

Les minéraux et les roches

N'golo Togola

Plan de la présentation

Les minéraux

- Définition
- Aperçu général
- Caractéristiques des minéraux
 - Composition chimique
 - Dureté
 - Structure cristalline vs système cristallin
- Classification des minéraux

Les roches

- Définition
- Classification des roches
- Cycle des roches

Les minéraux

Définition d'un minéral

Un **minéral** est une **substance inorganique solide** qui se présente sous forme d'un **cristal** ou d'un solide cristallin.



Cristaux de quartz



Cristaux d'amazonite



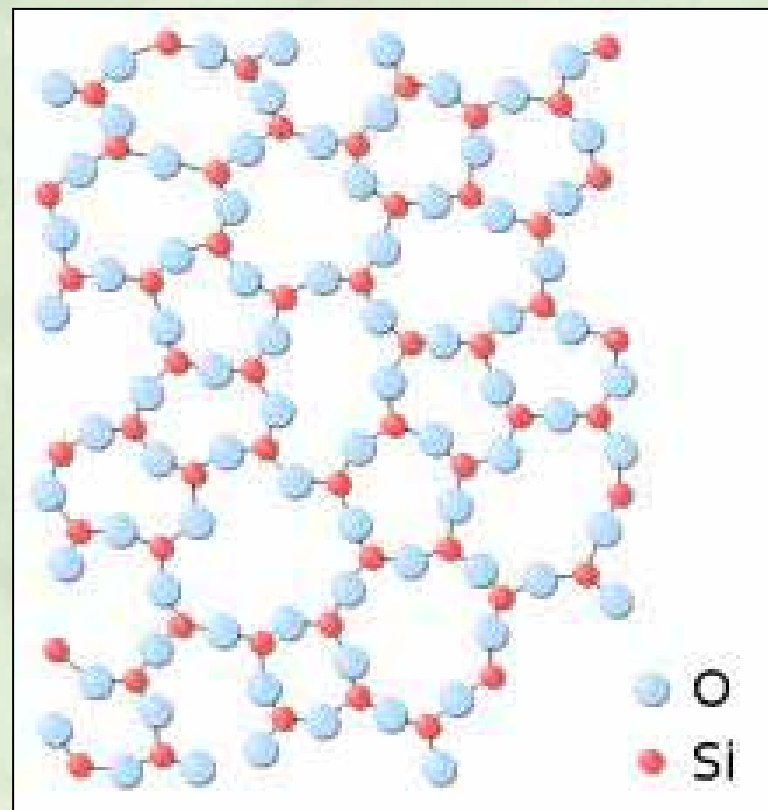
Cristaux de pyrite

Définition d'un cristal

Un **cristal** est un corps **solide** (minéral naturel homogène) de forme **polyédrique**, plus ou moins brillant, à structure régulière et formé d'un **assemblage ordonné** d'un grand nombre d'**atomes** de molécules ou d'ions.



Cristaux de quartz



Structure cristalline du quartz

Aperçu général

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 %	}	82,5 % de la croûte terrestre
Silicium (Si) : 28 %		
Aluminium (Al) : 8 %		
Fer (Fe) : 5 %		
Calcium (Ca) : 3,5 %		
Sodium (Na) : 3 %		
Potassium (K) : 2,5 %		
Magnésium (Mg) : 2 %		

Caractéristiques des minéraux

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

Propriétés physiques des minéraux

Forme cristalline

Dureté

Couleur

Ténacité

Densité

Éclat

Transparence

Clivage

Cassure

Trace ou trait

Conductivité électrique

Magnétisme

Photoluminescence

Radioactivité

Caractéristiques des minéraux

Propriétés chimiques des minéraux

Composition chimique

Solubilité

Effervescence



Caractéristiques des minéraux

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

Propriétés physiques des minéraux

- **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**

Caractéristiques des minéraux

Propriétés physiques des minéraux

- **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**

Caractéristiques des minéraux

Propriétés physiques des minéraux (suite)

- **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

Caractéristiques des minéraux

Propriétés physiques des minéraux (suite et fin)

- **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

Caractéristiques des minéraux

Propriétés chimiques des minéraux

- **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

Composition chimique

Un **minéral** est défini par sa **composition chimique** et sa structure cristalline.

Les **minéraux** peuvent être composés d'un **seul élément** chimique :

Exemples :

- Graphite (C)
- Diamant (C)



Graphite



Diamant

Composition chimique

Les minéraux peuvent être composés de plusieurs éléments chimiques.

Exemples : - Amazonite (KAlSi_3O_8)
- Chalcoppyrite (CuFeS_2)



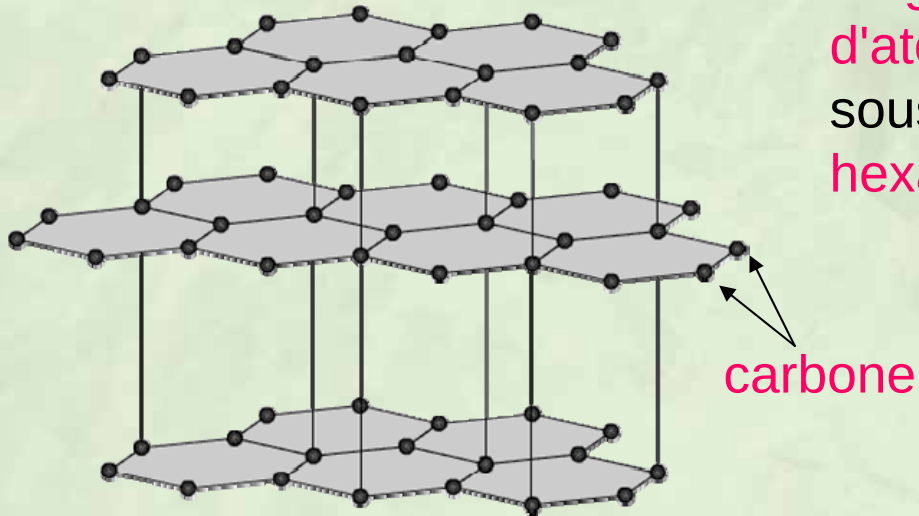
Amazonite



Chalcoppyrite

Structure cristalline

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.



