphiboles constituent une famille de minéraux, dont la structure est formée par la jonction de chaîne de tétraèdre du type pyroxène, pour former une structure en ruban, de formule Si_4O_{11} .

La formule générale est : $X_{0-7} Y_{7-14} Z_{16} O_{44} (\text{OH})_2$;

Où X = Na et Ca et rarement K

Y = Mg, Fe, Al, Mn

Z = Si, parfois substitution partielle par Al

Minéraux principaux : Trémolite, Actinote, Hornblende, Glaucothane, Riébeckite.

TRÉMOLITE - ACTINOTE

Monoclinique

Série continue d'amphiboles entre Trémolite et Actinote.

Cristaux allongés, striés longitudinalement, souvent courbés. Parfois en agrégats fibroradiés ; fibres soyeuses chez la trémolite.

D: 2,9 à 3,2 / H = 5 à 6. Clivages parfaits. Couleur : blanc nacré (trémolite) à vert plus ou moins sombre suivant la teneur en fer (actinote). Altération en talc.

Silicates de métamorphisme de contact des roches carbonatées magnésiennes. L'actinote est un minéral typique du faciès "schiste verts" où elle est associée à l'épidote et à la chlorite. Enfin elle se forme aux dépens des pyroxènes par métamorphose ou altération hydrothermale.

Les variétés fibreuses constituent des amiantes et sont utilisées comme matériaux réfractaires et isolant électrique et thermique. Matériaux cancérigènes.



Etymologie : Actinote, du grec "actis", rayon : fréquemment en aiguilles rayonnées.

HORNBLLENDE $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}_2, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_5 [\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ Monoclinique

Cristaux généralement bien formés, prismes courts, à section hexagonale (6 faces latérales); souvent en agrégats allongés, fibreux ou grenus. Clivages faciles.

D = 3 à 3,4 / H = 5 à 6. Translucide à opaque. Eclat vitreux. Couleur : vert sombre ou brun noir. Poussière incolore. Altérations : talc, serpentine, chlorite, épidote....

Minéral important dans certaines roches éruptives intrusives (granites, syénite, diorites, gabbros) ou volcaniques (trachyte, andésites, basaltes).

Minéral caractéristique du faciès amphibolite dû au métamorphisme de roches basiques : amphibolite, schiste et gneiss à hornblende.

GLAUCOPHANE $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ Monoclinique

Les cristaux sont généralement peu nets avec des faces généralement rugueuses. Souvent massif, fibreux ou grenu. $D = 3,15$ / $H = 6$. Couleur bleu noirâtre. Clivage parfait donnant des lamelles transparentes gris bleuâtre.

Dans les roches métamorphiques de basse température et haute pression, fréquemment associé à l'épidote et grenat.

V - PHYLLOSILICATES :**GROUPE DES MICAS :****MUSCOVITE $\text{K Al}_2(\text{OH},\text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ Monoclinique**

En général, seule la face (001) est nette et présente parfois un contour pseudo hexagonal. Les faces latérales sont irrégulières, ternes et marquées par le délit du clivage. Parfois association de petites lamelles en gerbes divergentes. Dans les pegmatites, cristaux parfois de grandes dimensions (décimétriques à métriques).



$D = 2,8$ / $H = 2$ sur (001), 3 à 4 sur les autres faces. Clivage (001) extraordinairement facile. Lames de clivages flexibles et élastiques. Transparent à translucide. Eclat nacré vif sur (001), mat sur les autres faces. Incolore à jaunâtre clair.

Variétés :

- **Lépidolite** (lithinifère), rose, violet ou gris violacé.
- **fuschite** (chromifère) verte ;
- **séricite**, finement fibreuse ou écailleuse provenant de l'altération de silicates (feldspaths).

Inaltérable.

Très répandu. Élément constitutif des roches éruptives acides (granites à 2 micas,

leucogranites, greisens) et métamorphiques (gneiss, micaschistes, schistes à séricite). Filons de pegmatite.

Minéral détritique en minuscules paillettes dans roches sédimentaires (grès psammites du Trias tunisien).

Usages : isolant électrique et thermique, lubrifiant, matériaux réfractaires. La lépidolite constitue une source de lithium.

BIOTITE - PHLOGOPITE $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$

Série continue de minéraux avec $Mg/Fe < 2/1$ pour la biotite, $Mg/Fe > 2/1$ pour la phlogopite.

