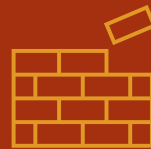


TP-ST-B LES GRANDES FAMILLES DE ROCHES



OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Objectifs	Capacités attendues
<ul style="list-style-type: none">- Analyse de la carte géologique de la France au 1/1 000 000^{ème}- Diagnose de roches	<ul style="list-style-type: none">- Identifier macroscopiquement quelques roches de la lithosphère : roches magmatiques (basalte, gabbro, granite), roches sédimentaires (calcaires, grès), roches métamorphiques (micaschistes, gneiss) et péridotites, par une analyse macroscopique raisonnée et par l'étude de lames minces.- Identifier à l'œil nu quelques minéraux : olivine, feldspaths (plagioclase et orthose), quartz, mica (biotite et muscovite), amphibole, pyroxènes, grenat, calcite.- Identifier une roche à partir d'une observation au microscope- Emettre des hypothèses sur les conditions de formation d'une roche magmatique, sédimentaire ou métamorphique

4 FAMILLES DES ROCHES DE SURFACE ET SUBSURFACE :



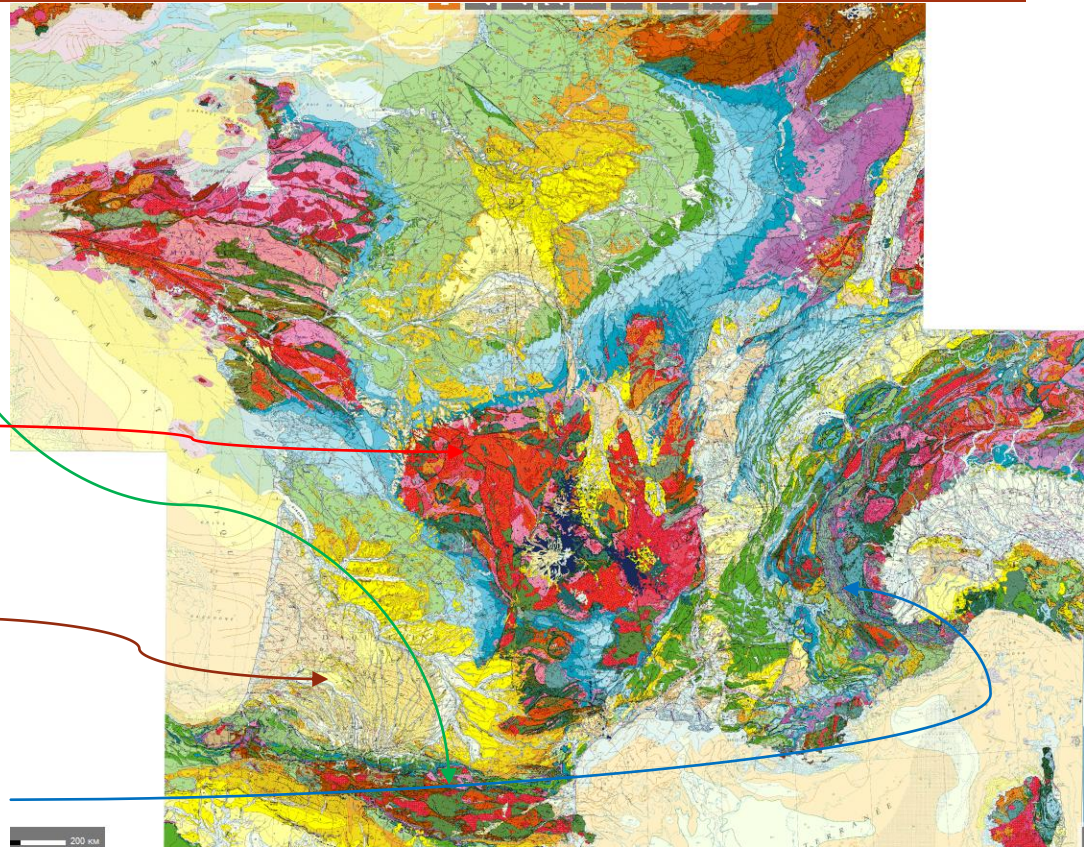
- **Les roches mantelliques**

Péridotite étang de Lers

- **Les roches magmatiques**

- **Les roches sédimentaires**

- **Les roches métamorphiques**



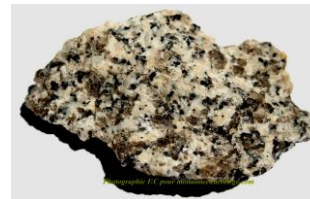
4 FAMILLES DES ROCHES DE SURFACE ET SUBSURFACE :



