



Minéraux et roches

Cours Géologie Ba2
Numéro 3

-  Forte importance
-  Moyenne importance
-  Faible importance

- Un minéral est une substance formée naturellement, généralement inorganique.
- Un minéral est caractérisé par une **formule chimique** et un **système cristallin**, c'est-à-dire respectivement par la nature des atomes qui le composent et leur agencement dans l'espace.



Graphite (C)



Diamant (C)

- Les minéraux peuvent être composés d'un seul ou plusieurs éléments chimiques



Amazonite (KAlSi_3O_8)



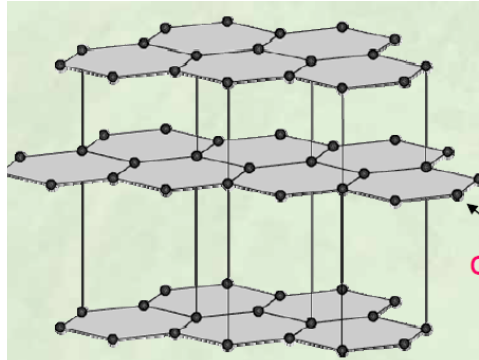
Chalcopyrite (CuFeS_2)



Graphite (C)

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

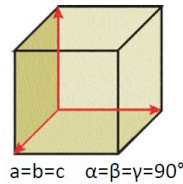
Le graphite est un minéral constitué d'atomes de carbone qui se présentent sous forme de couches ou de feuillets hexagonaux non compacts



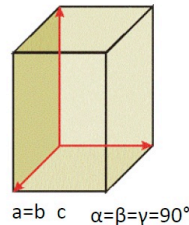
Cristal de graphite

- Un système cristallin est un classement des cristaux sur la base de leurs éléments caractéristiques de symétrie : axe, centre, plan.
- Il existe **sept systèmes** cristallins de base. La croissance des cristaux se fait suivant des **lois de géométrie simple** caractérisées par **sept systèmes**.

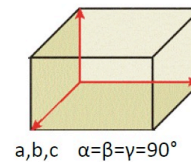
CUBIQUE



QUADRATIQUE

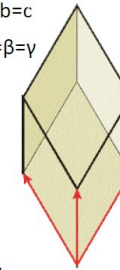


ORTHORHOMBIQUE

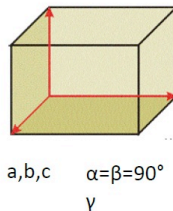


RHOMBOÏDRIQUE

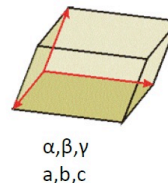
$$a=b=c$$
$$\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$$



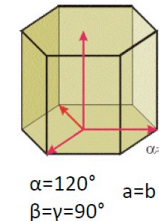
MONOCLINIQUE



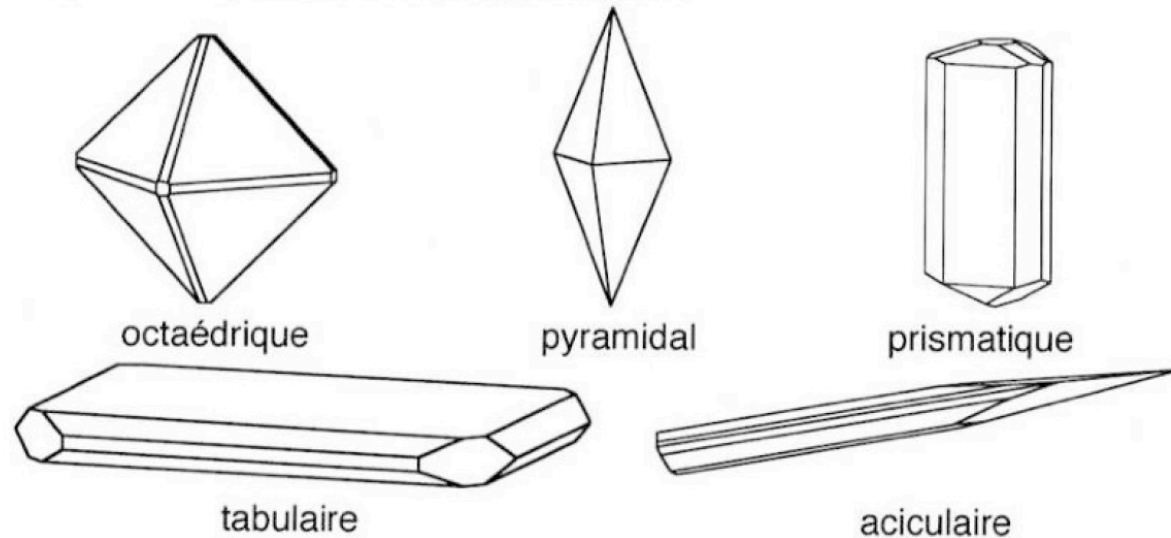
TRICLINIQUE



HEXAGONAL



- L'habitus décrit la forme que peuvent prendre les minéraux. Ils correspondent à des formes géométriques 7 systèmes cristallins