Formes et clivage de la muscovite.

$D = 2,7$ à $3,3$: $H = 2$ sur (001), 3 à 4 sur les autres faces.

Couleur brune à noire, avec parfois nuances rougeâtres ou verdâtres, poussière incolore (biotite) ou jaune brun doré à presque incolore (phlogopite). Transparent à translucide. Éclat vif sur (001), parfois nacré.

Altération hydrothermale en chlorite ou muscovite avec exsudation d'oxydes de fer et de titane. Altération superficielle en hydromicas brunâtres ou vermiculite.

La biotite est le plus répandu des micas, en association fréquente avec la muscovite. Élément constitutif des roches éruptives et métamorphiques. Filons de pegmatite.



La phlogopite apparaît dans les roches magnésiennes (dolomies), métamorphosées au contact de granites.

Usages : la phlogopite est utilisée dans l'industrie électrique (condensateurs ...).

Étymologie : phlogopite, du grec "phlogopos" : enflammé (couleur).

GROUPE DES CHLORITES : $Mg_3 Si_4 O_{10} (OH)_2 Mg_3 (OH)_6$ Monoclinique

Ce sont des silicates d'Al, Mg, Fe, hydratés qui forme un groupe de minéraux monocliniques ressemblant aux micas mais qui se distinguent par des caractères structuraux, par un clivage moins facile, donnant des lamelles flexibles mais non élastiques, et ayant une couleur généralement vert foncé.

Des substitutions aboutissent à la formule suivante:

**Chlorites magnésiennes : Pennine, Clinocllore et Ripidolite**

Rarement en cristaux automorphes lamellaires pseudo-hexagonaux; généralement seule face (001) est nette, les faces latérales sont irrégulières. Souvent empilements vermiculés de très petites lamelles ou agrégats foliacés.

Clivage basal très facile. Lames de clivage flexibles mais non élastiques, à la différence des micas. $D = 2,6$ à 3 / $H = 2$ à $2,5$. Couleur vert-bouteille plus ou moins foncé à incolore. Translucides à opaques. Eclat vitreux.

Minéraux de basse température. Dans les roches métamorphiques (chloritoschistes) avec talc, serpentine. Caractéristiques du faciès de métamorphisme "schistes verts" (association actinote-épidote-chlorite-albite). Dans les roches éruptives où elle se forme par altération des biotites, pyroxènes, amphiboles, grenats.



Etymologie du grec "chloros" = vert.

SERPENTINE $Mg_6[(OH)_5Si_4O_{10}]$

(**Antigorite** ou serpentine lamellaire. **Chrysotile** ou serpentine fibreuse)

Monoclinique mais les cristaux distincts sont dus à des pseudomorphoses. Agrégats surtout massifs, parfois écaillés, aciculaires, fibreux, soyeux.

$d = 2,5$ à $2,6$. $D = 3$ à 4 . Tenace. Cassure conchoïdale à fibreuse. Couleur généralement vert, vert noirâtre, vert jaune, parfois brun, jaune blanchâtre, rougeâtre. Translucide à opaque. Éclat gras. Poussière blanche.



Variétés : La serpentine noble, massive. La **chrysolite** (asbeste), masses aciculaires et fibreuses, d'éclat soyeux, de couleur jaune à vert clair. Les fibres peuvent atteindre 15 cm La garniérite serait une antigorite nickelifère, elle se présente en masse collomorphes, de couleur vert pomme à jaune verdâtre et contenant 4 à 30 % de nickel (source très importante de Nickel).

Gisements : La serpentine provient de la transformation de roches basiques, avec chromite, magnétite. Dans les roches calcaires, en nodules et lentilles. La garniérite est liée à l'altération des roches à olivine sous climat tropical Nouvelle-Calédonie.

TALC $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$

Monoclinique

En masse compactes microcristallines poudreuses, rarement en cristaux aux formes nettes, ou en agrégats feuilleté. Clivage (001) parfait.

$D = 2,8$ / $H = 1$. Toucher onctueux. Couleurs : blanc, vert, gris; éclat nacré.

Silicate lié à la transformation de la dolomie par des solutions siliceuses (Gisements français) ou à l'altération hydrothermale de roches basiques magnésiennes (gisements italiens).



Grande importance industrielle; cosmétique, céramique, papèterie, lubrifiant...

