

TP 1 – Les minéraux et leur détermination dans les roches



Quelques rappels et définitions

Une roche est composée de plusieurs minéraux.

Monominérale

Ex : quartzite =
100% de quartz



Polyminérale

Ex : granite = quartz
+ feldspath + mica



Quelques rappels et définitions

Une roche est composée de plusieurs minéraux.



Un seul minéral, donc pas une roche.

Quelques rappels et définitions

Un minéral est défini par **une formule chimique** et un système cristallin.



Diamant : C



Pyrite : Fe_2S



**Grenat :
 $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$**

Quelques rappels et définitions

Un minéral est défini par une formule chimique et **un système cristallin**.



Disthène : Al_2SiO_5
Triclinique

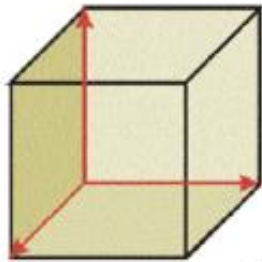


Andalousite : Al_2SiO_5
Orthorombique

Quelques rappels et définitions

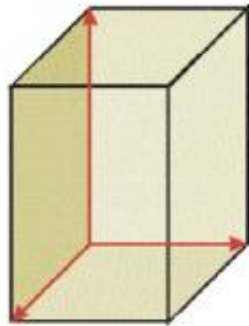
Il existe 7 systèmes cristallins.

CUBIQUE



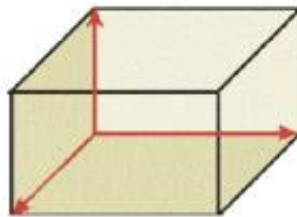
$$a=b=c \quad \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

QUADRATIQUE



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

ORTHOROMBIQUE



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

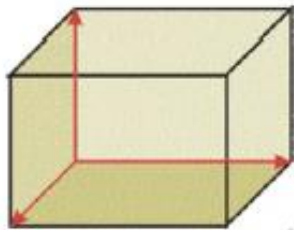
RHOMBOEDRIQUE

$$a=b=c$$

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

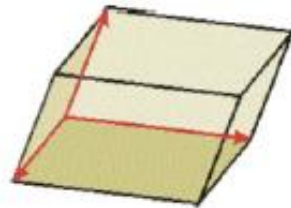


MONOCLINIQUE



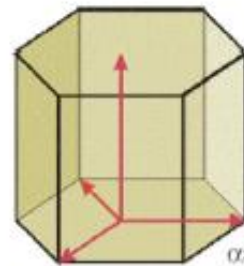
$$a \neq b \neq c \quad \alpha=\beta=90^\circ \neq \gamma$$

TRICLINIQUE



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

HEXAGONAL



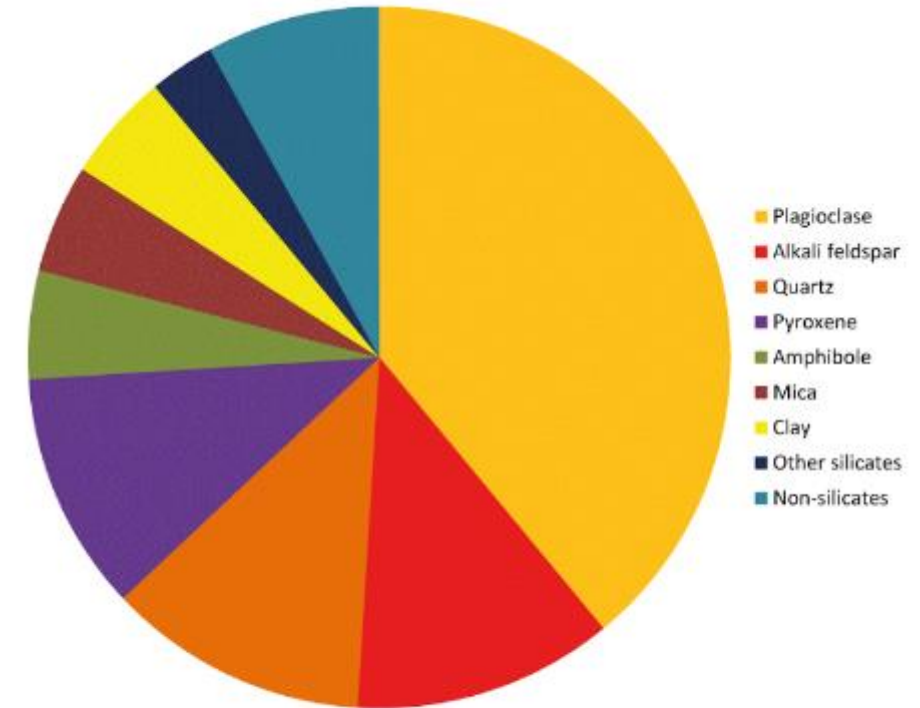
$$a=b \neq c \quad \alpha=\beta=120^\circ \neq \gamma=90^\circ$$

Première activité : identification des minéraux

Objectif : apprendre à identifier un minéral

La mauvaise nouvelle :
Il existe plus de 4000 variétés de
minéraux dans la nature

La bonne nouvelle :
seulement une douzaine de minéraux
sont les plus abondants



Minéraux les plus courants dans la croûte

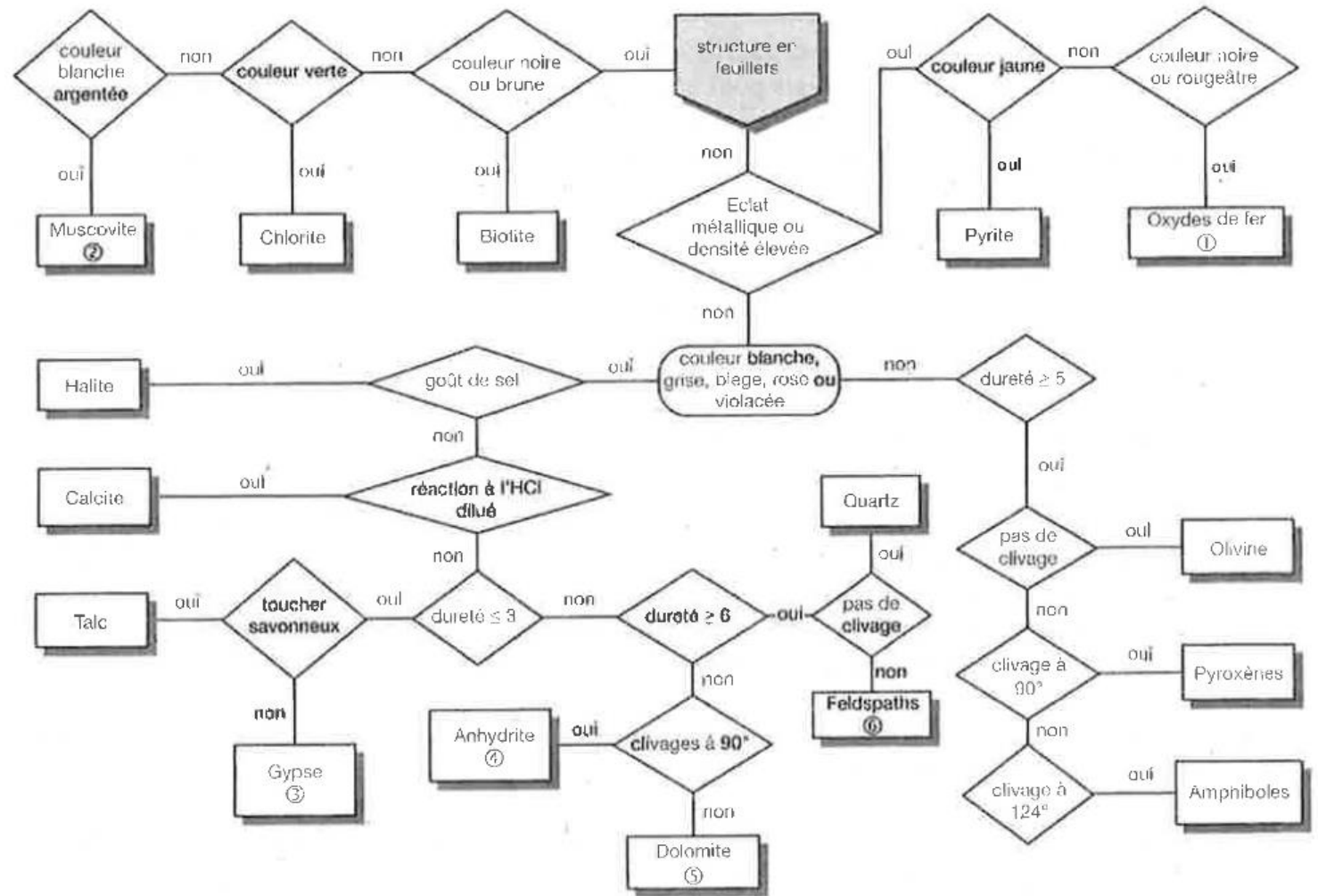


Première activité : identification des minéraux

Objectif : apprendre à identifier un minéral

Trop de minéraux avec trop de caractéristiques → trop de boulot à apprendre par cœur

Objectif = savoir reconnaître les caractéristiques d'un minéral pour ensuite utiliser une grille de classification.



(Fig. 5.34 du livre de géologie pour ingénieurs, A. Parriaux)

Première activité : identification des minéraux

A quoi ça peut me servir d'identifier un minéral ???



Première activité : identification des minéraux

A quoi ça peut me servir d'identifier un minéral ???

Roche = assemblage de minéraux

→ identification des minéraux permet d'identifier les roches



Première activité : identification des minéraux

A quoi ça peut me servir d'identifier un minéral ???

Roche = assemblage de minéraux

→ identification des minéraux permet d'identifier les roches

Important pour :

- Tous les aspects géotechniques
- Pour la circulation des fluides dans le sol (hydrogéologie)
- Reconnaître des gisements
- Eviter certaines pollutions (ex : sulfurs)
- Identifier des risques pour la santé (ex : amiante)

Première activité : identification des minéraux

- 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

- Propriétés chimiques des minéraux :
 - Composition chimique
 - Solubilité
 - Effervescence

Première activité : identification des minéraux

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

 - Propriétés physiques des minéraux:
 - Forme cristalline
 - Couleur
 - Dureté
 - ~~Magnétisme~~
 - ~~Photoluminescence~~

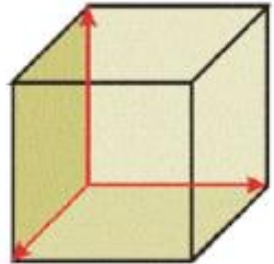
 - Propriétés chimiques des minéraux :
 - ~~Composition chimique~~
 - ~~Solubilité~~
 - Effervescence
- ~~Radioactivité~~
 - Ténacité
 - Densité
 - Éclat
 - Transparence
 - Clivage
 - Cassure
 - Trace ou trait
 - ~~Conductivité électrique~~

Première activité : identification des minéraux

Forme cristalline

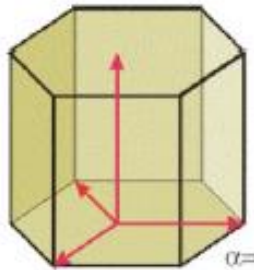
formes cristallines associés à chacun des systèmes cristallins de base

CUBIQUE



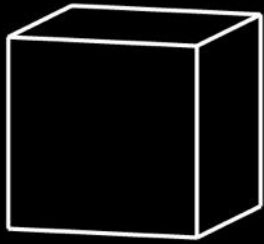
$$a=b=c \quad \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