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



Cristaux automorphes de pyrite



Cristaux automorphes de grenat

- Dans la nature, les cristaux (minéraux) se forment dans des conditions qui ne permettent pas toujours un développement parfait de leur forme cristalline.
- En effet, les cristaux peuvent être gênés dans leur croissance par des cristaux voisins déjà formés. Par conséquent ils ne présentent pas de formes géométriques bien définies : ils sont dits xénomorphes.



Cristaux xénomorphes de feldspath dans un granite

- Dans certains cas exceptionnels, les minéraux ne présentent aucune forme cristalline; ils sont dits amorphes. Exemples : cristaux amorphes de quartz



Quartz amorphe dans une obsidienne



Quartz amorphe dans une opale



- Il existe plus de 4000 variétés de minéraux dans la nature, mais seulement une douzaine de minéraux sont les plus abondants
- La majorité des minéraux qui constituent la croûte terrestre sont composés uniquement de huit (8) éléments chimiques :
 - Oxygène (O) : 46,5 %
 - Silicium (Si) : 28 %, 82,5 % de la croûte terrestre
 - Aluminium (Al) : 8 %
 - Fer (Fe) : 5 %
 - Calcium (Ca) : 3,5 %
 - Sodium (Na) : 3 %
 - Potassium (K) : 2,5 %
 - Magnésium (Mg) : 2 %



- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
 - Propriétés physiques des minéraux:
 - Forme cristalline
 - Couleur
 - Dureté
 - Magnétisme
 - Photoluminescence
 - Radioactivité
 - Ténacité
 - Densité
 - Éclat
 - Transparence
 - Clivage
 - Cassure
 - Trace ou trait
 - Conductivité électrique



- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
- Forme cristalline (système cristallin) : La forme géométrique des cristaux est définie par leur structure cristalline : minéraux dans la nature sous forme de polyèdres
- Dureté : Résistance du minéral à se laisser rayer
- Couleur : En général, les minéraux présentent une grande diversité de couleur
- Ténacité : Résistance au choc : minéraux fragiles, minéraux friables.
- Densité : Rapport entre le poids du minéral et le poids du volume d'eau qu'il déplace : poids par unité de volume



- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

- Éclat : Aspect de la surface du minéral lorsqu'il réfléchit la lumière : éclat métallique ou non métallique (vitreux, nacré, mat, gras,...)
- Transparence : Propriété du minéral à laisser passer la lumière : minéraux transparent, translucide ou opaque
- Clivage : Propriété du minéral de se casser selon des plans déterminés: plans de faiblesse dans la structure cristalline du minéral
- Cassure : Propriété du minéral de se casser, de se briser en donnant des surfaces irrégulières : cassure conchoïdale



- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
- Photoluminescence : Émission de lumière lorsqu'un minéral est éclairé par une lumière de forte énergie (rayons ultraviolets). Par exemple : calcite, fluorite
- Radioactivité : Quelques minéraux émettent un rayonnement invisible: alpha, bêta, gamma. Par exemple : uraninite, thorite