Structure cristalline du graphite

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

» » » La **structure cristalline** définit la **forme géométrique** d'un cristal.

Structure cristalline

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



Cristaux automorphes de pyrite



Cristaux automorphes de grenat

Structure cristalline

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

Structure cristalline (suite)

Dans certains cas, 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

Dureté des minéraux

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

Échelle de dureté des minéraux (*Échelle de Mohs*)

*Échelle
de dureté
relative*

On part
du
minéral
le **moins
dur (talc)**
au
minéral
le **plus dur
(diamant)**

Dureté	Minéraux
1	Talc
2	Gypse
3	Calcite
4	Fluorite
5	Apatite
6	Orthose
7	Quartz
8	Topaze
9	Corindon
10	Diamant

Rayés par **l'ongle**
(minéraux très tendres)

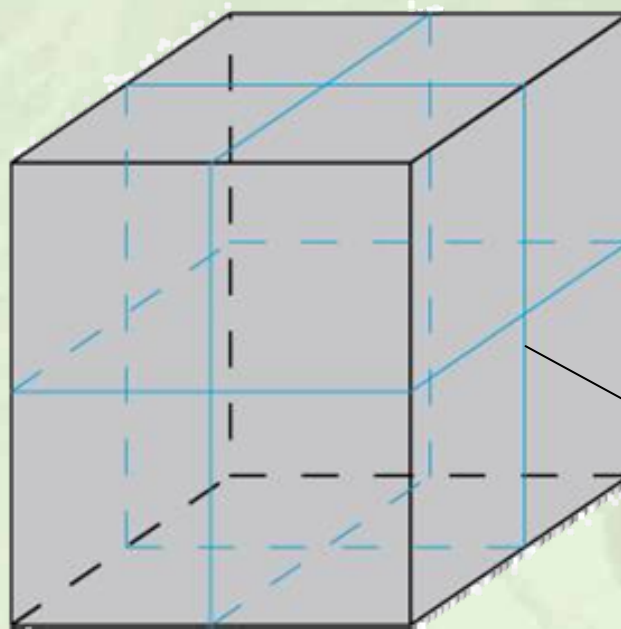
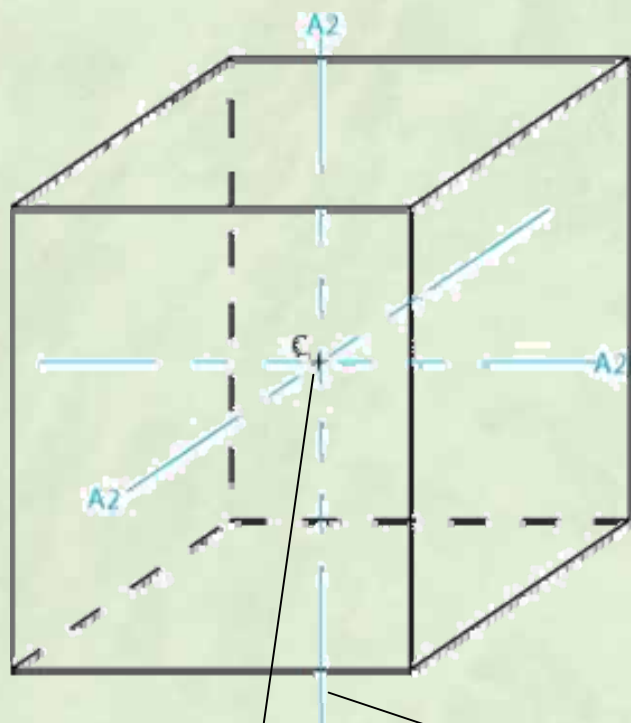
Rayés par une **pièce de 1 cent**
en **cuivre** (minéraux assez tendres)

Rayés par une **pointe de canif**
(minéraux assez durs)

Rayent le **verre**
(minéraux très durs)

Système cristallin

Un **système cristallin** est un **classement** des cristaux sur la base de leurs éléments caractéristiques de symétrie : **axe**, **centre**, **plan**.



Plan



QUÉBEC
MINES
POUR TOUS

centre

axe

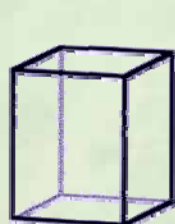
Ressources
naturelles

Québec

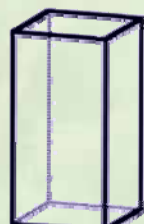


Systeme cristallin

Il existe **sept systèmes** cristallins de base



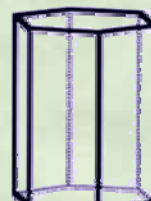
Cubique
Cube



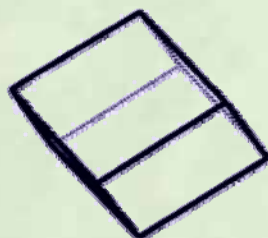
Quadratique
Prisme droit
à base carrée



Orthorhombique
Prisme droit
à base rectangle



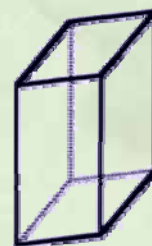
Hexagonal
Prisme droit
à base hexagonale



Rhomboédrique
rhomboèdre



Monoclinique
prisme oblique
à base rectangle



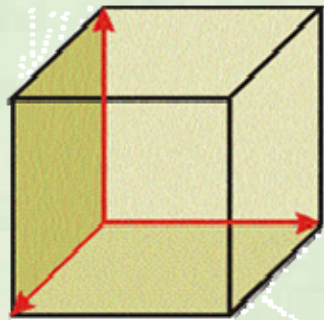
Triclinique
prisme oblique sur
toutes les arêtes

La croissance des cristaux se fait suivant des **lois de géométrie simple** caractérisées par **sept systèmes**

Les sept polyèdres qui définissent les sept systèmes cristallins

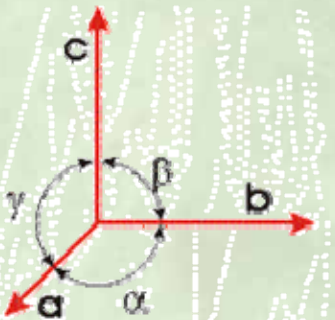
Systeme cubique (isométrique)