HEXAGONAL

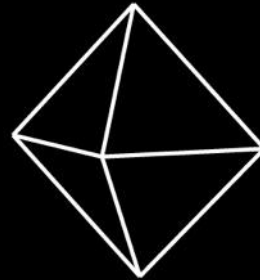


$$\alpha=120^\circ \quad \beta=\gamma=90^\circ \quad a=b \neq c$$

SYSTEME CUBIQUE



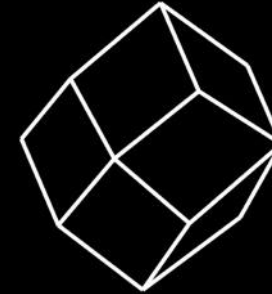
Galene



Magnetite



Pyrite



Almandin



Tétraédrite

SYSTEME HEXAGONAL



BÉRYL



VANADINITE



APATITE



NÉPHÉLINE



PYRRHODITE

Première activité : identification des minéraux

Forme cristalline

formes cristallines associés à chacun des systèmes cristallins de base

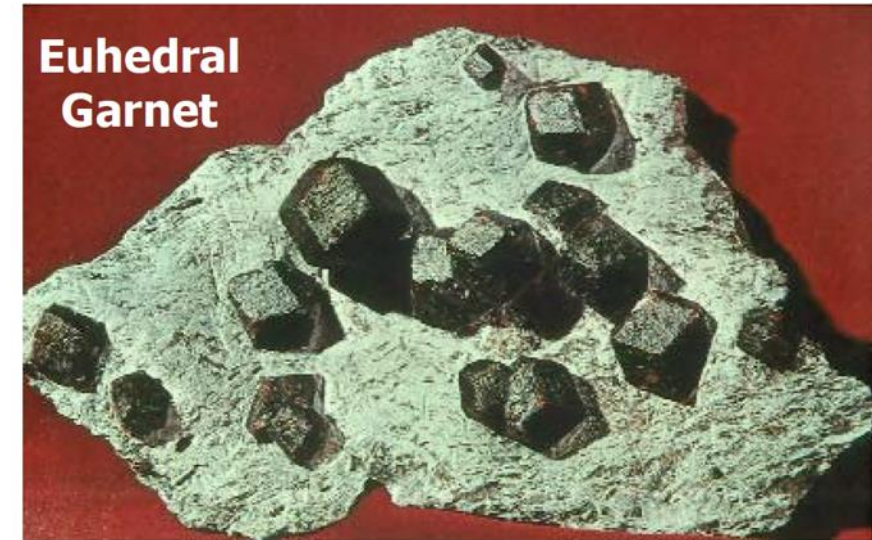
Mais mais mais :

Est-ce que le minéral a pu développer sa forme propre?

→ **Automorphe (ou euhedral)**

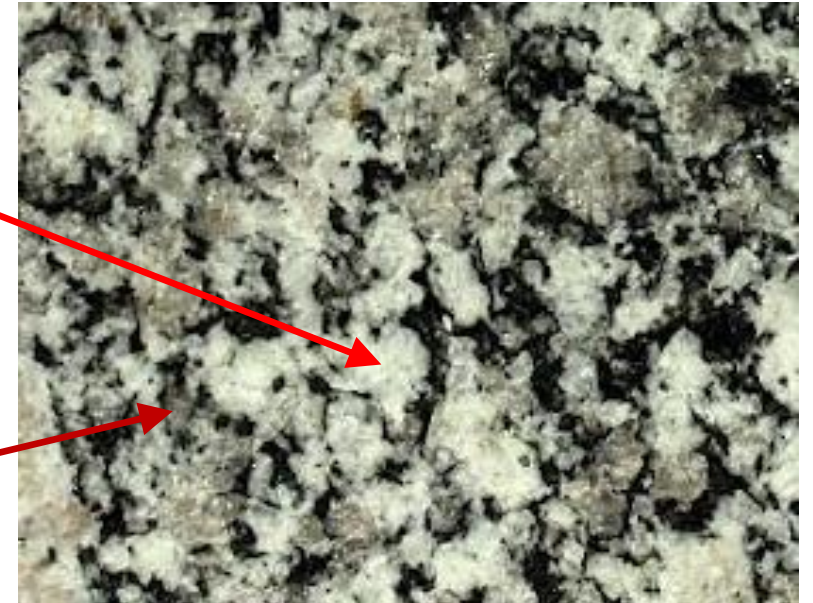
Est-ce que le minéral ne présente pas de faces bien développées?

→ **Xénomorphe (ou anhedral)**



Plagioclase
xénomorphe

Quartz
xénomorphe

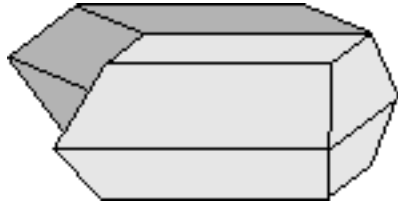


Première activité : identification des minéraux

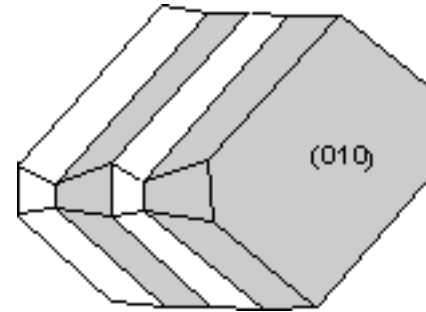
Forme cristalline, les macles

- association orientée de 2 ou plusieurs cristaux identiques
- Reliés par une opération de symétrie (e.g. rotation, réflexion)

Accolement le long d'une surface cristalline



Fer de lance



polysynthétique



Gypse



PierreBedard.ca



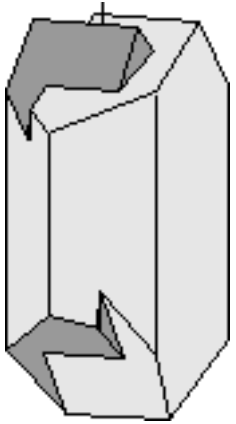
<http://les.mineraux.free.fr/>

Plagioclase

Première activité : identification des minéraux

Forme cristalline, les macles

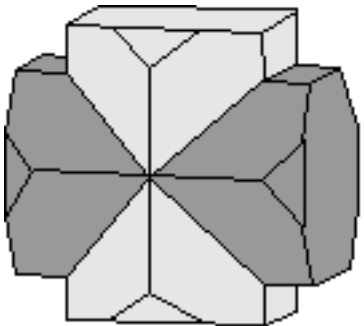
Interpénétration



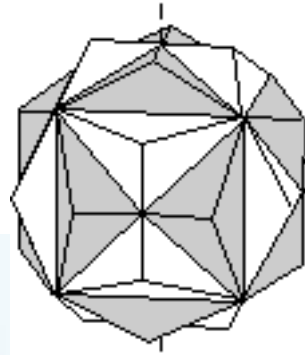
Macle Carlsbad du Feldspath alcalin



Macle en croix de la staurotide



Pyrite non maclée



Pyrite maclée



Première activité : identification des minéraux

Couleur

Peut-être induite par la composition chimique du minéral (idiochromatique)

Ou bien par des impuretés (allochromatique)

Si un minéral n'a pas de couleur, il est achromatique.



ROCK CRYSTAL (QUARTZ)



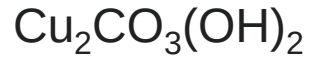
CITRINE



AMETHYST



RHODOCHROSITE



MALACHITE

Première activité : identification des minéraux

Transparence

Capacité d'un minéral à laisser passer la lumière

Transparent



Translucide



Opaque



Première activité : identification des minéraux

Eclat



métallique



Mat/ pierreux



vitreux



nacré



adamantin

Première activité : identification des minéraux

Trace

Trace laissée par le minéral sur un morceaux de porcelaine non polie



Hématite



Brun rouge



Jaune ocre



Goethite

Première activité : identification des minéraux

Dureté

Déterminé par sa résistance à se faire rayer

Echelle de Mohs
→ échelle de dureté relative

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

très tendre

assez tendre

assez dur

très dur

Dureté approximative

Plaque de verre: 5.5-6.5

Couteau en acier : 5.5

Ongle : 2.5

Première activité : identification des minéraux

Dureté

Déterminé par sa résistance à se faire rayer

Echelle de Mohs

→ échelle de dureté relative

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

très tendre

assez tendre

assez dur

très dur

Dureté approximative

Plaque de verre: 5.5-6.5

Couteau en acier : 5.5

Ongle : 2.5

A ne pas confondre avec la **ténacité** :
capacité d'une pierre à **résister à la pression et aux chocs**

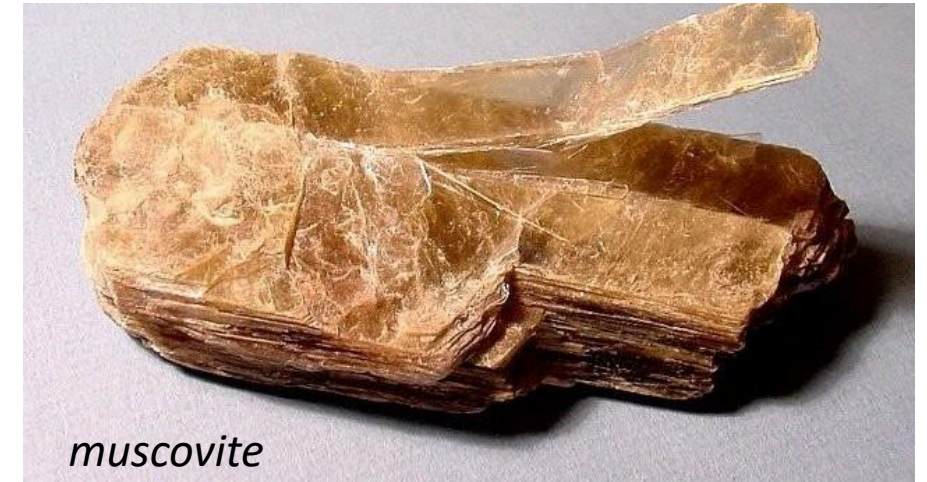
Première activité : identification des minéraux

Clivage

- plan de rupture privilégié à l'intérieur d'un minéral
- dépend de la structure cristallographique

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

Première activité : identification des minéraux

Cassure

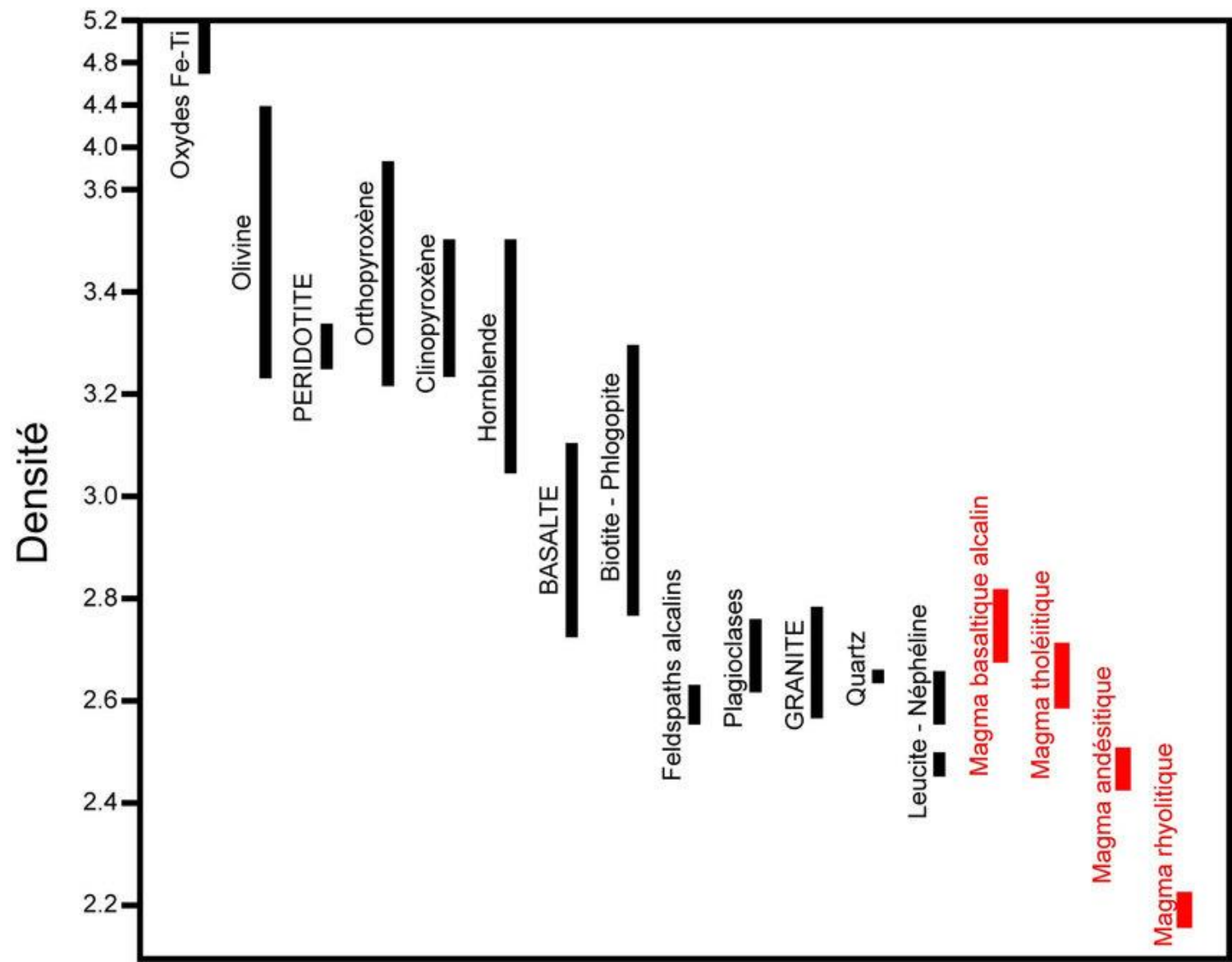
Ne pas confondre clivage et cassure.
Les clivages sont planaires, parallèles et réguliers.
Les cassures peuvent prendre des formes variées
sont aléatoirement réparties dans le minéral.