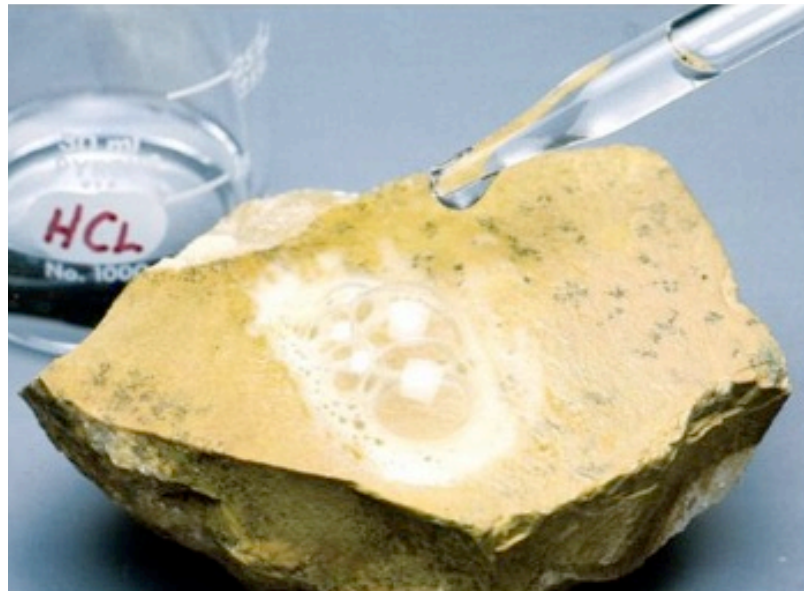


- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
- Trace ou trait : Couleur de la poudre du minéral : trace laissée par un minéral lorsqu'on le frotte sur une plaque de céramique non émaillée
- Indice de réfraction : La réfraction est la déviation d'un rayon lumineux qui passe d'un milieu à un autre
- Conductibilité électrique : Capacité d'un minéral de conduire l'électricité : minéraux conducteurs et minéraux non conducteurs
- Magnétisme : Capacité de minéraux riches en fer à se faire attirer par un aimant

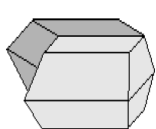


- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
- Propriétés chimiques des minéraux :
 - Composition chimique
 - Solubilité
 - Effervescence

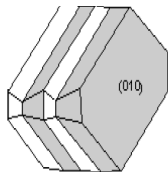
- Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.
- Composition chimique : Éléments chimiques qui composent le minéral
- Solubilité : Propriété d'un minéral à se dissoudre dans l'eau ou dans un autre liquide (acide)
- Effervescence : Propriété de minéraux de la classe des carbonates à réagir avec certains types d'acide (acide chlorhydrique). Cette réaction produit un gaz carbonique



- Association de cristaux de même nature
- Accolement le long d'une surface cristalline

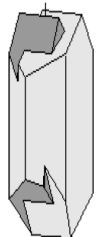


Fer de lance

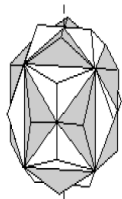
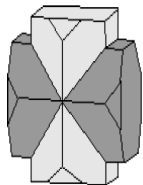


polysynthétique

Interpénétration



Macle de Carlsbad



Fer de lance



Macle de carlsbad



Interpenetration



Pyrite non maclée



Pyrite maclée

Interpenetration



Macle en croix de la staurolite



- La **dureté** d'un **minéral** est déterminée par sa résistance à se faire rayer.



L'ÉCHELLE DE MOHS	
1	Talc, friable sous l'ongle
2	Gypse, rayable avec l'ongle
3	Calcite, rayable avec une pièce cuivrée
4	Fluorite, rayable au couteau
5	Apatite, rayable au couteau
6	Orthose, rayable à la lime, par le sable
7	Quartz, qui 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

Plan de rupture privilégié à l'intérieur d'un minéral. Dépend du réseau cristallin.

- **EXCELLENT** : le minéral se clive en fine lamelle dans un sens
- **PARFAIT** : le minéral se clive en forme régulière délimitée par les plans de clivage
- **BON** : les plans de clivage sont moins visible et pas toujours parfaitement droits
- **IMPARFAIT** : le clivage ne se manifeste pas nettement, les plans de séparation ont généralement une surface inégale
- **TRES IMPARFAIT** : le clivage ne se manifeste pas

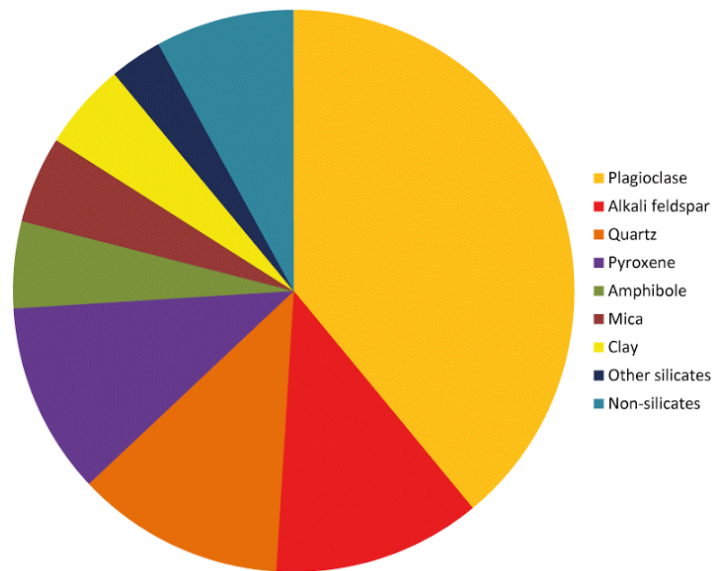


Classification des minéraux

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

On distingue neuf classes de minéraux :