La forme primitive du minéral est un **cube** : un **prisme droit** à **6 faces** égales



6 faces carrées

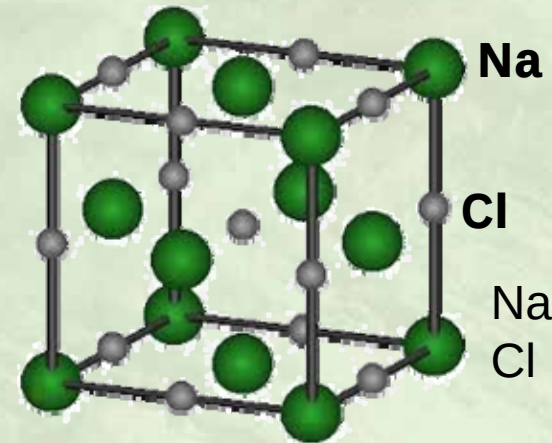
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



$$a = b = c$$



Cristaux de sel

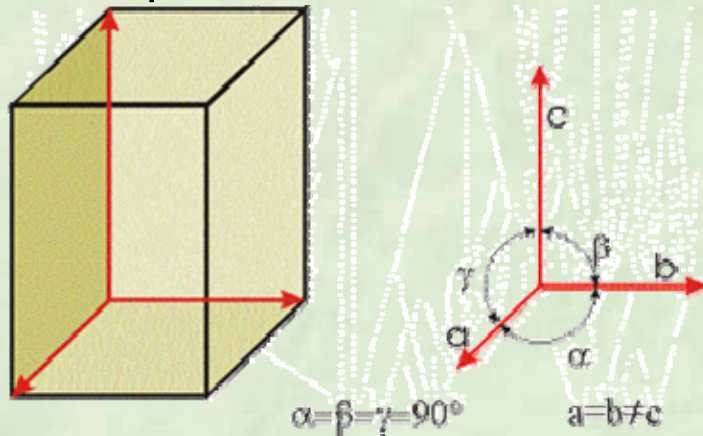


Na : Sodium
Cl : Chlore

Structure cristalline du sel (NaCl)

Système quadratique (trétragonal)

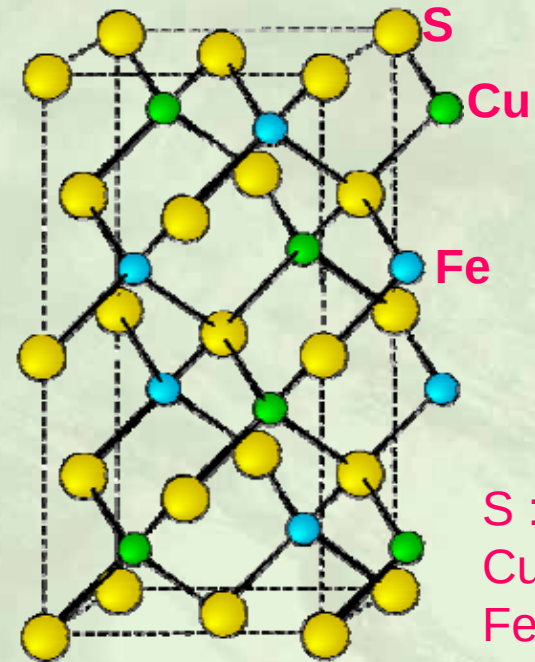
La forme primitive du minéral est un **prisme droit à base carrée**



4 faces rectangulaires égales
2 bases carrées



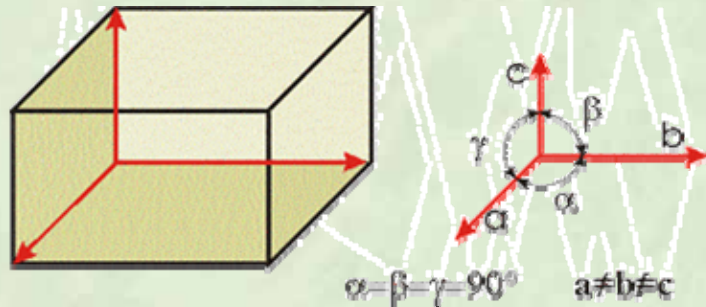
Cristaux de la chalcopyrite



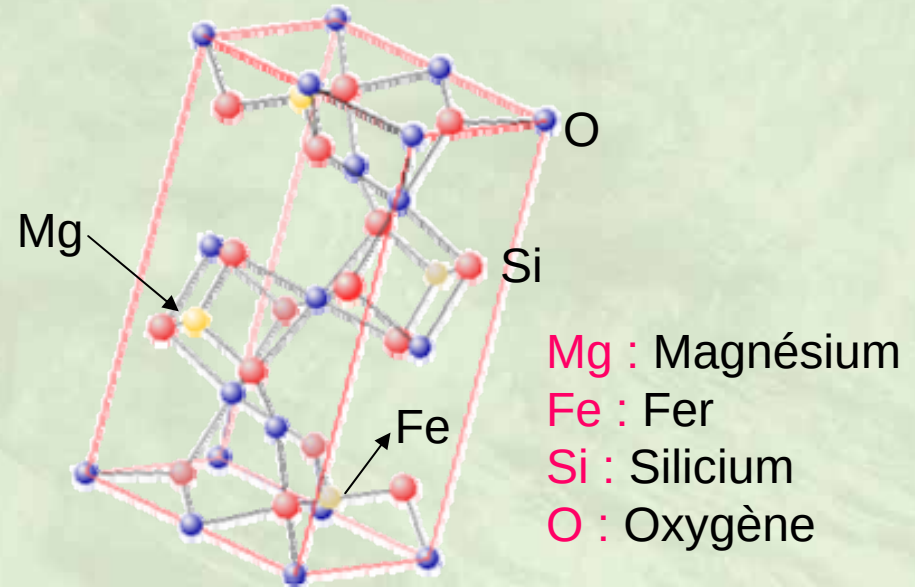
**Structure cristalline de la
chalcopyrite (CuFeS₂)**

Système orthorhombique (rhombique)

La forme primitive du minéral est un **prisme droit à base rectangulaire**.