ARGILES (kaolinite, montmorillonite, illite)

Silicates d'Aluminium, parfois Mg, Fe, K, hydratés

Monoclinique

On distingue :

- les argiles silico-alumineuse : Kaolinite $\text{Al}_2 \text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$
- les argiles silico-alumineuse ferro-magnésiens :
Montmorillonite $(\text{Al,Fe,Mg})_4 (\text{Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.
- les argiles silico-alumineuses potassiques : Illite $\text{K} (\text{Al,Mg,Fe})_2 (\text{SiAl})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$

Les argiles se présentent en cristallites très petites (<500Å°) et seul le microscope électronique a permis de préciser leur forme, généralement en plaquettes à contour hexagonal. Couleur : blanc à gris, jaune, vert.

Macroscopiquement, les argiles constituent des masses terreuses caractérisées par leur plasticité (aptitude à faire pâte avec l'eau), leur faculté d'absorber des molécules polaires (eau,..) (montmorillonite), leur durcissement à la cuisson (fabrication des briques).

La détermination exacte de la composition minéralogique d'une argile s'appuie sur des analyses physiques : analyses thermiques et diffraction de R.X.

Principaux minéraux d'altération des silicates, en particulier des feldspaths.

Gisements : Dans les roches feldspathiques altérées. Dans les séries sédimentaires : les argiles forment des couches parfois très épaisses. Ce sont des produits très fins transportés, après érosion des masses continentales.

Utilisation : fabrication des briques, la porcelaine et la poterie.

VI - TECTOSILICATES

LES FELDSPATHOÏDES

Dans les roches moins riches en silice, les feldspaths sont remplacés par des minéraux pauvres en silice, appelés feldspathoïdes. Le quartz ne peut jamais se rencontré en même temps que ces minéraux.

LEUCITE**Quadratique**

En général cristaux pseudo-cubiques inclus atteignant 5 cm, montrant les faces du trapézoèdre ; faces souvent striées. Parfois grenue ou massive. D = 2,5/ H = 5,5 à 6. Cassure conchoïdale. Couleur : blanc laiteux à gris. Opaque, parfois translucide. Éclat vitreux. Poussière blanche.

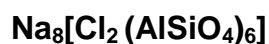
Dans les laves (leucitites, phonolites, basaltes à leucite...). Plus rarement dans les roches profondes. Italie (laves du Vésuve).

NÉPHÉLINE**Hexagonal**

Rarement bien cristallisée en prismes trapus. Souvent grenue ou massive. Couleur : blanc, jaunâtre, parfois verdâtre, rougeâtre. Transparent à translucide. Éclat vitreux à gras. Poussière incolore.



Minéral important, constituant essentiel des syénites néphéliniques, des phonolites, quelquefois en cristaux libres dans les cavités des roches volcaniques. Associé au zircon, sphène et apatite.

SODALITE**Cubique.**

Rare en cristaux dodécaédriques parfois centimétriques avec les faces du cube et de l'octaèdre, parfois et rarement celles du prisme hexagonal (mâcle), massive grenue. D = 2,2 . H = 5,5. Éclat vitreux à gras, incolore, gris, verdâtre, jaunâtre, parfois bleu. Poussière incolore.

Dans les roches alcalines et dans des roches éruptives, récentes. Souvent associée à la néphéline.

LAZURITE (Na-Ca)₈[(SO₄,S,Cl)₂(AlSiO₄)₆] Cubique

Très rarement en cristaux centimétriques, dodécaédres. Agrégats grenus à cryptocristallins. D = 2,4. H = 5 à 5,5. Cassure inégale. Couleur : bleu azur foncé, parfois bleu clair. Opaque à translucide. Éclat vitreux à gras. Poussière **bleu azur**. Inclusions fréquentes de pyrite.

Rare. Gisements de contact entre roches alcalines (granites alcalins, syénites alcalines) et roches carbonatées...

Variétés : les plus belles variétés colorées en bleu sont recherchées en joaillerie (var. **Lapis lazuli**).

GROUPE DES FELDSPATHS

Le groupe des feldspaths comprend des minéraux silicatés possédant plusieurs propriétés communes. Ils constituent plus de 60% de la partie supérieure de l'écorce terrestre. Ils doivent sans doute leur nom à leur vaste répartition (dans chaque champ, en allemand « Feld »), et au mot « Fels », signifiant roche.