Certaines cassures sont caractéristiques pour
certains minéraux, comme les cassures
conchoïdales dans le quartz ou l'obsidienne.



Première activité : identification des minéraux

Densité



Première activité : identification des minéraux

Effervescence

Reaction à l'HCl – Détermination de la calcite



La réaction entre la calcite et l'HCl produit un dégagement de CO₂ facilement détectable.

Cela est un test très facile pour détecter la présence de ce minéral abondant à la surface du globe

Réaction :



(Remarque: la dolomite, CaMg(CO₃)₂, réagit également, mais uniquement si l'on réduit le minéral en poudre, ce qui augmente la surface de réaction)

Première activité : identification des minéraux

Travail à réaliser

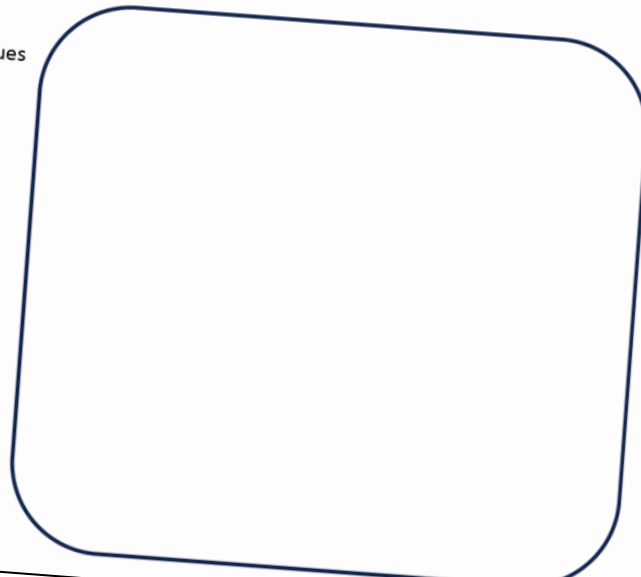
- Choisir deux minéraux, dont un silicaté, dans la collection de minéraux à disposition
- Remplir le tableau de description du minéral sans oublier de noter le nom du minéral dans la case correspondante
- Faire un dessin du minéral montrant ces caractéristiques spécifiques (macles, clivages, etc.)

Décrire deux minéraux appartenant à la collection à disposition – un des minéral doit être un silicate . Pour cette description, utiliser la liste de paramètres ci-dessous, sachant que tous les paramètres ne sont pas forcément applicables.

Nom du Minéral 1: _____

- Forme du minéral/*habit* :
- Couleur/*color* :
- Transparence/*transparency* :
- Eclat/*luster* :
- Macle/*twinning* :
- Clivage(s)/*cleavage* :
- Dureté/*hardness* :
- Réaction à l'acide (HCl) :

Réaliser un schéma annoté présentant les caractéristiques spécifiques du minéral.



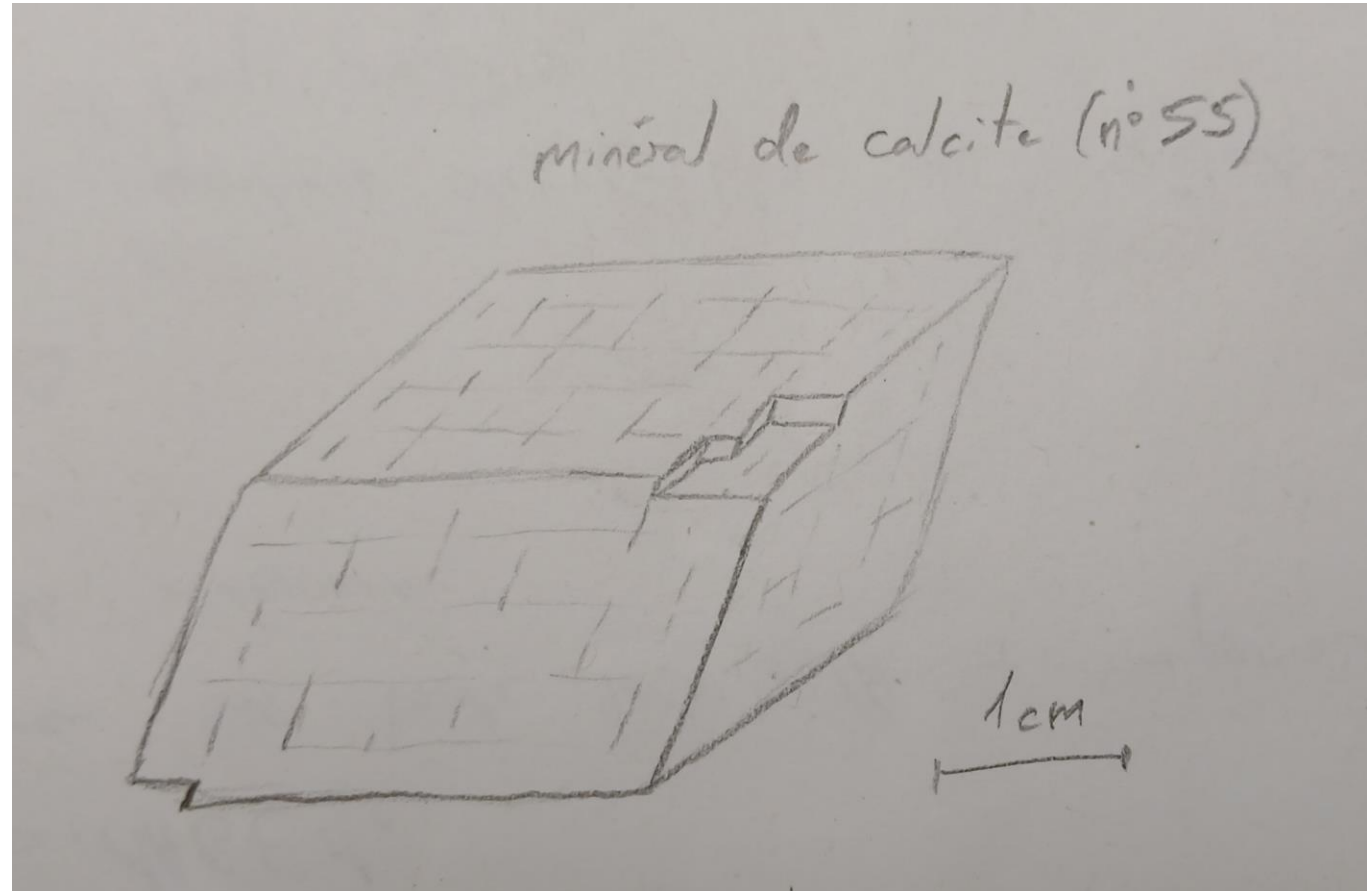
Première activité : identification des minéraux

Travail à réaliser

Un dessin d'observation doit contenir :

- titre (avec le nom et numéro du minéral)
- échelle
- les caractéristiques principales de chaque minéral observable (forme, macles, clivages, ...)

Pas de trait à la règle.



Première activité : identification des minéraux

Problème

Les minéraux ne présentent que rarement des formes qui permettent de déterminer l'ensemble de leurs propriétés sous forme macroscopique



Cristaux de quartz qualité *Gem*



Quartz dans un gneiss en association avec des feldspaths alcalins, du plagioclase et des micas noirs (biotite)