4 faces rectangles égales 2 à 2
2 bases rectangles



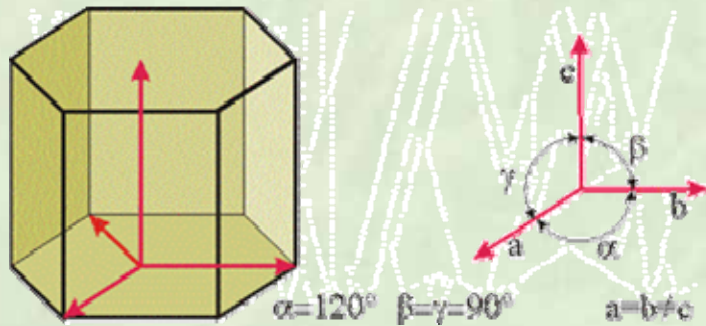
Structure cristalline de l'olivine
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$



Cristaux de topaze

Système hexagonal

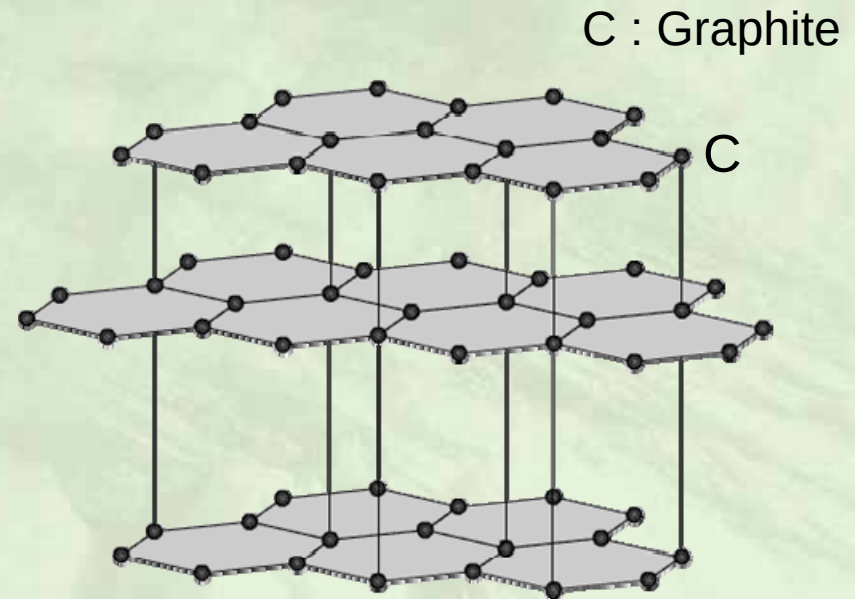
La forme primitive du minéral est un **prisme droit** à **base hexagonale**.



6 faces latérales rectangulaires
2 bases hexagonales



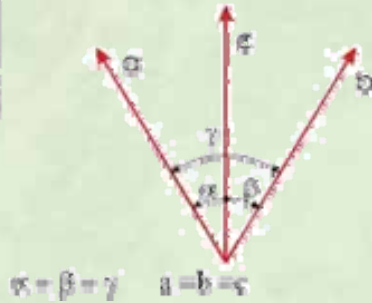
Cristaux de béryl



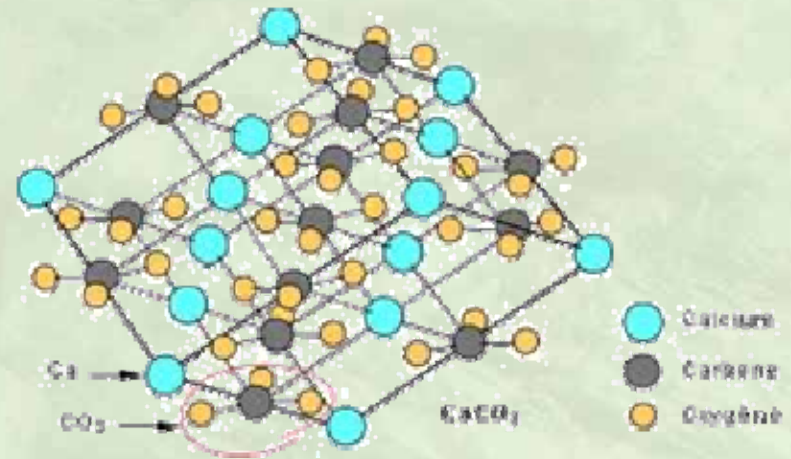
Structure cristalline du graphite (C)

Système rhomboédrique

La forme primitive du minéral est le rhomboèdre : un **prisme oblique** dont les **six (6) faces** sont des losanges égaux.



6 faces de losanges égaux



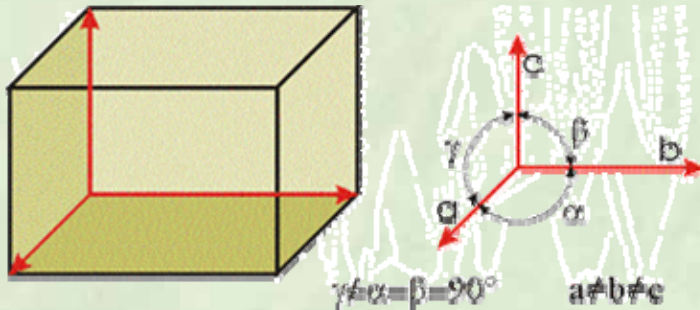
Structure cristalline de la calcite
(CaCO₃)



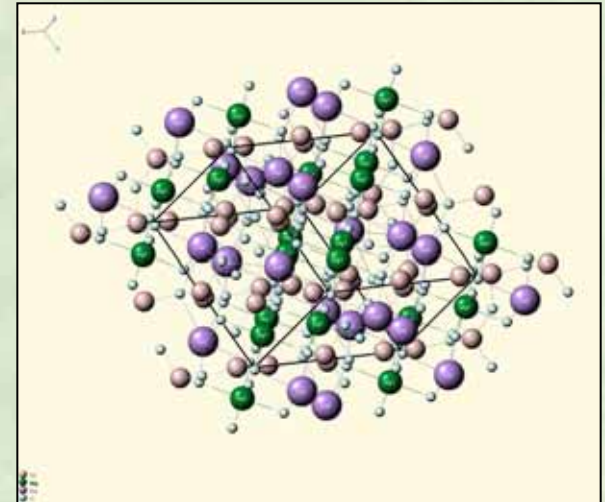
Cristal de calcite

Systeme monoclinique (clinorhombique)