- **Les roches mantelliques** : périclote.
- **Les roches magmatiques** : issues du refroidissement et de la solidification d'un **magma**, c'est-à-dire d'un liquide de nature **silicatée** provenant de la **fusion partielle** d'une autre roche appelée **roche mère**.
- **Les roches sédimentaires** : issues de l'accumulation de **particules solides** ou de la **précipitation d'ions** en solutions, formant des dépôts organisés en couches horizontales (appelées **strates**) et transformées en roche compacte au cours de processus physiques et chimiques regroupés sous le nom de **diagenèse**.
- **Les roches métamorphiques** : issues de la transformation à l'état **solide** d'une roche préexistante (appelée **protolithe**) consécutive à des variations de pression et/ou de température (et/ou hydratation).



Périclote



Granite



Gabbro



Basalte



Conglomérat



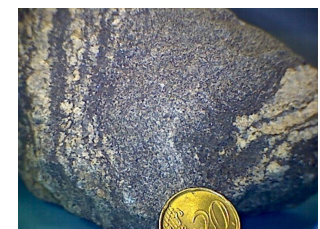
Calcaire à milioles



Calcaire à Cérithes



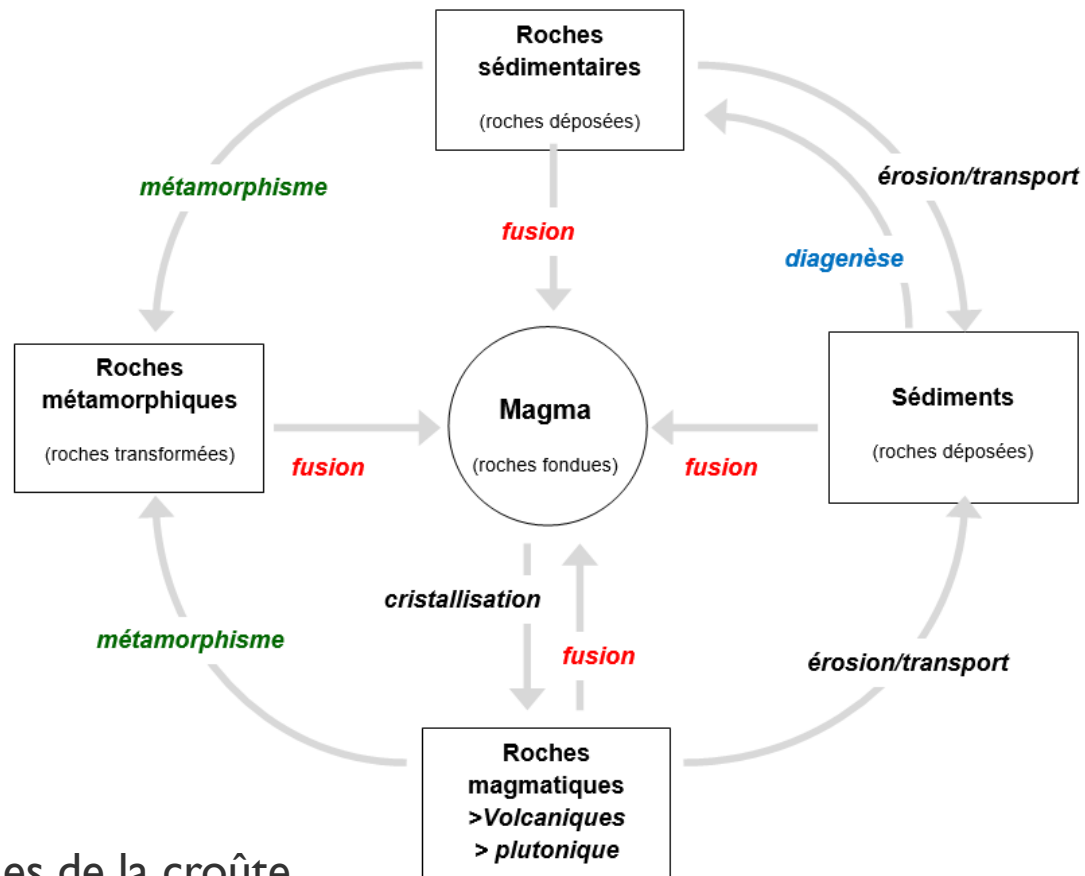