Première activité : identification des minéraux

→ Détermination des minéraux en lames minces

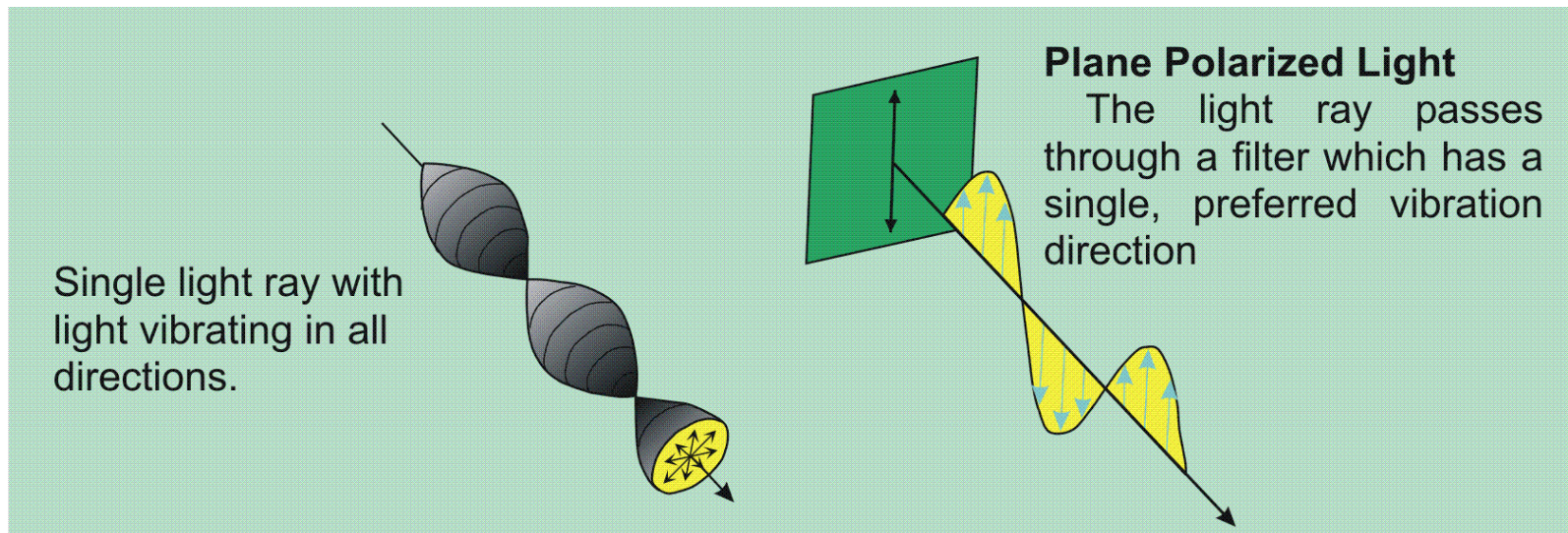


Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

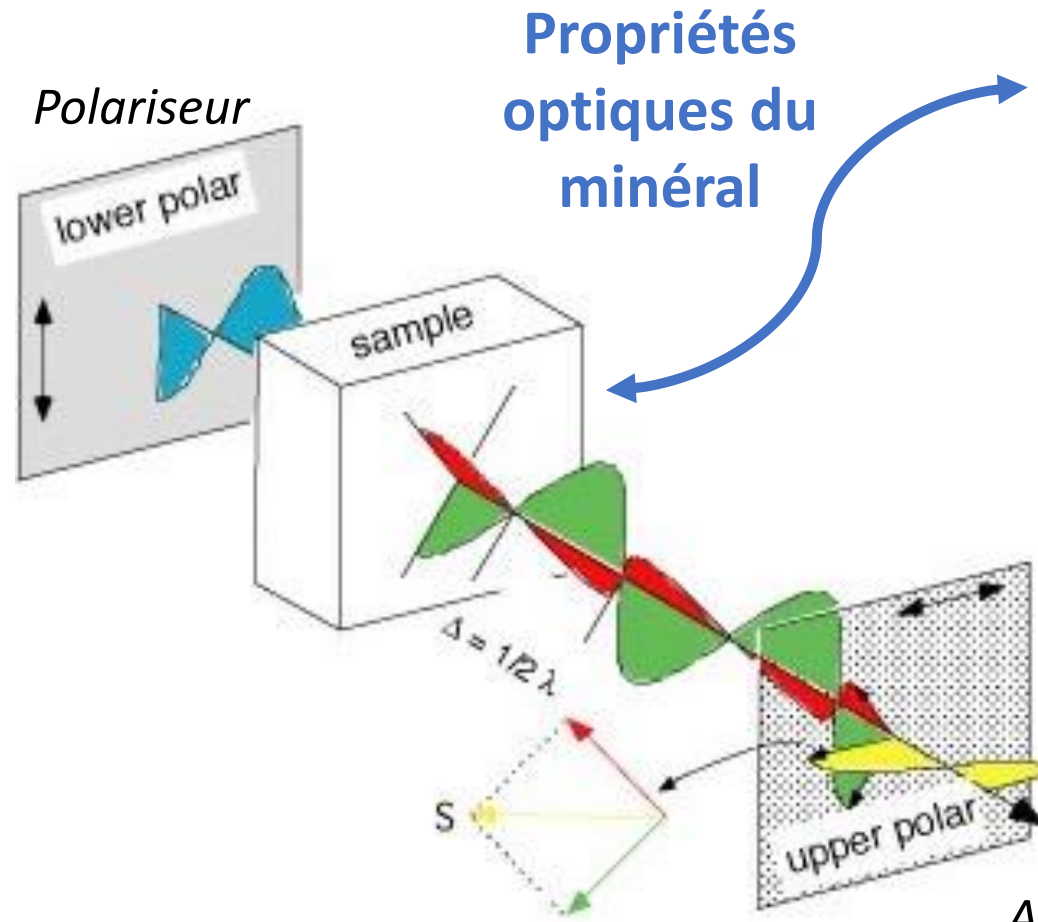
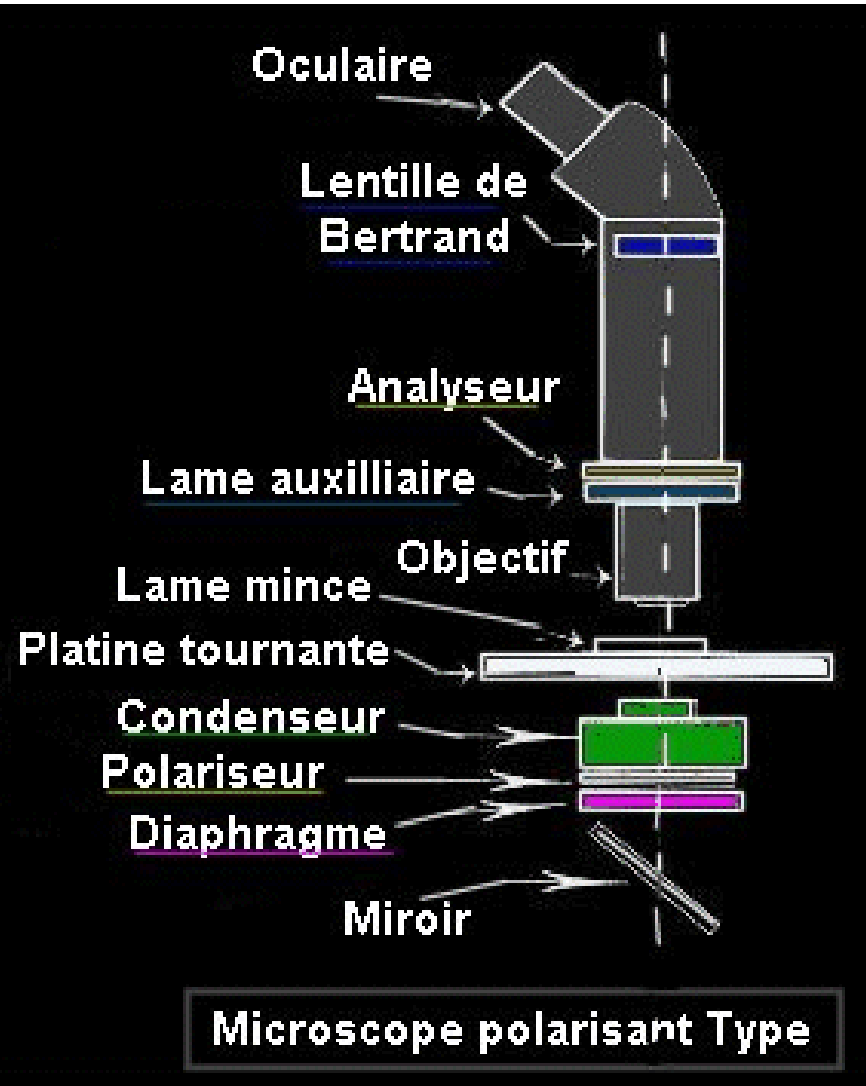
Présentation rapide du microscope polarisant

La **lumière naturelle vibre dans toutes les directions** perpendiculaires à la direction de propagation.

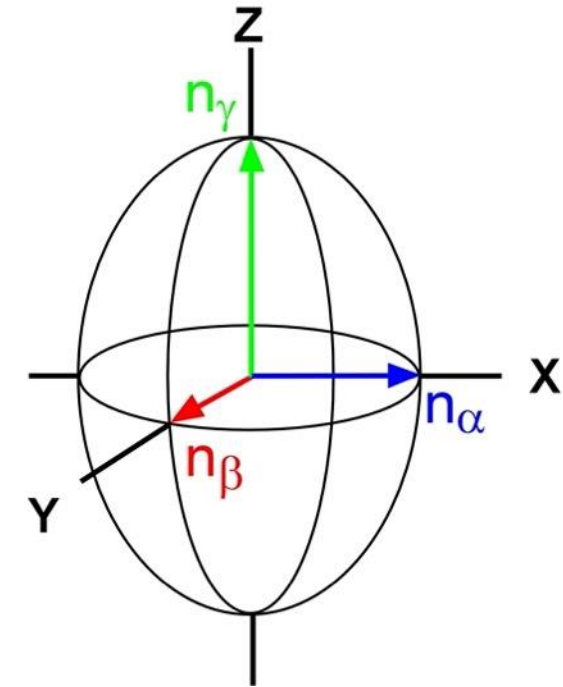
Si la **vibration est limitée à un seul plan**, la lumière est dite **polarisée** et la vibration peut être représentée par une onde simple ("PPL = plane polarized light" en anglais)



Présentation rapide du microscope polarisant



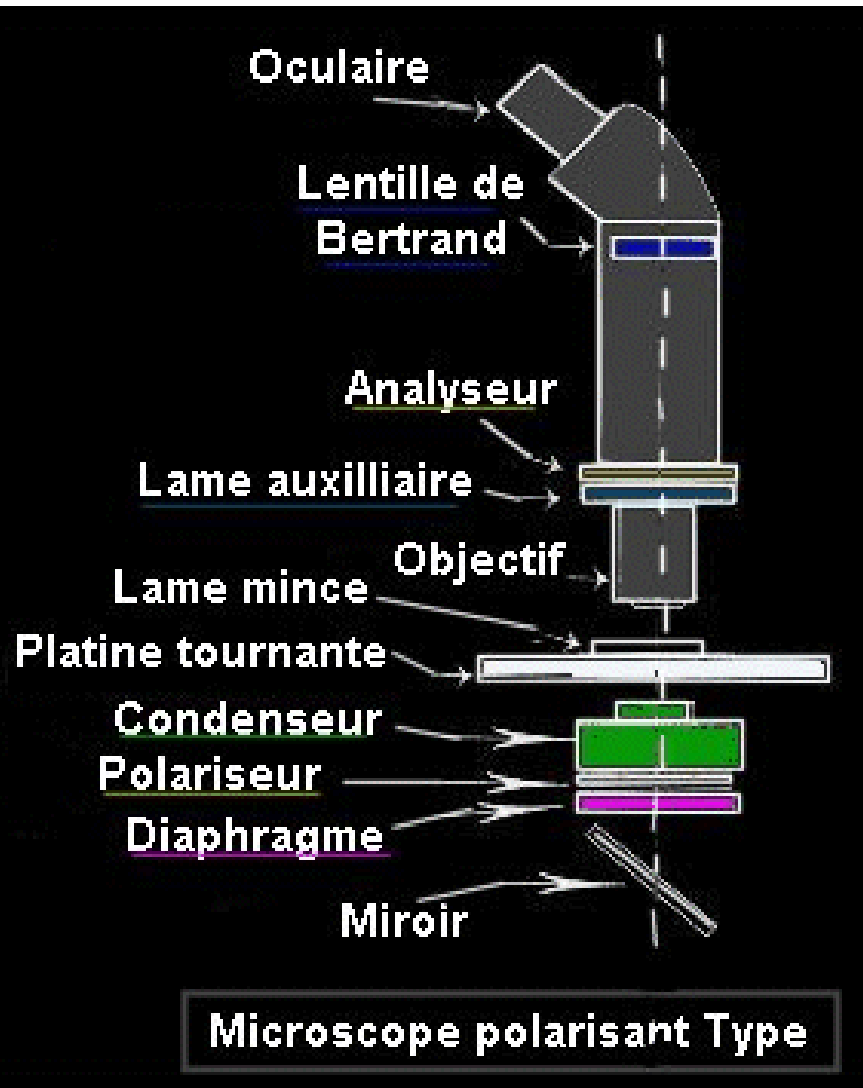
Propriétés
optiques du
minéral



Analyseur
(à 90° du polariseur)

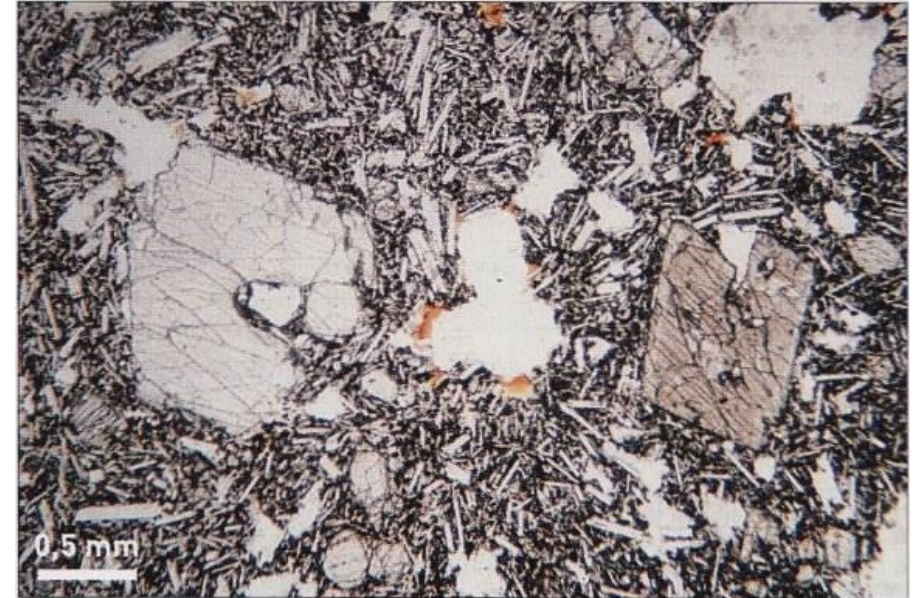
Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Présentation rapide du microscope polarisant



1 polarisateur =
Lumière Polarisé Non
Analysée (LPNA)

(ou lumière naturelle)



2 polarisateurs =
Lumière Polarisé
Analysée (LPA)

(ou lumière analysée)



Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Observations au microscope

LPNA

- Forme
- Couleur et pléochroïsme
- Clivage
- Relief
- ...