La forme primitive du minéral est un **prisme oblique** à **base losangique**



**4 faces latérales de
parallélogramme égales 2 à 2
2 bases rectangulaires**



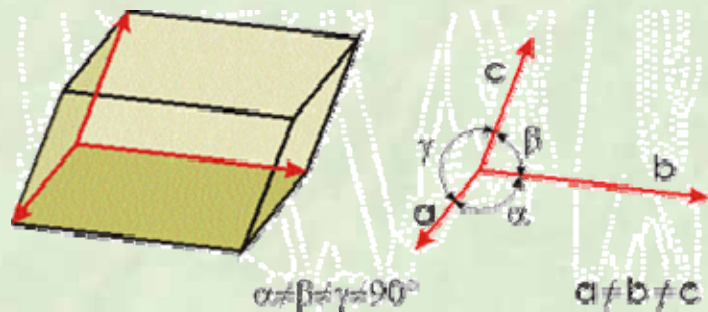
**Structure cristalline
du diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)**



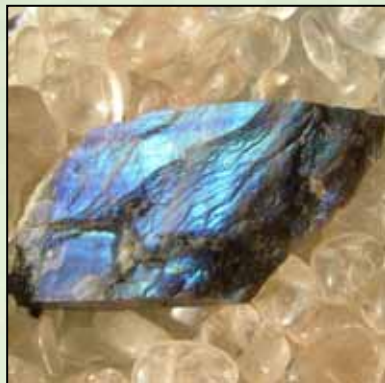
Cristaux de diopside

Systeme triclinique (asymétrique)

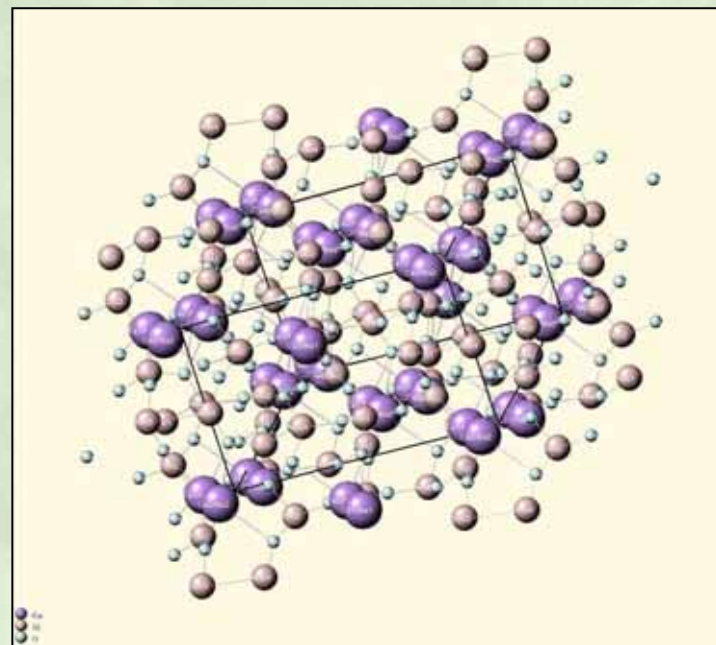
La forme primitive du minéral est un **prisme oblique** à **base losangique**



4 faces latérales de parallélogramme
2 bases losangiques

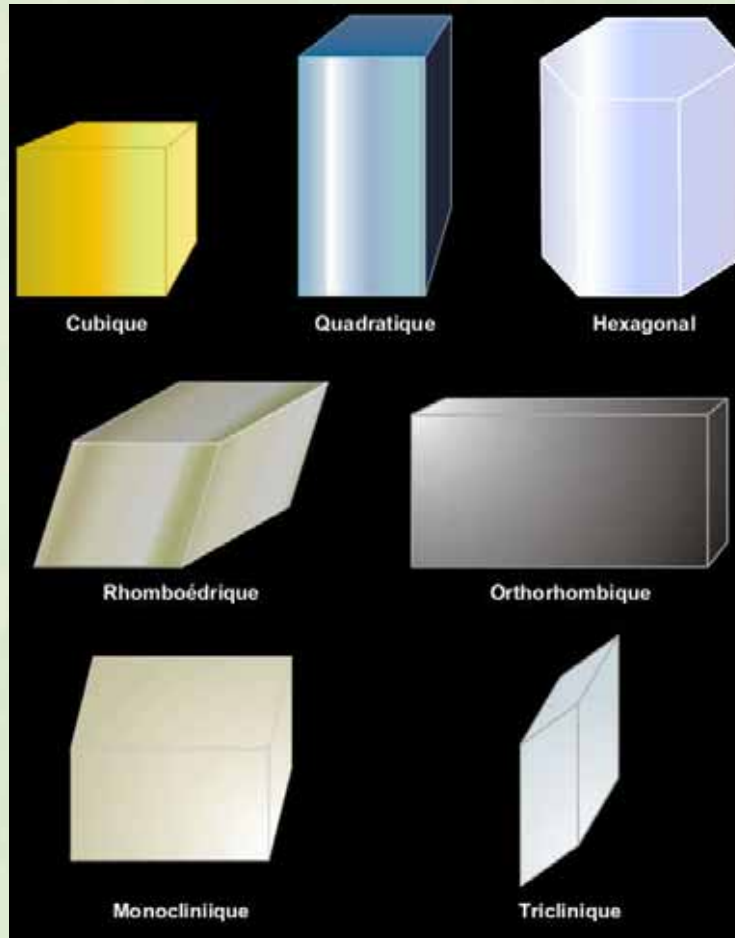


Cristal de labradorite



**Structure cristalline
de la labradorite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)**

Système cristallin



Généralement, lorsque les cristaux se développent sans contrainte dans la nature ils vont prendre la forme d'**un** des **sept systèmes cristallins** originels de base.