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



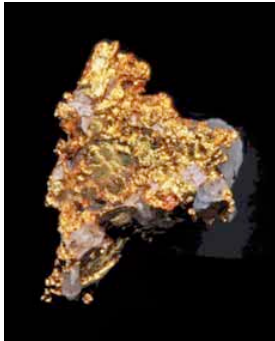
Minéraux les plus courants dans la croûte

Classification des minéraux

■ Classe I : Éléments natifs

Les éléments natifs sont des minéraux formés d'un seul élément chimique. Les éléments natifs ont un grand rôle économique.

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



Or natif



Diamant



Graphite

Classification des minéraux

■ Classe II : Sulfures

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

Exemples : pyrite (FeS_2), chalcopyrite (CuFeS_2), galène (PbS)



■
Pyrite



Chalcopyrite

Classification des minéraux

■ Classe III : Halogénures

Les halogénures (chlorures (Cl^-) et fluorures (F^-)) sont des minéraux formés d'un ou plusieurs éléments combinés à l'élément chlore ou fluor.

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



Sel



Fluorite

Classification des minéraux

■ Classe IV : Oxydes

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

Exemple : magnétite (Fe_3O_4), corindon (Al_2O_3), rutile (TiO_2)



■ Magnétite



Corindon

Classification des minéraux

■ Classe VI : Sulfates

Les sulfates (SO_4)²⁻, sont des minéraux constitués d'une combinaison de soufre et d'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes.

Exemples : gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), barytine (BaSO_4)

On inclut dans cette classe les chromates (CrO_4)²⁻, les molybdates (MO_4)²⁻ et les tungstates (WO_4)³⁻



Gypse



Barytine

Classification des minéraux

■ Classe VII : Carbonates

Les carbonates (CO_3^{2-}) sont des minéraux constitués d'une combinaison de carbone et d'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes.

Exemples : calcite (CaCO_3), sidérite (FeCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

On inclut dans cette classe les nitrates (NO_3^-) et borates (BO_3^{2-})



■
Calcite



Sidérite

Classification des minéraux

■ VIII : Phosphates

Les phosphates (PO_4)³⁻ sont des minéraux constitués de phosphore et d'oxygène combinés avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes.

Exemples : apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$), monazite ((Ce,La,Y,Th) PO_4)

On inclut également dans cette classe les arséniates (AsO_4)³⁻ et les vanadates (VO_4)³⁻.



Apatite



Monazite

Classification des minéraux

■ Classe IX : Silicates

Les silicates $(\text{SiO}_4)^{4-}$ sont des minéraux qui combinent le silicium et l'oxygène avec un ou plusieurs métaux ou métalloïdes.

Les silicates représentent 90 % en poids de l'écorce terrestre.

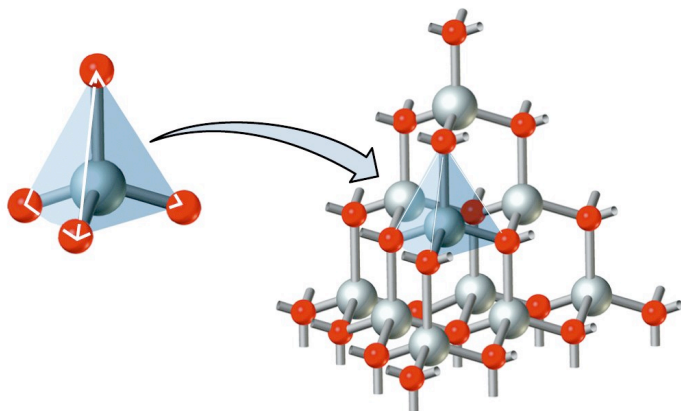
Exemples : quartz (SiO_2), sillimanite (Al_2SiO_5), microcline (KAl_2SiO_5)



Quartz



Microcline



Structural linkage schemes among silicates

Nesosilicates

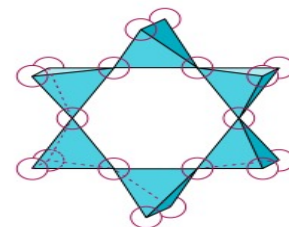
Unit composition: $(\text{SiO}_4)^{4-}$
 Example: olivine,
 $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$