LPA

- Teintes de polarisation
- Extinction
- Macles
- ...

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Observations au microscope

LPNA

- Forme
- Couleur et **pléochroïsme**
- Clivage
- **Relief**
- ...

LPA

- **Teintes de polarisation**
- **Extinction**
- Macles
- ...

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

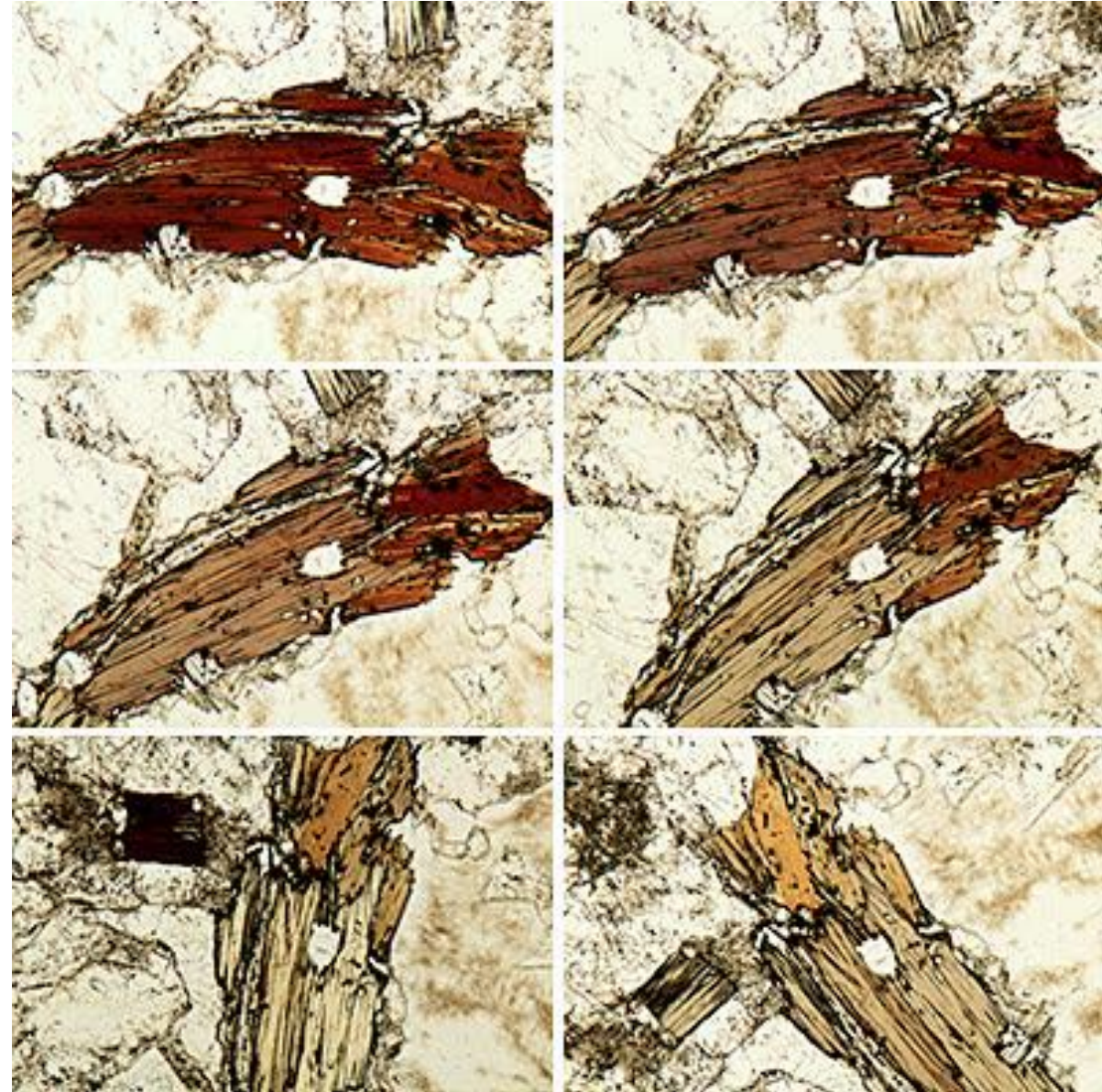
Pléochroïsme (LPNA)

Changement de couleur lorsque l'on tourne la platine entre deux teintes extrêmes.

- description de la couleur par rapport à l'orientation du grain et du polariseur,
- degré du changement de couleur : pléochroïsme faible, moyen, fort.

Exemple : ce minéral

- est brun foncé quand les clivages sont parallèles au polariseur et
- brun pâle quand il est orienté perpendiculairement au polariseur.

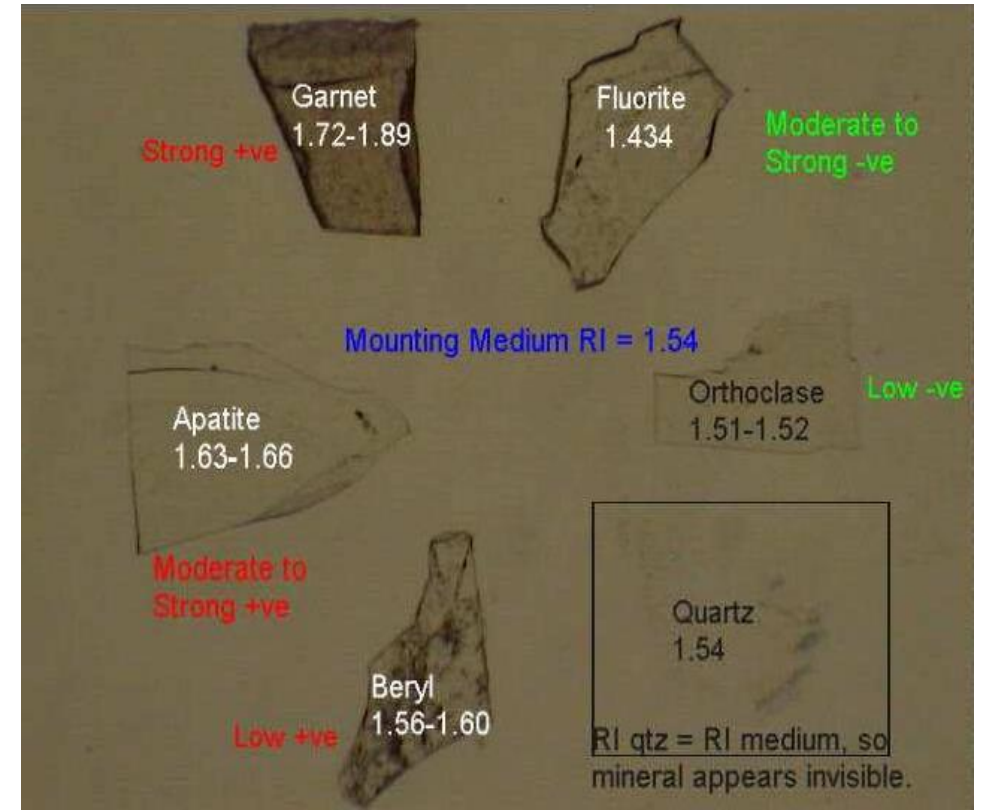


Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Relief (LPNA)

Correspond à l'épaisseur des contours du minéral.

Dépend de l'indice de réfraction.



Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

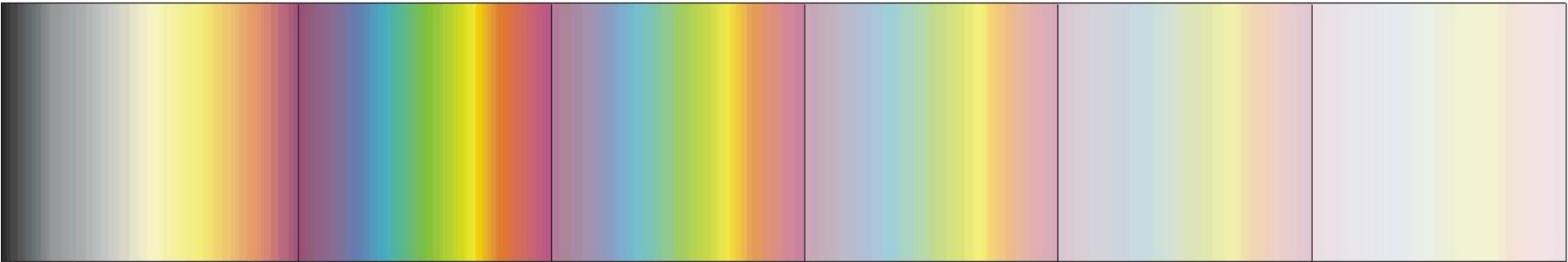
Teintes de polarisation (LPA)

Dépend de la différence de vitesse de propagation de la lumière en fonction des axes optiques du minéral, ce qui dépend du système cristallin et de l'orientation du minéral.

Interference Colors and Birefringence

Chlorite	Epidote	
Orthopyroxene	Hornblende	Olivine
Feldspars	Clinopyroxene	Biotite
Quartz	Sillimanite	Muscovite