http://www.periodni.com/download/modeles_de_systemes_cristallins.pdf

Systeme cristallin

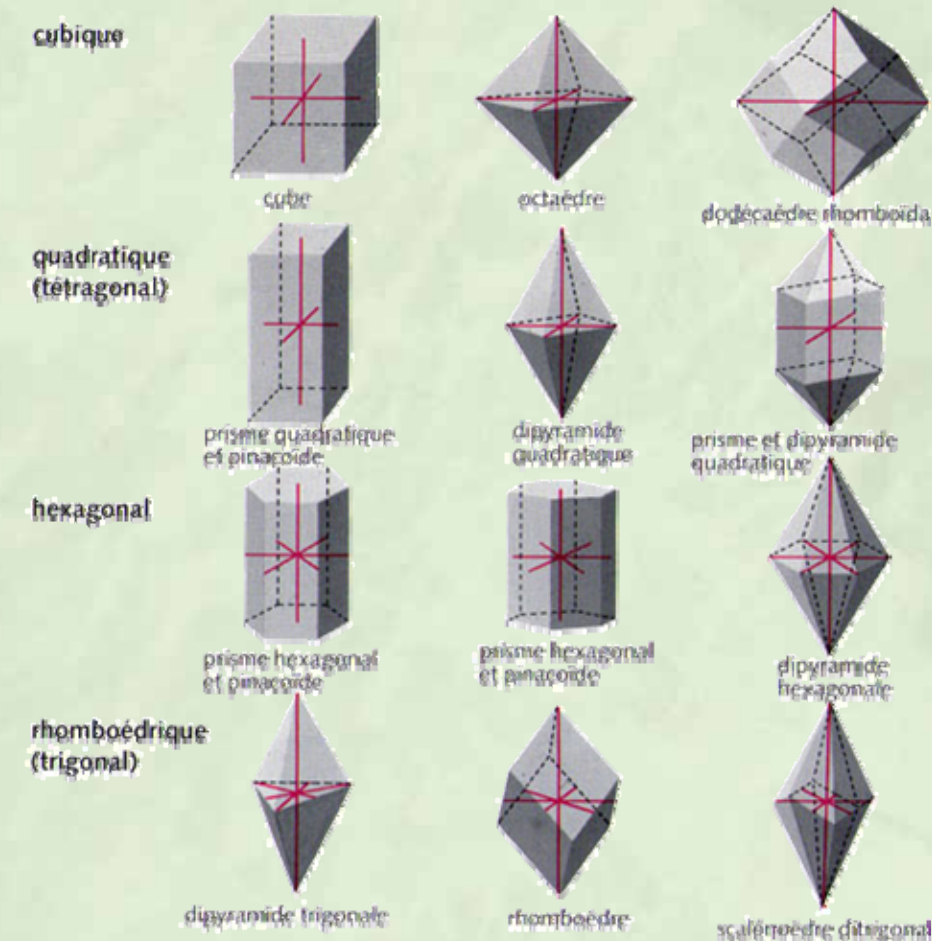
Autres formes cristallines

Au delà des **sept systèmes cristallins de base**, il existe des formes cristallines associées à chacun des sept systèmes cristallins

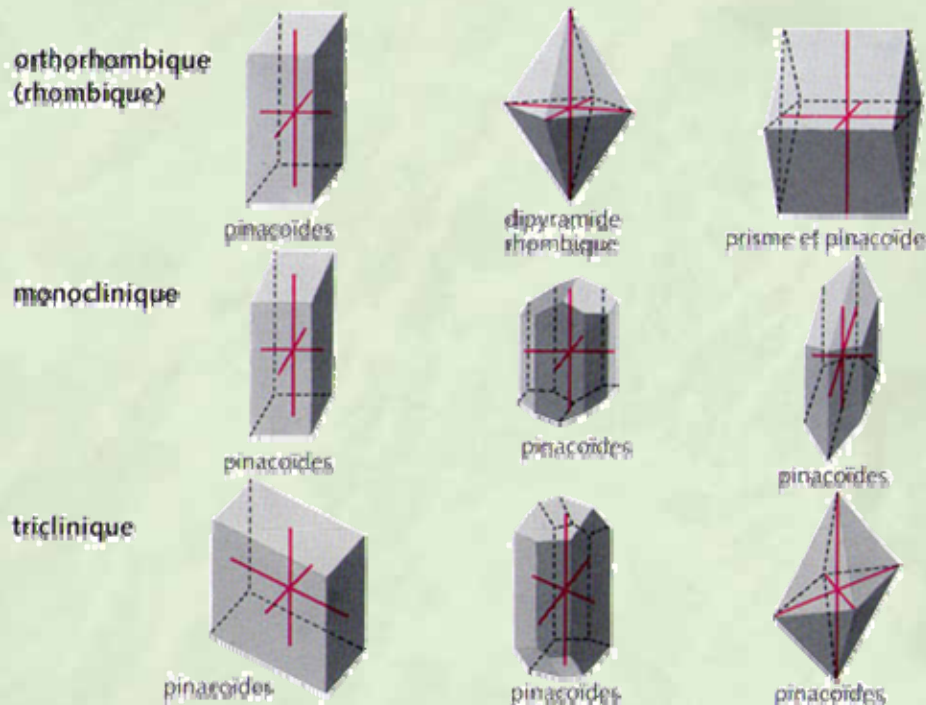
Par exemple :

Octaèdre et **dodécaèdre** dans le système cristallin cubique.

Bipyramide et **prisme bipyramidale** dans le système cristallin quadratique



Systeme cristallin



Autres formes cristallines

Ce sont les contraintes (spatiales, température,...), lors de la croissance d'un cristal qui seront à l'origine du **développement** d'une face plane à l'emplacement d'une **arête** ou d'un **sommet** du cristal.

Conclusion : Ce sont les **variations** de la **vitesse de croissance** d'un cristal en fonction de la **direction** qui sont responsables de la forme cristalline des minéraux.