Micaschiste à grenat



migmatite

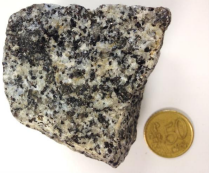


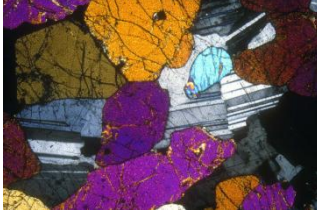



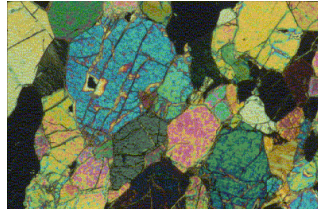


INTRODUCTION

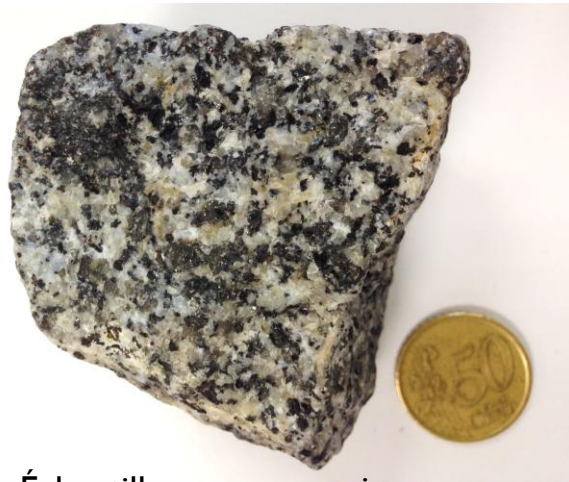


■ Cycle des roches de la croûte

COMPOSITION DES ROCHES OBSERVÉES EN TP

	Échantillons macroscopiques	Structure	Lames minces	minéraux
GRANITE		Grenue = holocristalline		Quartz, feldspaths, qqs micas
GABBRO		Grenue = holocristalline		Phénocristaux de pyroxènes et d'olivine, feldspaths de type plagioclase
BASALTE		Microlithique, avec présence de qqs phénocristaux de pyroxènes		Microcristaux de pyroxènes et d'olivine, feldspaths de type plagioclase + verre sombre
PERIDOTITE		Entièrement cristallisée, cristaux d'olivine et de pyroxène		Phénocristaux de pyroxènes et d'olivine

IDENTIFICATION DU GRANITE



Échantillon macroscopique

Mica noir
(biotite)

MOX40 LPA

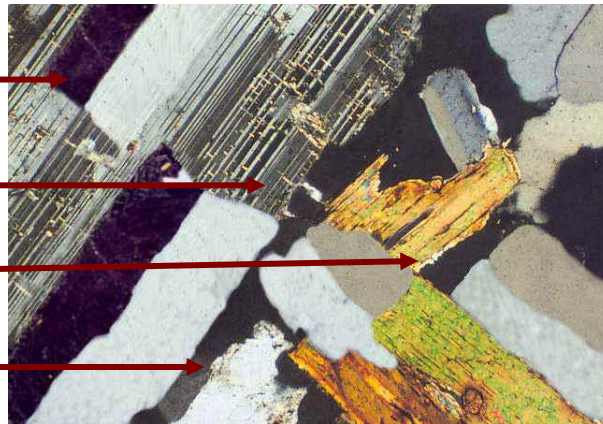


Feldspaths
(alcalins)

Feldspaths
(plagioclases)