Titanite
Calcite
Dolomite

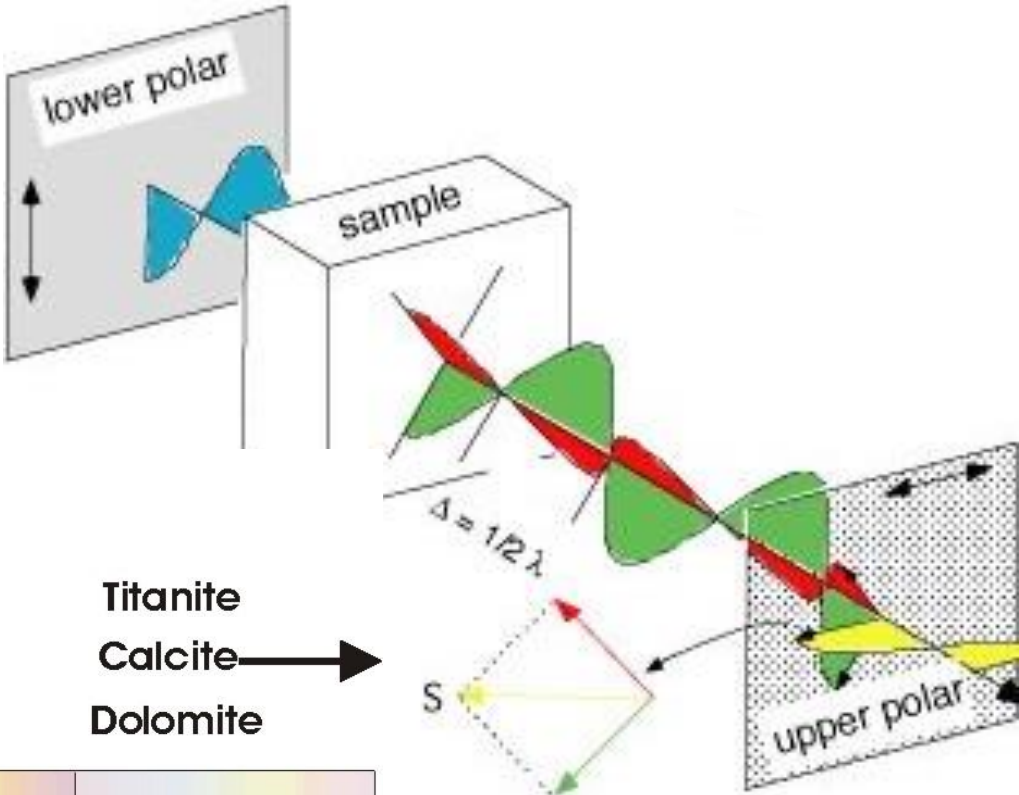


Increasing birefringence →

1st order 2nd order 3rd order 4th order 5th order 6th order

Order of interference colors

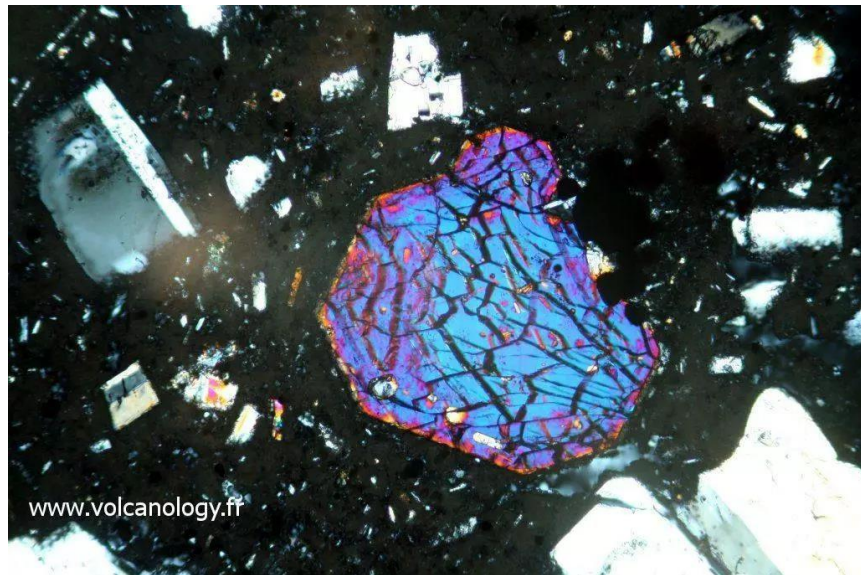
Polariseur



Analyseur
(à 90° du polariseur)

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Teintes de polarisation (LPA)

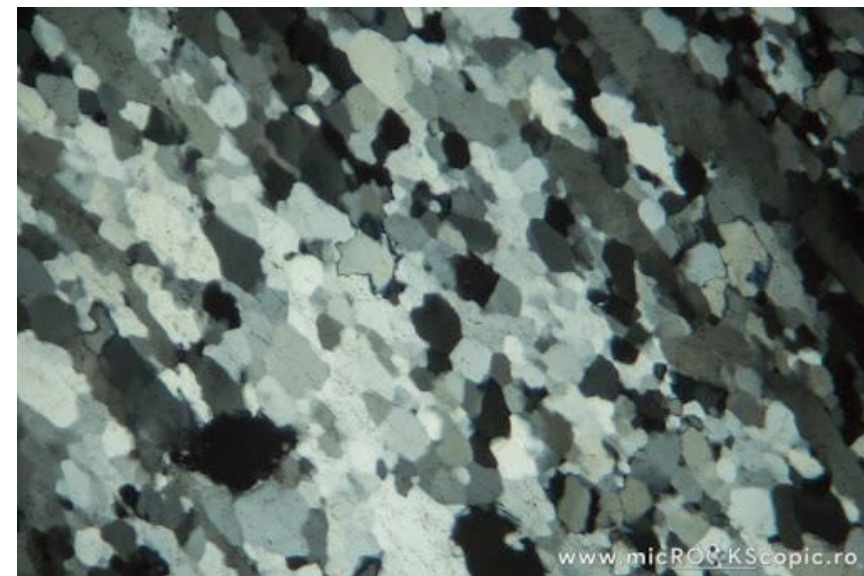


2^{ème} ordre :

Teintes vives bleu, jaune, rouge, verte, ...

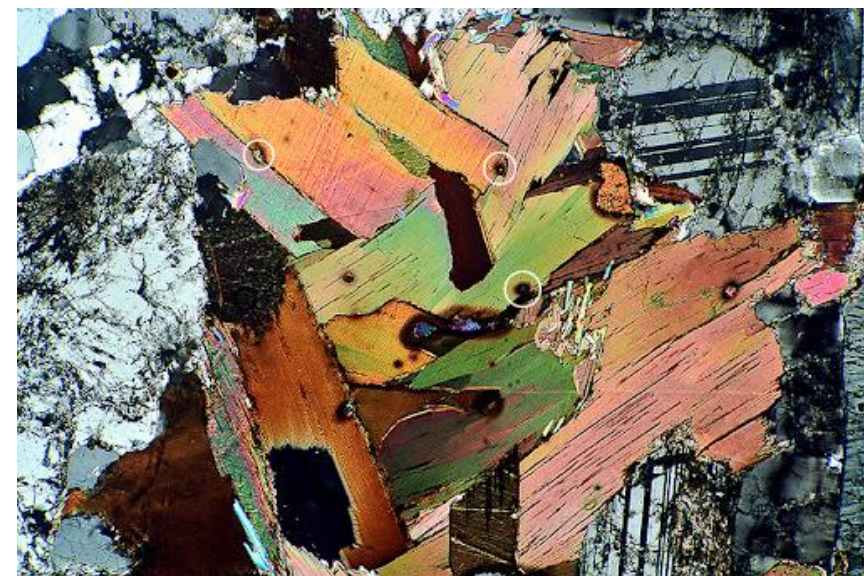
1^{er} ordre :

Teintes blanche, grises, noires, jaune pâle, ...



3^{ème} ordre :

Teintes 'pastels' rose, verte, brune, ...

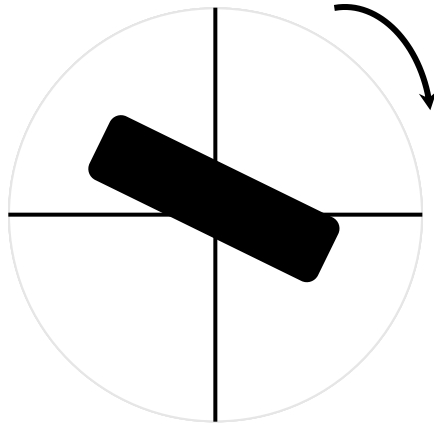


Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Exctinction

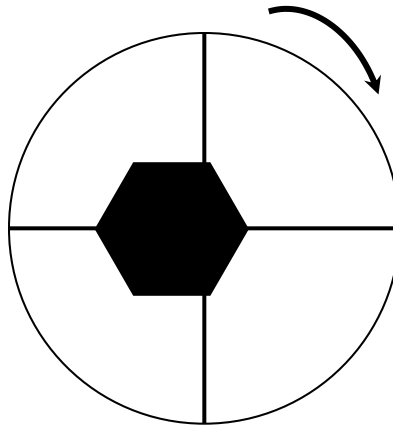
Lorsqu'on utilise la platine tournante :

La plupart des grains change de teinte quand la platine tourne;
ces grains deviennent noir 4 fois lors d'une rotation de 360° tous les 90°