- Feldspaths potassiques : Orthose, Microcline
- Feldspaths sodi-calciques ou plagioclases : Albite, Oligoclase, Andésine, Labrador, Bytownite, Anorthite

ORTHOSE (Orthoclase)

K [AlSi₃ O₈]

Monoclinique

Cristaux bien formés communs, parfois de grande taille, aplatis ou allongés. Fréquemment massif. Macle simple fréquente de rotation et plan d'accolement (macle de Carlsbad).



PierreBedard.ca

Etymologie du grec "orthose" : droit ; "clasis" : clivage (clivages à angle droit)

Clivages parfaits orthogonaux. D = 2,57. H = 6. Transparent à translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanc, rouge chair, rose)

Altérable (kaolinisation).

Variétés :

- **Sanidine** : craquelée, vitreuse, se trouvant dans les roches volcaniques (trachytes);
- **Adulaire** : d'origine hydrothermale, en cristaux incolores et transparents.

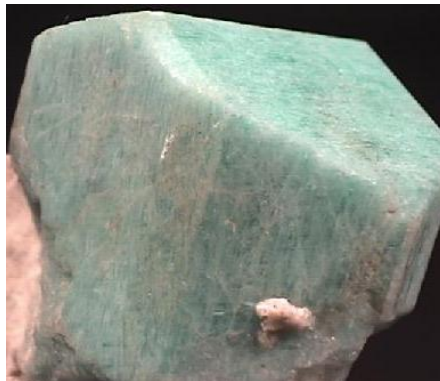
Minéral très répandu. Constituant essentiel des roches éruptives (granites et syénites), des roches métamorphiques (gneiss). Filons de pegmatites. Parfois associations orientées avec le quartz (pegmatites graphiques) ou l'albite (perthites). Dans roches sédimentaires : arkoses.

Usages industriels : céramiques, porcelaine, verre.

MICROCLINE : $K [AlSi_3O_8]$ **Triclinique**

Cristaux automorphes rares ; plutôt en masses clivables, compactes ou grenues. Mêmes propriétés physiques que l'orthose, dont il est indiscernable macroscopiquement. Variété : **amazonite** verte.

Gisements comparables à ceux de l'orthose mais conditions de formation de plus basse température. Association avec l'albite presque constante : perthites, souvent visibles à l'œil nu.



Étymologie du grec "micros" : peu, "elino" : incliner. L'angle des clivages est très voisin de 90°.

PLAGIOCLASES **$Na [AlSi_3O_8]$ à $Ca [Al_2Si_2O_8]$ Tricliniques.**

Série continue de minéraux entre l'albite (terme sodique) et l'anorthite (terme calcique).

Cristaux tabulaires, assez rarement bien formés seulement chez l'albite. Généralement en grains, agrégats, masses grenues, ou laminaires. Macles fréquentes et variées, notamment de type polysynthétique.

D = 2,62 à 2,76 (de l'albite à l'anorthite). H = 6 à 6,5. Transparents à translucides éclat vitreux. Couleurs variables, généralement pâles : blanc rose, grisâtre, bleuâtre. Poussière incolore. Les **labradors** présentent souvent un chatoyement caractéristique.



Altération plus facile pour les plagioclases calciques en donnant épidote, scapolite, chlorite, calcite, zéolites, que pour les sodiques qui donnent kaolinite.

Minéraux très répandus. Constituants essentiels des roches magmatiques : leur teneur en calcium augmente avec la basicité de la roche et sa richesse en silicates ferromagnésiens.

Roches métamorphiques : (gneiss, calcaires métamorphiques)

Filons de pegmatites.

Étymologie : du grec "plagios" : oblique, "clasis" : clivage.

Les minéraux intermédiaires sont classés suivant leurs pourcentages en albite (Ab) et anorthite (An).

- **ALBITE** (Ab 100 - 90 / An 0 -10 %). Cristaux tabulaires. La cleavelandite est une variété à faciès lamellaire. L'aventurine est une albite avec des réflexions internes rouges dues à des inclusions d'hématite. Dans les granites alcalins et les syénites. Dans les pegmatites et pneumatolytes avec lépidolite, béryl, cassitérite.
- **ANDESINE** - (Ab 90 - 70). Surtout en masses laminaires. Dans les granites, syénites, andésites, gneiss...
- **ANDESITE** (Ab 70 - 50). Cristaux riches en faces. Dans les gneiss à cordiérite. Dans les roches éruptives.
- **LABRADOR** (Ab 50 - 30). Masses lamellaires. Dans les gabbros, ils présentent souvent des réflexions internes colorées, donnant des reflets

« ailes de papillons ». Dans les anorthosites.