**Sorosilicates**

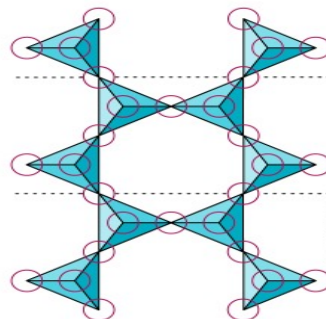
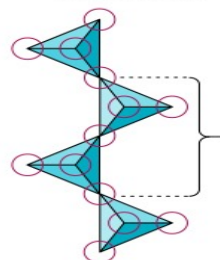
Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$
 Example: hemimorphite,
 $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

**Cyclosilicates**

Unit composition: $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$
 Example: beryl,
 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

**Inosilicates (single chain)**

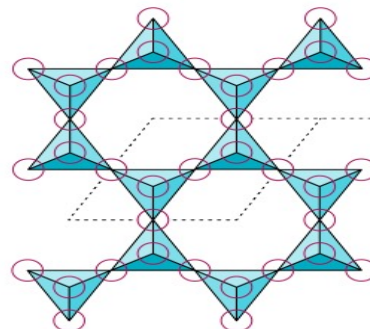
Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$
 Example: pyroxene—e.g.,
 enstatite, MgSiO_3

**Inosilicates (double chain)**

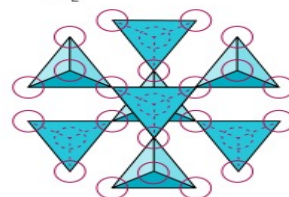
Unit composition: $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$
 Example: amphibole—e.g.,
 anthophyllite, $\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Phyllosilicates

Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$
 Example: mica—e.g.,
 phlogopite, $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

**Tectosilicates**

Unit composition: $(\text{SiO}_2)^{4-}$
 Example: high cristobalite,
 SiO_2



Les plus important silicates:

- Olivine ($(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$) (isolé)
- Pyroxène $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ (chaîne simple)
- Amphibole $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ chaîne double
- Mica:
 - Muscovite: $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (feuillet)
 - Biotite: $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (feuillet)
- Feldspaths (tecto)
 - Orthoclase feldspath: KAlSi_3O_8
 - Plagioclase feldspath: $(\text{Ca}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- Quartz (tecto) (SiO_2)
- Minéraux Argileux (feuillet)



Olivine



Augite



Hornblende



Biotite

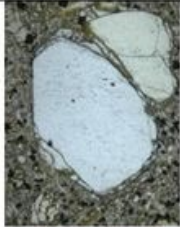
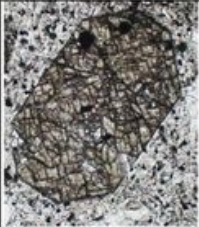
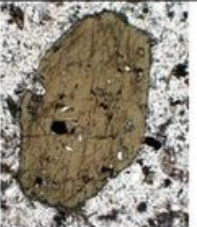
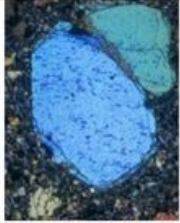
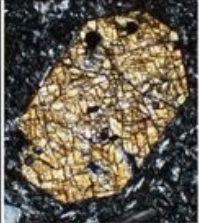
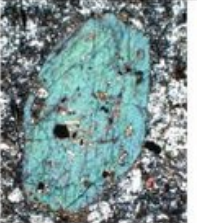
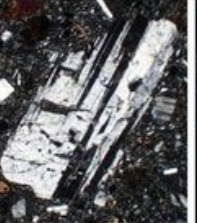