Ces minéraux sont
dits **anisotropes**

Le verre et quelques grains restent
noir dans toutes les orientations

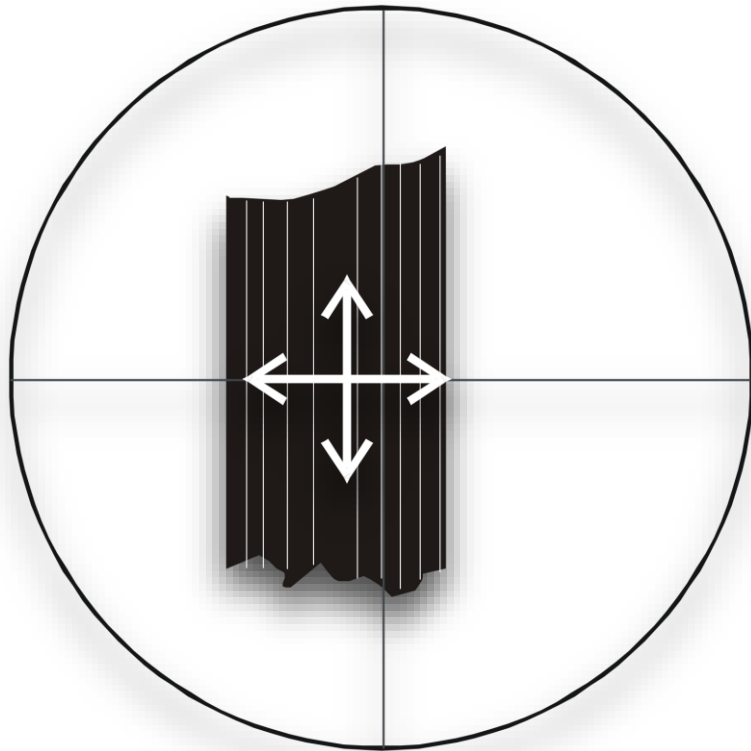


Ces minéraux
sont dits
isotropes

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

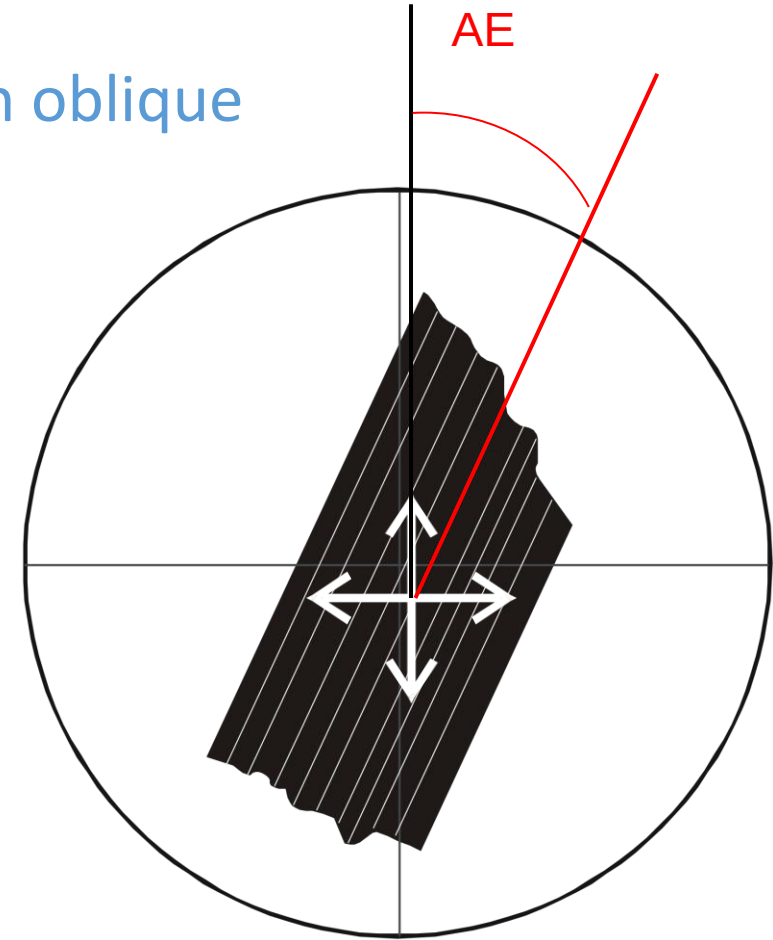
Extinction

Extinction droite



$$AE = 0^\circ$$

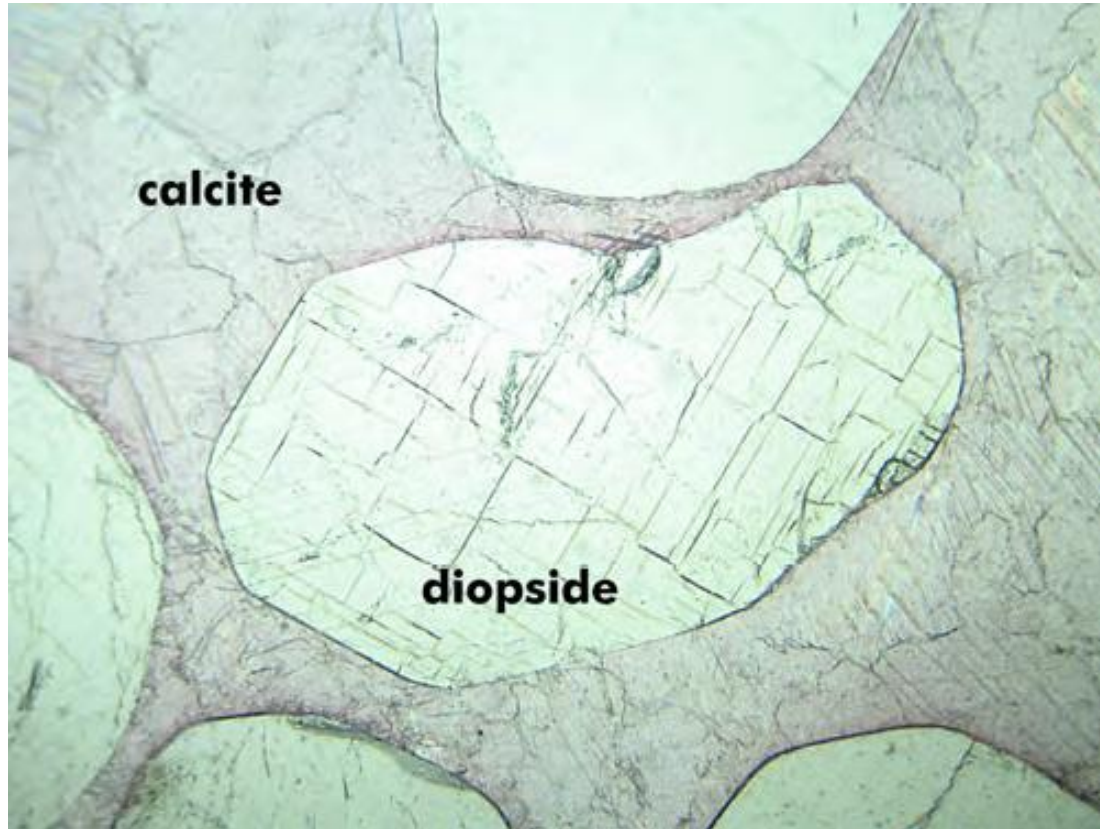
Extinction oblique



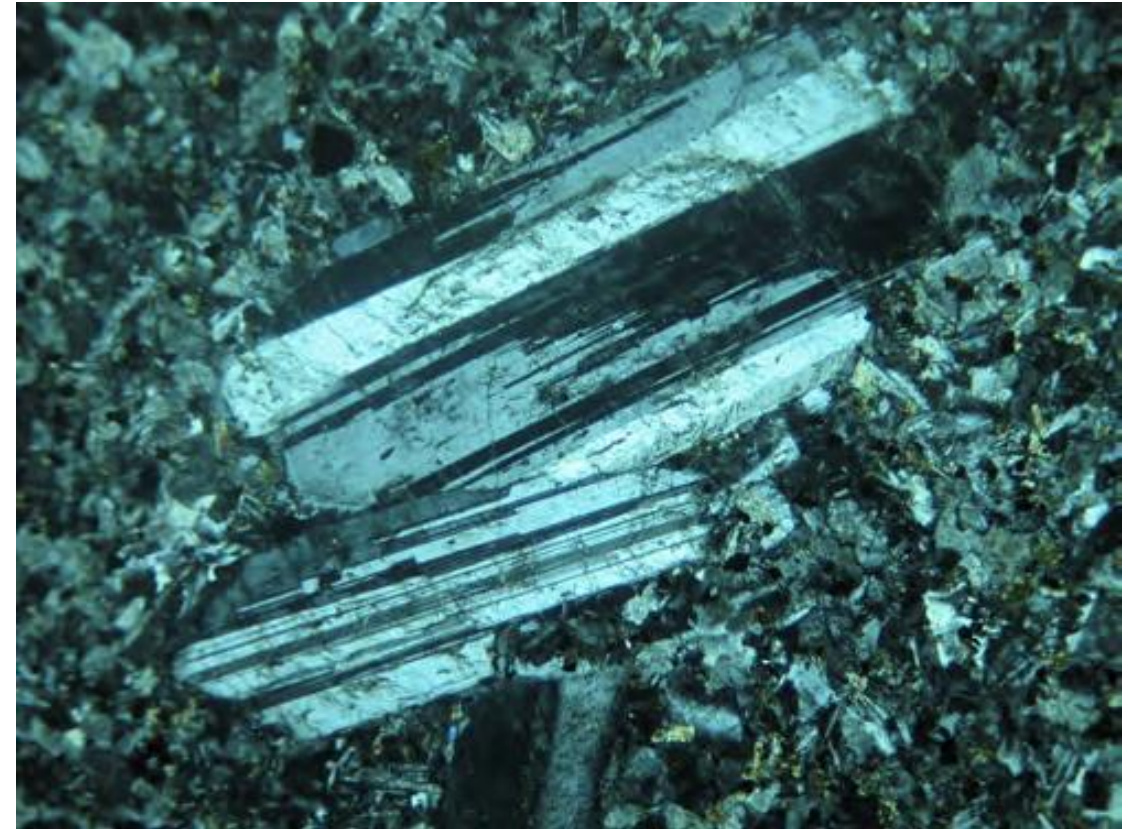
$$AE = XX^\circ$$

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Les macles et clivages



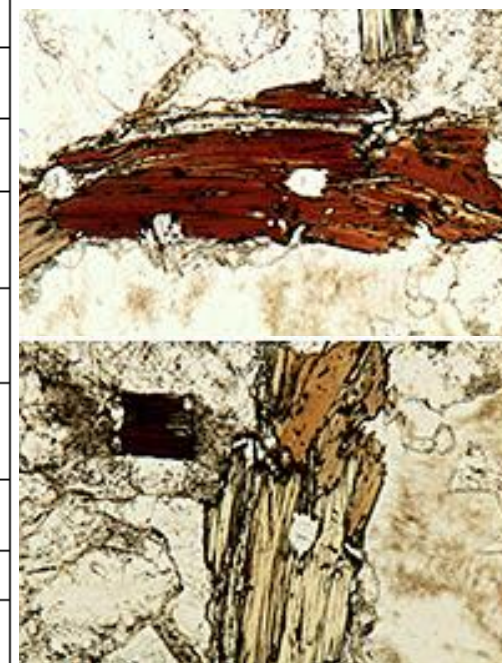
Section de diopside (pyroxène) montrant la trace de deux clivages à 90° (LPNA)



Macles polysynthétiques dans des cristaux de plagioclase (LPA)

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

MINERAL	LUMIERE POLARISEE NON ANALYSEE					LUMIERE POLARISEE ANALYSEE		
	FORME	RELIEF	COULEUR ET PLEOCHROISME	ALTERATION INCLUSION	CLIVAGE	TEINTES DE POLARISATION	EXTINCTION	MACLE
CHLORITE	Tablette ou fibres en rosette	Faible 1.54-1.58	Faible, incolore à vert pléochroïque (vert : Fe, incolore : Mg)	Oxydes de fer dans les clivages	Un clivage (sections parallèles)	Teintes sombres du début du 1 ^{er} ordre 0.00-0.009	Droite	Non
EPIDOTES (dont zoïsite)	Prisme ou fibre	Fort 1.70-1.80	Incolore à jaune parfois pléochroïque	---	Un clivage net (sections parallèles)	Variables (bleu, gris, jaune) "manteau d'arlequin" 0.015-0.051	Variable	Non
ACTINOTE (amphibole verte)	Baguette, tabulaire	Moyen 1.62-1.70	Incolore à vert pale pléochroïque (faible)	---	Deux clivages ($\pm 120^\circ$)	Vert du 2 ^{ème} ordre 0.016-0.024	Oblique 11-17° (section longitudinale)	Fréquentes
HORNBLENDE (amphibole verte à brune)	Prisme ou aiguille	Moyen 1.64-1.71	Incolore, verte ou brune pléochroïque	Altération en chlorite, épidote, calcite etc	Deux clivages ($\pm 120^\circ$) sur les sections transversales	Fin du 1 ^{er} ordre et début du 2 ^{ème} 0.014-0.026	Oblique 15-27° (section longitudinale)	rare
GLAUCOPHANE (amphibole bleue)	Prisme ou aiguille	Moyen 1.61-1.67	Incolore à bleu pléochroïque	---	Deux clivages ($\pm 120^\circ$) sur les sections transversales	1 ^{er} ordre à début 2 ^{ème} ordre 0.013-0.021	Oblique 3-7° (section longitudinale)	Non
PYROXENE (ortho et clino)	Prisme	Moyen 1.68-1.69	Incolore, à légèrement pléochroïque rose pale, brun pale	Exsolution fréquente	Deux clivages ($\pm 90^\circ$) sur les sections transversales	Cpx : 2 ^{ème} ordre 0.020-0.025 Opx : 1 ^{er} ordre 0.008-0.009	Cpx : Oblique Opx : droite (section longitudinale) ou oblique (section basale)	Cpx : Fréquentes Opx : non
OLIVINE	Xénomorphes, rarement prismatique	Très fort	Incolore	Souvent fracturé, altération brunâtre (iddingsite)	Non (très rarement visible)	2 ^{ème} ordre 0.035-0.052	Droite (section longitudinale) ou oblique (section basale)	Non
MUSCOVITE	Tabulaire	Moyen 1.55-1.62	Incolore, limpide	---	Un clivage net	Vives du 2 ^{ème} ordre 0.035-0.055	Droite	Non
BIOTITE	Tabulaire	Moyen 1.56-1.65	Brun pléochroïque	Inclusions fréquentes (zircon, apatite)	Un clivage net	Vives du 2 ^{ème} ordre 0.040-0.055	Droite	Non
GRENAT	Globuleux	Très fort 1.7-2.0	Incolore	Craquelures	Non	Éteint (isotrope)	Éteint (isotrope)	Non
STAURITIDE	Prisme automorphe	Fort 1.74-1.76	Jaune pléochroïque	Fréquemment altéré en mica	Peu visible	Jaune du 1 ^{er} ordre 0.012-0.015	Droite (section longitudinale)	Non
DISTHENE (KYANITE)	Prismatique allongé ou aplati	Fort 1.72-1.73	Incolore	---	Deux clivages à 74° (sections perpendiculaires)	Jaune fin 1 ^{er} ordre 0.012-0.016	Oblique 0 à 30°	rare
SILLIMANITE	Prisme allongé ou fibre en rosette	Fort 1.66-68	Incolore	---	Un clivage net (sections perpendiculaires)	Teintes du début du 2 ^{ème} ordre 0.020-0.023	Droite (section longitudinale)	Non
ANDALOUSITE	Prisme automorphe	Moyen 1.63-1.64	Incolore parfois pléochroïque dans les roses	Inclusions charbonneuses (chiastolite)	Deux clivages à 90° (sections perpendiculaires)	Gris blanc, jaune fin 1 ^{er} ordre 0.009-0.011	Droite (section longitudinale)	Non
CORDIERITE	Xénomorphes globuleuses ou poecilitiques	Faible 1.53-1.57	Incolore à coloration bleutée (fraîche) ou brun-jaunâtre (altérée) pléochroïque	Auréole pléochroïque jaune autour des zircons	Clivages possibles mais rares	Blanc à jaune du 1 ^{er} ordre 0.009-0.016	Non déterminable	Polysynthétiques biseautées et répétées à 120°.