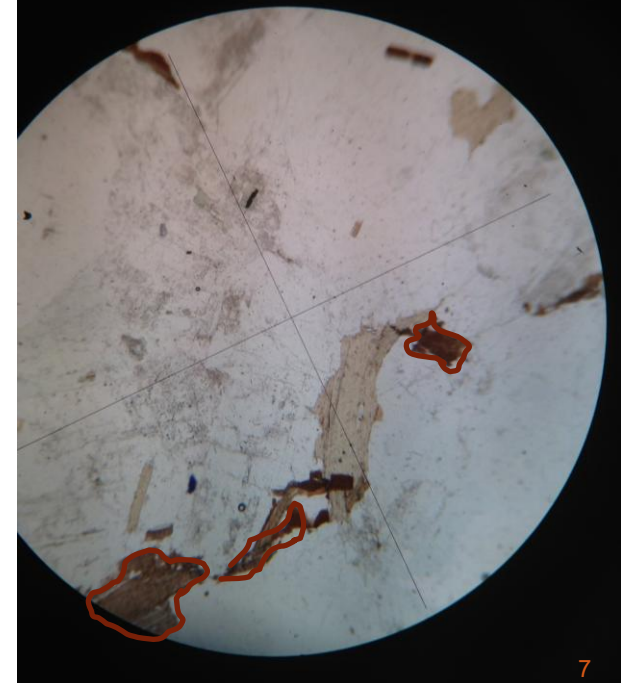
mica

Quartz



Lame mince au MO LPA

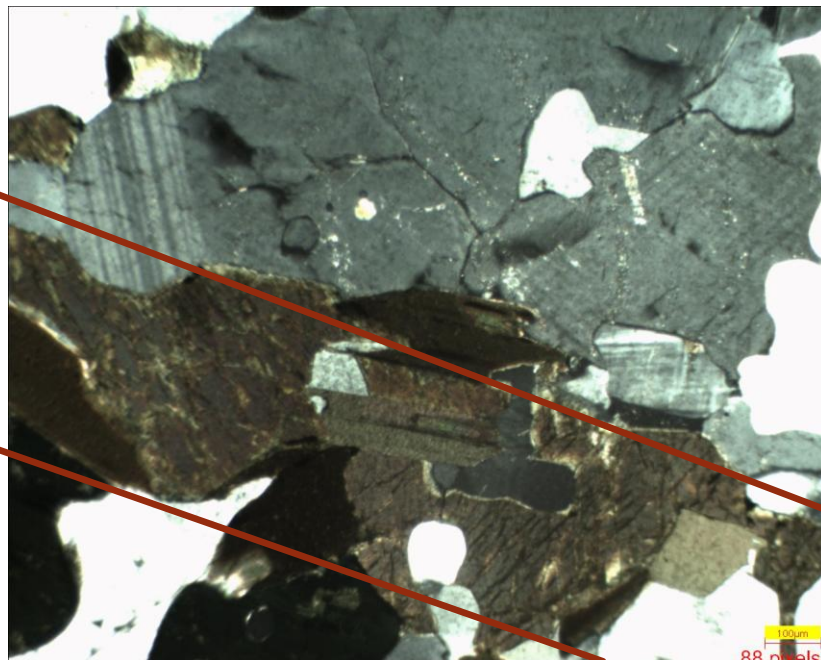
MOX40 LPNA



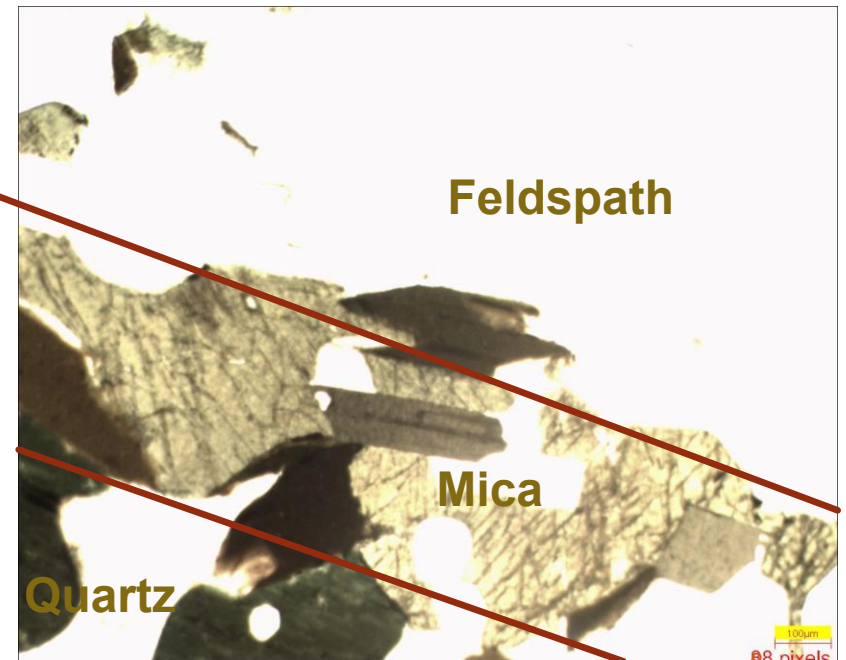
IDENTIFICATION DU GNEISS



Échantillon macroscopique



MOX100 LPA



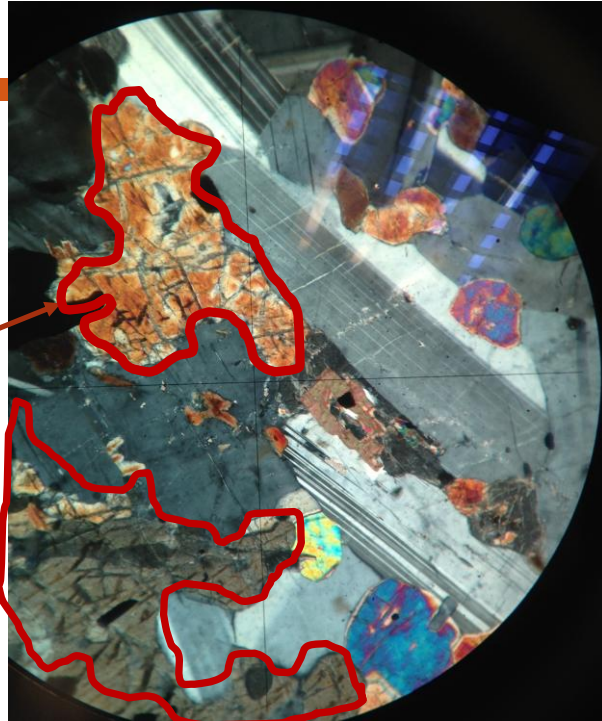
MOX100 LPNA

IDENTIFICATION DU GABBRO



Échantillon macroscopique