- **BYTOWNITE** (Ab 30 - 10). Ressemble au labrador. Dans les diorites, certaines roches volcaniques et les météorites.
- **ANORTHITE** (Ab 10 - 0). Cristaux prismatiques rares. Masses clivables ou grenues. Dans les roches magmatiques basiques (diorite, andesite, gabbro, norite). Dans les calcaires métamorphiques de contact. Altération : en kaolin.

QUARTZ

SiO₂ Rhomboédrique.

Les cristaux automorphes prismatiques (en général un prisme à six faces) sont terminés par deux pyramides (prisme bipyramidés). Quand apparaissent des facettes tronquant les sommets du prisme, elles mettent en évidence la symétrie réduite rhomboédrique et parfois l'existence de macles. Les faces du prisme sont généralement striées horizontalement.

D = 2,65. H = 7. Fragile au choc. Pas de clivage net. Cassure conchoïdale. Transparent à translucide. Eclat vitreux, gras dans la cassure. Couleur variable : incolore, blanc, brun, rose, violet). Fréquentes inclusions gazeuses, liquides ou cristallines (rutile, micas, chlorites...). Il existe des cristaux énormes, de la taille d'un homme.

Le quartz est très répandu, car il est très résistant mécaniquement et difficilement attaqué chimiquement (soluble seulement dans l'acide fluorhydrique).

Le quartz est, après les feldspaths, le minéral le plus courant de la partie supérieure de la croûte terrestre. Il est le composant principal des roches magmatiques et métamorphiques riches en silice, ainsi que de la plupart des sables.

Dans les assemblages de minéraux, le quartz apparaît généralement incolore ou laiteux.

Variétés :

- **cristal de roche** (limpide et incolore),
- **quartz laiteux** (blanc translucide),
- **quartz enfumé** (brun plus ou moins sombre),
- **améthyste** (violet),
- **aventurine** (inclusions de micas ou hématite)
- **Citrine** : jaune citron à mielleux (améthyste chauffée)

Modes de gisements: un des minéraux les plus répandus. Roches éruptives: granites, rhyolites, diorites, quartzitiques. Roches métamorphiques : gneiss, micaschistes, quartzites...

Roches sédimentaires : sables, grès, conglomérats... Filons pegmatitiques et hydrothermaux.



Usage : Utilisé comme matière première dans l'industrie du verre et de la céramique, en technique dans le réglage d'émetteurs et de montres, en optique (primes à U.V)...

Les variétés colorées sont appréciées comme gemmes et pierres décoratives.

Le mot quartz provient du langage des mineurs allemands du Moyen-âge. Sa signification originelle demeure inconnue.

CALCEDOINE (Agate) SiO_2

La calcédoine est une variété finement fibreuse de quartz, formant des masses concrétionnées à surfaces mamelonnées.

Cassure conchoïdale. Transparente à translucide. Eclat vitreux. Couleur variable (blanc, gris, bleu pâle...).



Variétés :

- **Agates** : calcédoines finement zonées concentriquement, à teintes souvent contrastées.
- **Jaspes** : variétés microcristallines vivement colorées en brun, rouge ou vert, notamment par des oxydes de fer.
- **Lydiennes** : jaspes noirs d'origine organique, riches en inclusions charbonneuses.

- **Silex** concrétions de couleur jaunâtre, grisâtre à noirâtre formées par concentration de silice dans les sédiments calcaires.



Minéral très commun, d'origine secondaire de basse température, souvent associé à l'opale et se formant aux dépens du quartz à faible profondeur. Cavités de roches éruptives. "Chapeaux de fer" ou épontes des filons. Roches sédimentaires.

OPALE

$\text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O}$

Amorphe

Masses concrétionnées, mamelonnées, parfois pulvérulentes. Forme des masses mêlée à la calcédoine, ou en alternance zonées avec elle.

D = 2 à 2,5. H = 5 à 6. Cassure conchoïdale. Transparent à presque opaque. Eclat vitreux ou résineux. Incolore lorsqu'elle est pure. Des oxydes métalliques peuvent la colorer vivement en jaune, brun, rouge vert...

Inaltérable.