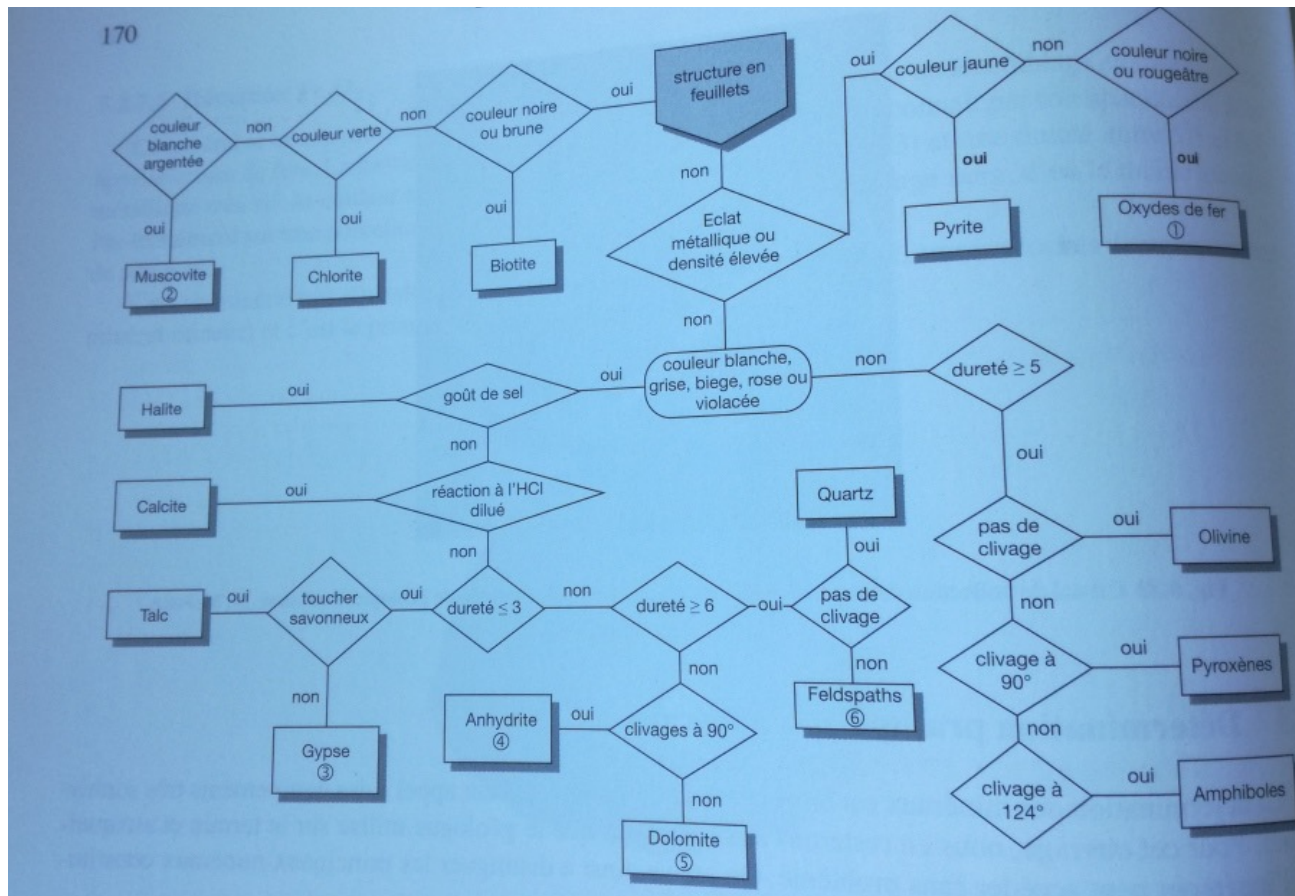
Muscovite

Potassium
feldspar

Quartz

NB : Les lames minces peuvent être observées, à l'œil nu, sur fond blanc ce qui permet de repérer certains minéraux colorés avant d'utiliser le microscope.

		OLIVINE	PYROXENES	AMPHIBOLES	MICAS	FELDSPATHS		QUARTZ
			Augite	Hornblende	Biotite	Orthose ou Sanidine	Plagioclases	
AU MICROSCOPE avec le grossissement minimum	En LPNA sans analyseur	Minéral verdâtre. De nombreuses craquelures. Forme globuleuse.	Sections rectangulaires à angles tronqués. Couleur beige rosé ou vert pâle. Deux séries de fissures parallèles (clivages).	Minéral brun-verdâtre, dont la couleur varie en fonction de l'orientation. Deux séries de fissures parallèles (clivages). Sections losangiques à pointes tronquées.	Minéral brun foncé à beige dont la couleur varie avec l'orientation. Sections rectangulaires avec fines fissures parallèles dans le sens de la longueur (clivages)	Minéral incolore avec nombreuses impuretés lui donnant un aspect sale. Sections grossièrement rectangulaires à extrémités arrondies.	Minéral incolore. Sections en baguettes plus ou moins allongées. Présence de fissures parallèles perpendiculaires à l'allongement (clivages).	Minéral incolore très limpide. Sections globuleuses ou grossièrement hexagonales à crêtes émoussées.
	En LPA avec analyseur	Teintes vives de polarisation : rouge, orange, bleu	Teintes de polarisation : jaune, orange, rouge ou magenta. Présence éventuelle de plusieurs teintes séparées par une ligne (macle).	Teintes vives de polarisation : rouge, magenta, bleu, vert, très atténuées par la couleur naturelle du minéral.	Teintes vives de polarisation : rouge, magenta, bleu, vert, jaune, très atténuées par la couleur naturelle.	Teintes de polarisation : gris plus ou moins foncé présentant des marbrures. Présence éventuelle de deux moitiés de cristal séparées par une ligne.	Teintes de polarisation : gris plus ou moins clairs répartis en bandes dans le sens de l'allongement (macle polysynthétique).	Teinte de polarisation : gris clair à blanc.
	En lumière polarisée mais non analysée (LPNA)							
	En lumière polarisée et analysée (LPA)							



IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DE CERTAINS MINÉRAUX COMMUNS



- QUARTZ - utilisé dans la fabrication de lentilles et de prismes pour le matériel optique. (SiO_2) - constituant majeur du sable utilisé dans la fabrication du verre, du mortier, du béton et du papier de verre. importance mineure en tant que pierre précieuse: améthyste, œil de tigre, agate, onyx
- FELDSPAR - principalement utilisé dans la fabrication de porcelaine et de céramique. (KAlSi_3O_8) - minor utiliser comme pierre précieuse appelée amazonstone, pierre de lune ou sunstone ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) - ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)
- MUSCOVITE - utilisé en feuilles comme matériau isolant dans les appareils électriques [$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$] - un fond d'écran et une peinture pour donner un lustre brillant
- CALCITE - utilisé comme engrais, conditionneur de sol et dans le ciment Portland. (CaCO_3) - utilisation mineure comme pierre ornementale sous des formes appelées travertin et onyx.
- HALITE - utilisé comme sel de table, sel gemme, sel de déneigement. Mines de sel (NaCl) anciennes sont considérées comme des sites de stockage de déchets toxiques ou nucléaires
- GYPSUM - utilisation principale dans la fabrication de plâtre de Paris. ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) -quelque usage comme pierre ornementale sous une forme appelée albâtre
- AMPHIBOLE - Certaines formes utilisées comme amiante en raison de leur nature fibreuse. (Na, Ca, Mg, Fe, Al, silicate)
- PYRITE - minerai de soufre et souvent exploité pour l'or ou le cuivre associé. (FeS_2) - Aussi connu sous le nom de Fool's Gold.
- HÉMATITE - Minerai de fer; utilisation mineure comme pigment. (Fe_2O_3) Les peintures rupestres ont souvent été faites avec de l'hématite, mais ce n'est pas une utilisation majeure maintenant
- LIMONITE - en fer; utilisation mineure comme pigment ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- GALENA - une mine de plomb (PbS)
- Lubrifiant sec GRAPHITE, crayon "plomb" (C)
- FLUORITE - utilisé comme fondant dans la fabrication de l'acier et dans la fabrication de l'acide fluorhydrique (CaF_2)
- PYROXENE - Certaines formes utilisées comme pierre précieuse appelée Jade (Mg, Fe, SiO_3)
- Phosphate- fertilisant
- Argiles= poterie, considérées comme des sites de stockage de déchets toxiques ou nucléaires
- Monazite, élément rare, électronique



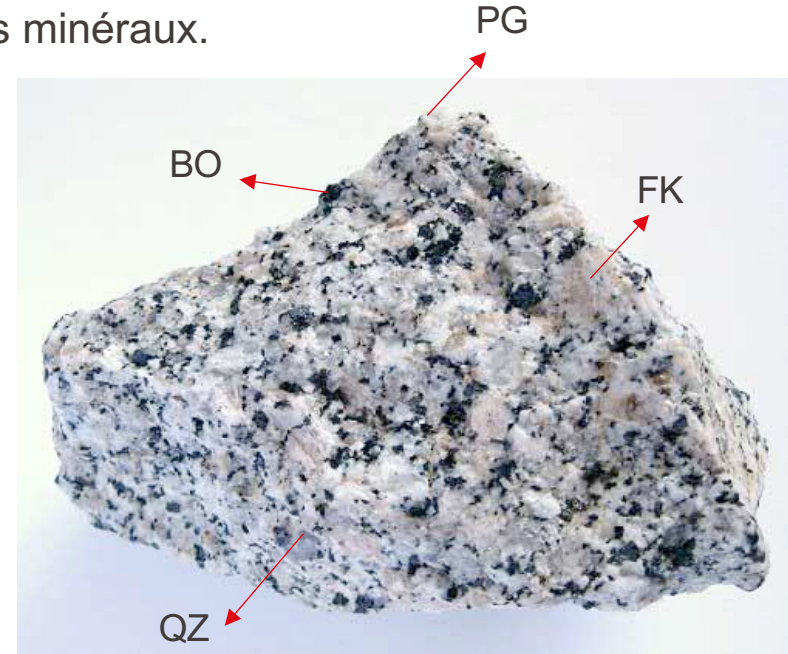
- Les roches les sont des matériaux naturels généralement solides et formés, essentiellement ou en totalité, par un assemblage de minéraux, comportant parfois des fossiles (notamment dans les roches sédimentaires), du verre résultant du refroidissement rapide d'un liquide (volcanisme, friction...) ou des agrégats d'autres roches.
- Les roches peuvent être formées d'une seule espèce minérale (roches monominérales) ou de plusieurs (roches poly-minérales).