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 :

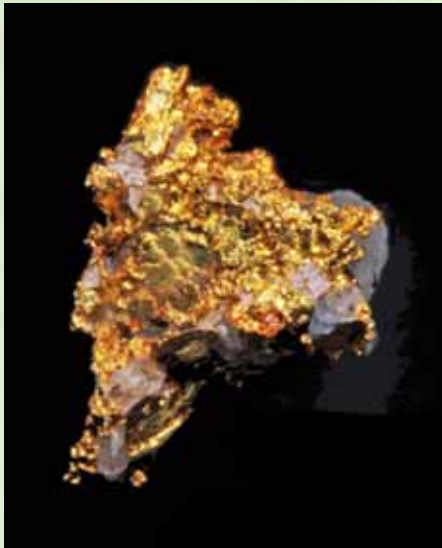
- **Classe I : Éléments natifs**
- **Classe II : Sulfures**
- **Classe III : Halogénures**
- **Classe IV : Oxydes**
- **Classe V : hydroxydes**
- **Classe VI : Carbonates**
- **Classe VII : Sulfates**
- **Classe VIII : Phosphates**
- **Classe IX : Silicates**

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), chalcoppyrite (CuFeS_2), galène (PbS)



Pyrite



Chalcoppyrite

Classification des minéraux

Classe III : Halogénures

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

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



Halite (sel gemme)



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

QUÉBEC
MINES
POUR TOUS



Corindon

Ressources
naturelles

Québec



Classification des minéraux

Classe V : hydroxydes

Les **hydroxydes** (OH^-) sont des minéraux constitués d'une combinaison d'**eau** et d'**oxydes métalliques**.

Exemple : goetite ($\text{FeO}(\text{OH})$), brucite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$)



Goetite



Brucite

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 VI : 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 (CaMgCO_3)

On inclut dans cette classe les **nitrate**s (NO_3)⁻ et **borate**s (BO_3)²⁻



Calcite



Sidérite

Classification des minéraux

Classe 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 ($(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Th})\text{PO}_4$)

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** (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

Les roches

Définition de roche

Une **roche** est un matériau solide formé en général d'un **assemblage de minéraux**.

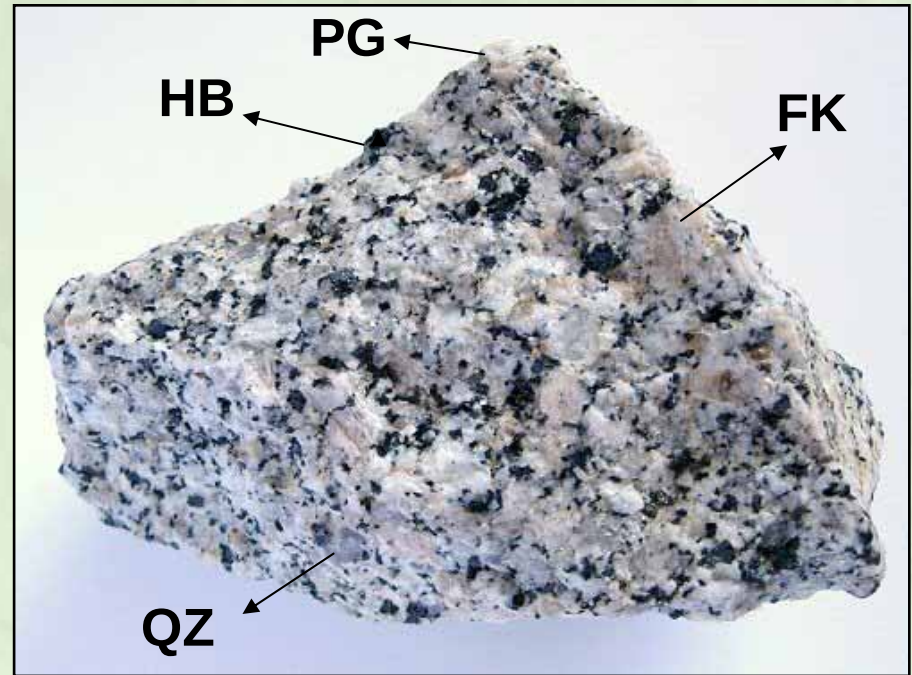
Les **roches** sont constituées de **minéraux** tandis que les minéraux sont constitués **d'éléments chimiques**.

Définition de roche

Une roche peut être constituée de **plusieurs minéraux**.

Exemple : Granite

- Quartz (**QZ**)
- Plagioclase (**FK**)
- Feldspath potassique (**FK**)
- Biotite (**BO**)
- Hornblende (**HB**)



Granite

Définition de roche

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

Exemple : marbre → calcite
quartzite → quartz



Marbre



Quartzite

Classification des roches

Il existe **trois grandes** catégories de **roche** :