Forme tabulaire

Relief moyen/fort

1 clivage bien visible

Couleur brune et pléochroïsme

Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

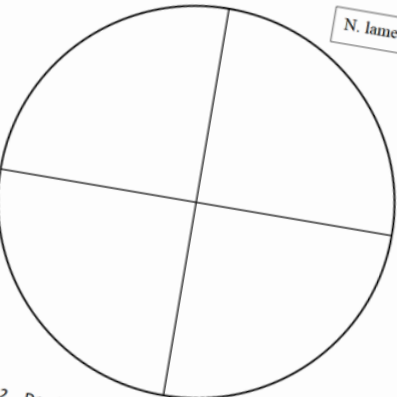
Travail à réaliser

- Observer les différentes lames à disposition et identifier les 4 minéraux principaux (sans les nommer)
- Faire un dessin d'une section de minéral montrant un ou des clivages
- Faire un second dessin montrant un cristal de feldspath caractérisé par la présence de macles polysynthétiques

Partie 2 : observations au microscope

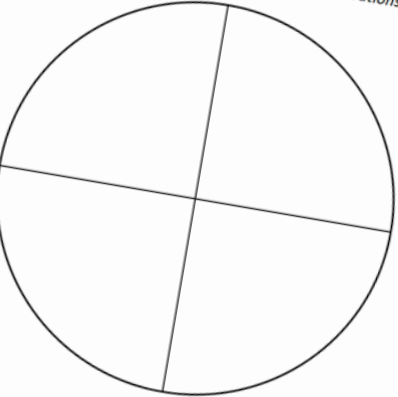
1. Dessiner un cristal montrant des clivages bien marqué appartenant soit à la famille des micas, soit à la famille des inosilicates (pyroxène ou amphibole).
Information : observations à faire en lumière naturelle

N. lame mince:



2. Dessiner un cristal de plagioclase montrant des macles polysynthétiques bien marquées.
Information : observations à faire en lumière polarisée

N. lame mince:



3

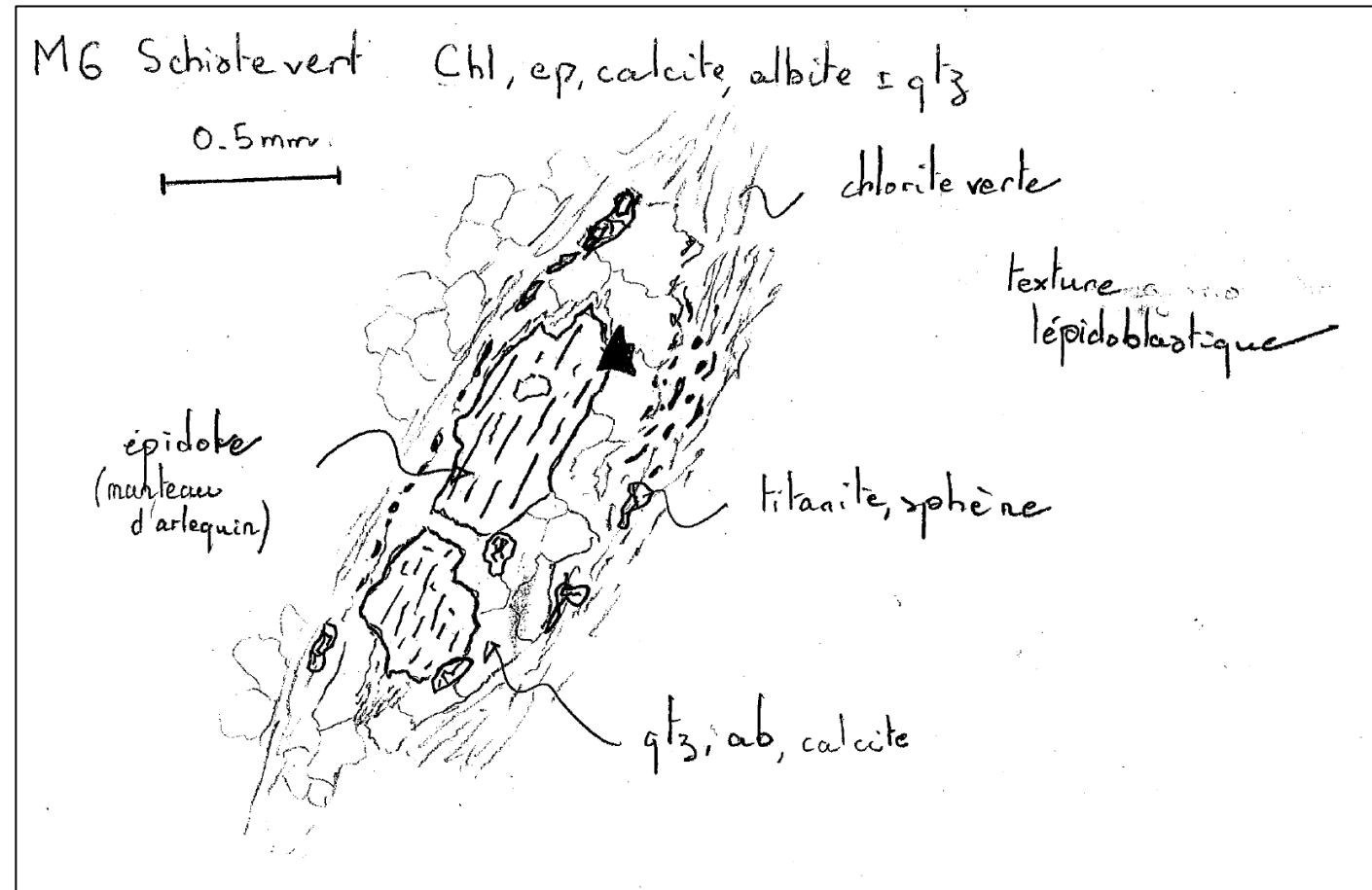
Deuxième activité : identification des minéraux en lame mince

Travail à réaliser

Dessin d'observation doit contenir :

- titre (avec le nom de la lame mince et de la roche)
- échelle et le grossissement de l'objectif
- les caractéristiques principales de chaque minéral observable (reliefs, macles, clivages, inclusions, ...)
- la texture et la structure de la roche

Attention à ne pas laisser de « vide » entre vos minéraux.



Troisième activité : identification des roches

Objectif d'identification des minéraux → identifier les roches

Magmatiques

Sédimentaires

Métamorphiques

Troisième activité : identification des roches

Magmatiques

Roches issues d'un magma

*Refroidissement lent
(en profondeur)*

**Roches
plutoniques**



Les minéraux ont le temps de cristalliser
→ minéraux macroscopiques,
pas de matrice entre eux

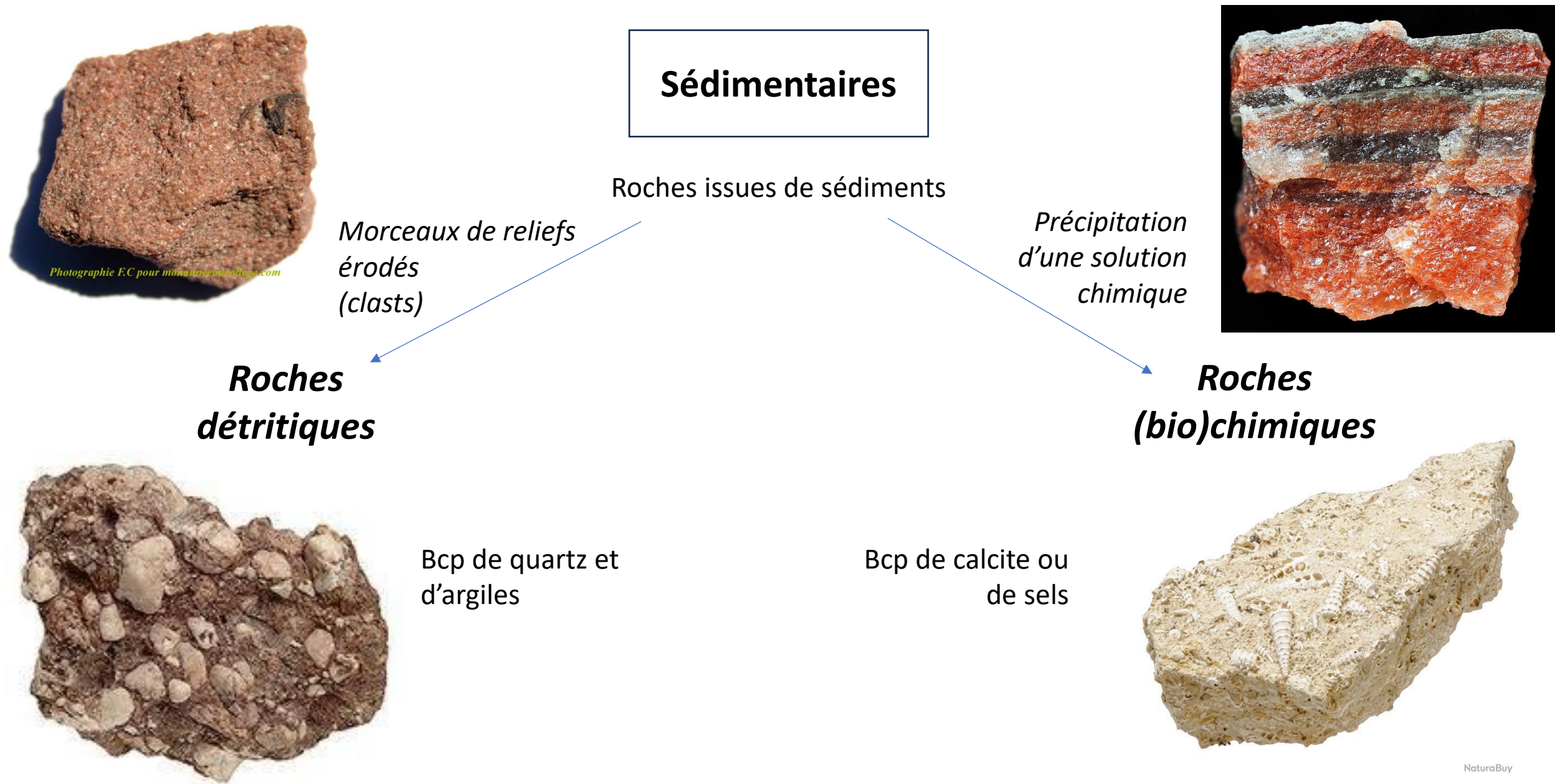
Refroidissement rapide (en surface)

**Roches
volcaniques**



Les minéraux n'ont pas le temps de cristalliser → qq minéraux macroscopiques, matrice entre eux
Bcp de vacuoles

Troisième activité : identification des roches



Troisième activité : identification des roches

Métamorphiques

Roches issues de la recristallisation
d'une ancienne roche

Généralement induit par une
augmentation de la température
et/ou de la pression

Riches en minéraux
métamorphiques (grenat,
sillimanite, staurotide, etc ...)

Souvent déformés (foliations,
linéations et plis)



Troisième activité : identification des roches

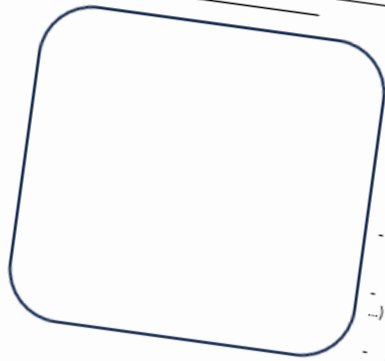
Travail à réaliser

Décrire et dessiner les 4 roches devant vous.

Sur la base de vos observations, proposer à quel type de roche elles appartiennent.

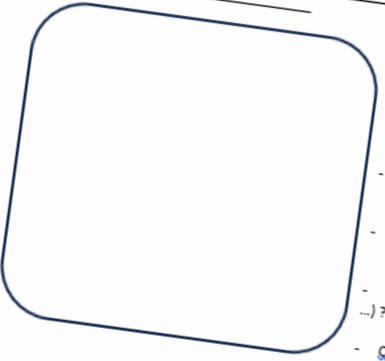
Activité 3 : Classification des roches

Roche 1 : _____



- minéraux visibles ? :
- Clastes ? :
- Matrice ? :
- Fossiles ? :
- Déformation (foliation, linéation, ...) ? :
- Calcite ? Quartz ? Sels ? :

Roche 2 : _____



- minéraux visibles ? :
- Clastes ? :
- Matrice ? :
- Fossiles ? :
- Déformation (foliation, linéation, ...) ? :
- Calcite ? Quartz ? Sels ? :