Une roche peut être constituée de plusieurs minéraux.

Exemple : Granite

- Quartz (QZ)
- Plagioclase (PG)
- Feldspath potassique (FK)
- Biotite (BO)



Une roche peut être monominérale, c'est-à-dire formée d'un seul minéral

Exemple : marbre → calcite
quartzite → quartz



■
Marbre



Quartzite



Il existe trois grandes catégories de roche :

- Roches magmatiques (roches ignées)
- Roches sédimentaires
- Roches métamorphiques

IGNEE,
Refroidissement de
magma

PLUTONIQUE
(refroidissement lent)

VOLCANIQUE
(refroidissement rapide)

PIROCLASIQUE
(produit volcanique)

SEDIMENTAIRE,
diagenèse de
roches
sédimentaires
d'origine
sédimentaire

RESIDUELLE
(pas de transport)

DETRITIQUE
(diagenèse de sédiments
provenant d'autres
roches)

CHIMIQUE
(précipitations saline)

ORGANIQUE

METAMORPHIQUE
Métamorphisme de
roche préexistante

CONTACT
(augmentation de la
température)

REGIONAL
(augmentation de la
pression)

Les **roches magmatiques** (ou roches ignées) comprennent les **roches intrusives** et les **roches extrusives**.

- **Les roches intrusives** ou **roches plutoniques** se forment à partir d'un magma qui refroidit lentement à de grandes profondeurs (30 à 35 km) sous la croûte terrestre
- En conséquence, les cristaux ont le temps de bien se former et la roche présente une texture grenue.

Exemples : granite, gabbro



Granite

Les **roches magmatiques** (ou roches ignées) comprennent les **roches intrusives** et les **roches extrusives**.

- **Les roches extrusives** ou **roches volcaniques** sont issues d'un magma qui refroidit rapidement à la surface de la croûte terrestre.
- En conséquence, les cristaux n'ont pas le temps de bien se former et la roche est à grain très fin.
- Exemples : basalte, rhyolite, andésite



Basalte

- **Les roches sédimentaires** proviennent de l'accumulation de sédiments (boue, sable, gravier) qui se déposent en couches dans un bassin de sédimentation.



Grès



- **Les roches sédimentaires** sont des roches qui se forment à la surface de la croûte terrestre.
- Ce sont des roches qui résultent de la compaction et de la cimentation de boues, de sables, de graviers ou de fossiles.
- Selon le mode de formation des roches sédimentaires on distingue :
 - Roches sédimentaires détritiques
 - Roches sédimentaires chimiques
 - Roches sédimentaires biochimiques

Les roches sédimentaires détritiques : roches qui proviennent de l'érosion de roches préexistantes continentales (roches plutoniques, roches volcaniques, roches métamorphiques).

Exemples : argilite, grès, conglomérat



Argilite



Conglomérat



Grès



Couches ou strates de roches sédimentaires détritiques

- Les roches sédimentaires chimiques et biochimiques : roches qui résultent de la précipitation d'une solution chimique ou de l'accumulation de débris de squelette d'organisme (fossiles) et de la transformation de matière végétale.



Calcaire

Charbon



Gypse

- Couches ou strates de roches sédimentaires chimiques



- Une roche métamorphique est une roche formée par la recristallisation (et généralement la déformation) de roches sédimentaires ou de roches magmatiques sous l'effet de la température et de la pression qui augmentent avec la profondeur dans la croûte terrestre.
- Les roches métamorphiques peuvent se former également au contact de roches plutoniques et de roches sédimentaires.

Exemples : gneiss, paragneiss



Gneiss

Cycle des roches