Variétés :

- **Opale noble**, à reflets irisés dus à des réflexions internes.
- **Geyserite**, concrétions des dépôts de geyser, poreuses, grisâtres, opaque
- **Tripoli** : terre à grain très fin formée de restes de diatomées ou

d'infusoires en dépôts sédimentaires.

Minéral d'origine secondaire, de basse température. Dans les cavités et fissures des roches volcaniques. Minéral d'altération météorique des silicates. D'origine organique dans les sédiments.

BOIS SILICIFIE

Se forme par l'action des eaux souterraines qui, en circulant, dissolvent la matière organique enfouie dans les sédiments et la remplacent par des substances minérales (principalement de la calcédoine). C'est par conséquent de la calcédoine en pseudomorphose de bois.

GROUPE DES ZÉOLITES

Les zéolites forment une famille de silicates hydratés bien définis. Elles offrent entre elles de grandes analogies de composition, de propriétés physiques et chimiques et leurs conditions de gisement sont semblables. Elles ont une faible dureté et une faible densité et sont très facilement attaquées par les acides avec production de flocons de silice.

Les zéolites sont dues à l'action des eaux thermales soit par cristallisation directe, soit par altération d'autres silicates. Elles peuvent se trouver dans les filons métallifères et sont très fréquentes dans les vacuoles des roches éruptives basiques. Certaines zéolites trouvées dans des terrains sédimentaires sont dues à l'altération des roches par des eaux superficielles.

- **NATROLITE** $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{15}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. **Orthorhombique**. En prismes pseudo-quadratiques, allongés à aciculaires, en groupes fibro-radiés, en masses grenues à compactes, clivage parfait parallèlement à l'allongement. $d = 2,2$. $D = 5,5$. Incolore, blanc, parfois rougeâtre. Éclat vitreux. Transparent à translucide. Dans les cavités des basaltes, dans les syénites néphéliniques.
- **MESOLITE** : $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{15}]_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. - En prismes monocliniques allongés, atteignant 15 à 20 cm, ressemblant à la natrolite.
- **THOMSONITE** : $\text{Na}_2\text{Ca}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]_3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Monoclinique. Souvent en groupes de cristaux finement aciculaires, incolore.
- **LAUMONTITE** - $\text{Ca}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. En prismes monocliniques allongés, en agrégats aciculaires. Éclat vitreux et nacré. A l'air devient opaque puis pulvérulente. Dans les vacuoles de roches éruptives, dans les fissures de schistes cristallins et dans les gangues de filons métallifères.

- **STILBITE** $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_5] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Monoclinique. Cristaux centimétriques d'apparence orthorhombique, souvent aplatis. Fréquent en gerbe d'aspect caractéristique, en masses radiées, globulaires ou lamellaires. Clivage parfait. $D = 2,2$. $H = 3 - 4$. Éclat vitreux, nacré sur clivage, blanc à jaunâtre. Très fréquente dans les vacuoles des basaltes, dans les fissures des schistes cristallins.
- **HEULANDITE** $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_5] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Monoclinique. Cristaux centimétriques tabulaires, masses lamellaires, agrégats écailleux. Clivage parfait. Éclat vitreux, nacré sur le clivage, incolore, blanc parfois rouge. Dans les cavités de roches basaltiques et dans les fissures de roches métamorphiques.
- **PHILLIPSITE** $\text{KCa}[\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{16}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (Christianite). Monoclinique. Cristaux millimétriques. Souvent en touffes, en sphérolites parfois radiées. Vitreux. Blanc. Dans les vacuoles des basaltes.



LES SCAPOLITES

Les scapolites sont des silicates de métamorphisme, à formule proche des feldspaths. Les scapolites, cristallisent dans le système quadratique et forment une série qui va

de $\text{Na}_8[(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3)(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_6]$ **Marialite**
à $\text{Ca}_8[(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3)_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_6]$ **Méionite**

Souvent cristallisée, prismes quadratiques plus ou moins allongés, pouvant atteindre 70 cm de longueur. Agrégats grenus ou radiés, masses compactes.

$D = 2,6$ à $2,8$. $H = 5$ à 6 . Cassure subconchoïdale. Un bon clivage. Couleur blanc, gris, jaune verdâtre ; rarement bleuâtre ou rougeâtre. Translucide. Éclat pierreux à vitreux, passant parfois au nacré ou au gras. Poussière incolore ou grise ; certaines scapolites massives sont fluorescentes aux U.V. Inclusions fréquentes (micas, tourmaline, quartz).