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

Roches magmatiques

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

Roches intrusives ou plutoniques

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

Roches magmatiques

Roches extrusives ou volcaniques

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



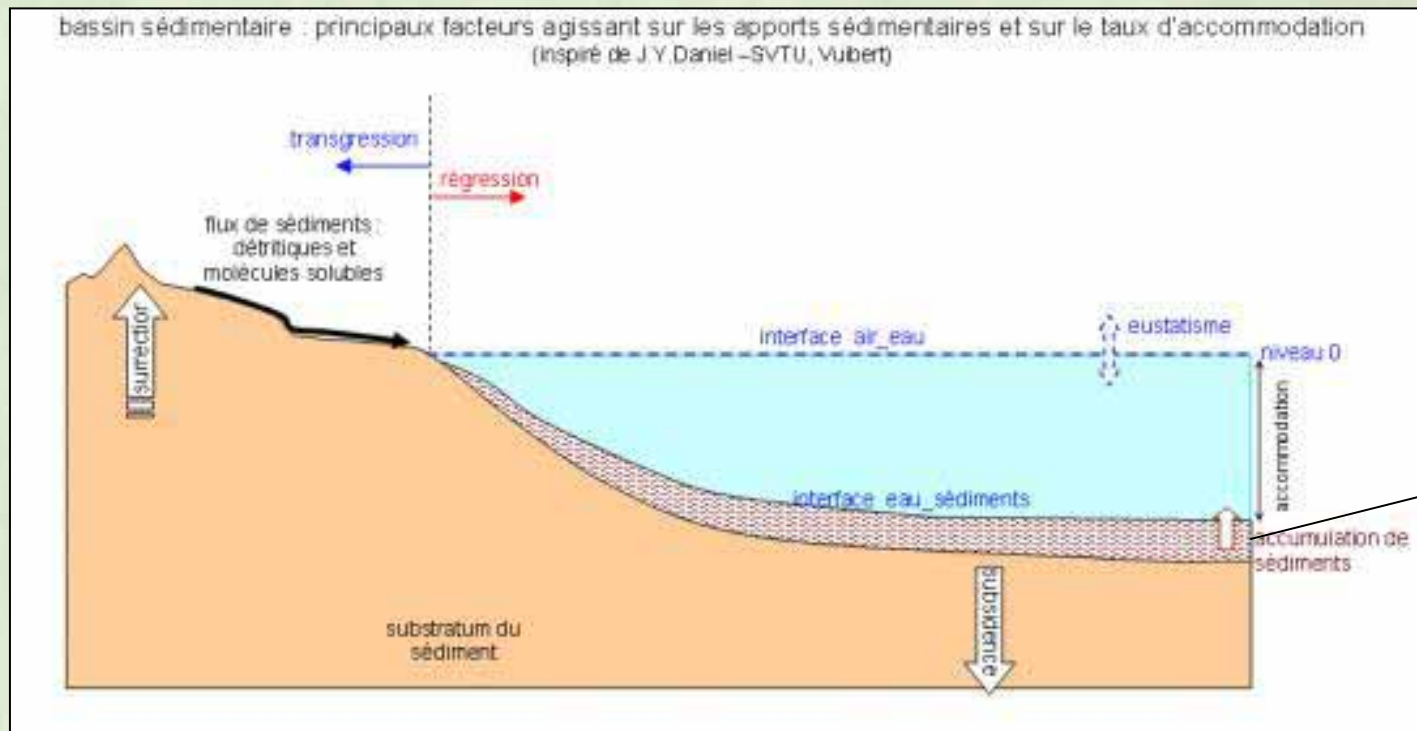
Édifice volcanique



Basalte

Roches sédimentaires

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



Sédiments

Bassin sédimentaire

Roches sédimentaires

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** et **biochimiques**

Roches sédimentaires

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

Roches sédimentaires



Couches ou strates de roches sédimentaires détritiques

Roches sédimentaires

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.

Exemples : calcaire, dolomie, gypse, charbon



Calcaire



Charbon



Gypse

Roches sédimentaires



Couches ou strates de roches sédimentaires chimiques

Roches métamorphiques

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.

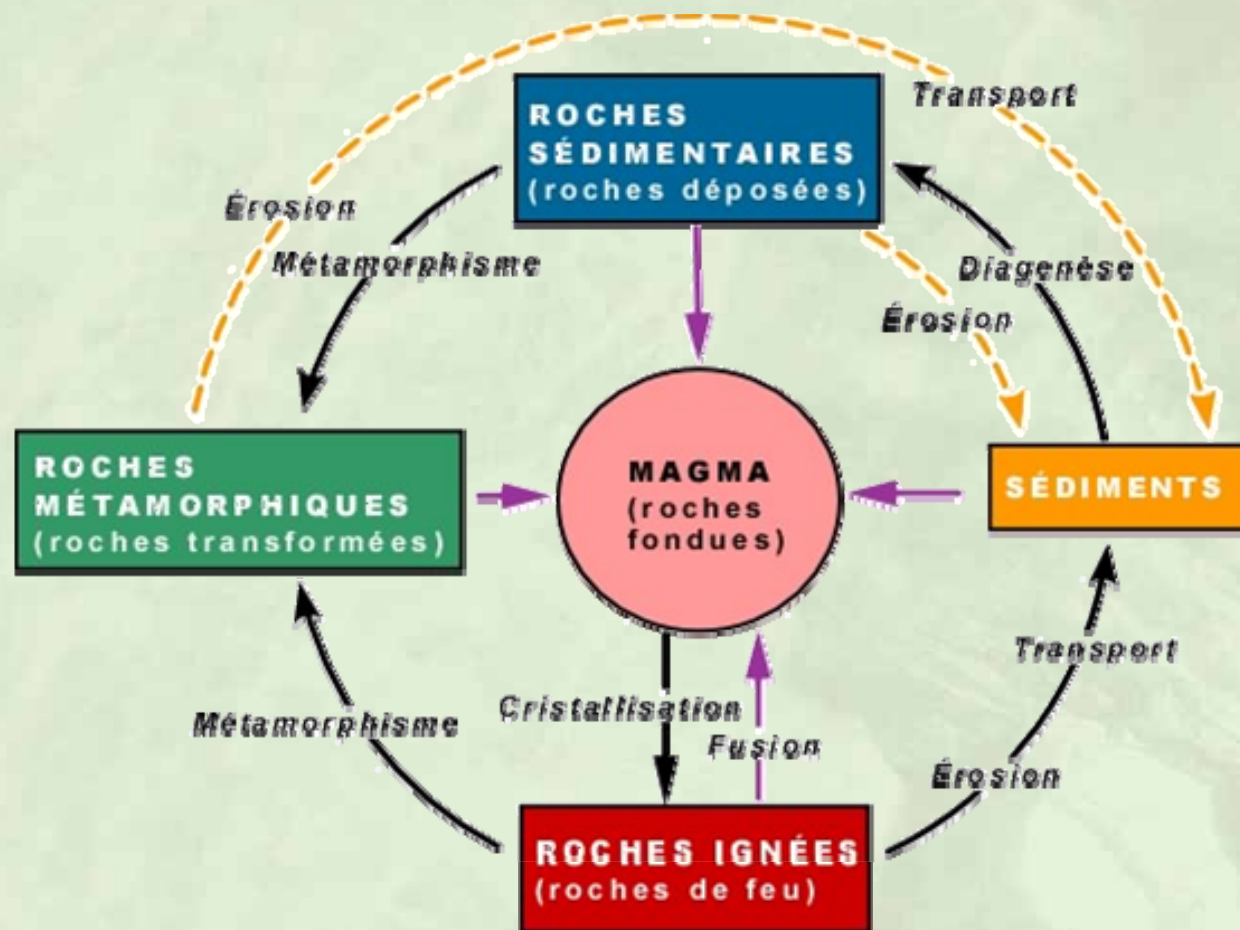
Les roches métamorphiques peuvent se former également au **contact** de **roches plutoniques** et de **roches sédimentaires**.

Exemples : gneiss, paragneiss



Gneiss

Cycle des roches



Merci!