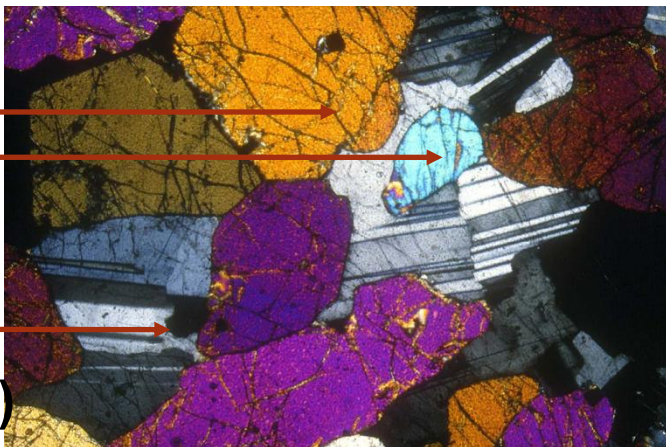
pyroxènes



MOX40 LPA

pyroxène
olivine

Feldspath
(plagioclase)



Lame mince au MO LPA

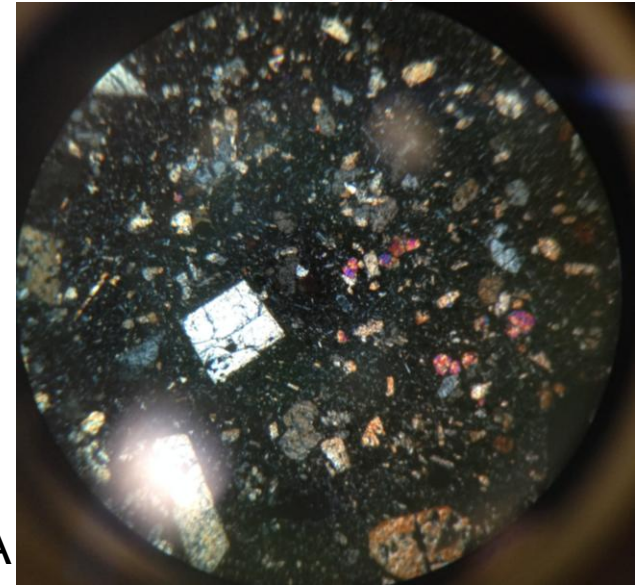


MOX40 LPNA

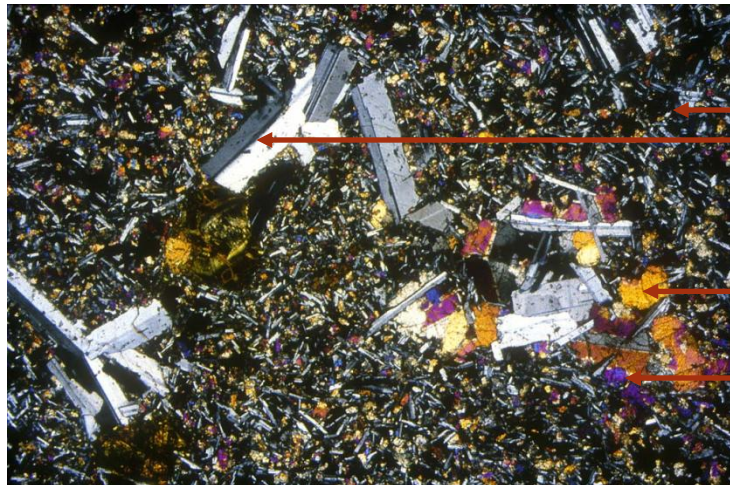
IDENTIFICATION DU BASALTE



Échantillon macroscopique



MOX40 LPA



- verre
- Feldspath (alcalin)
- pyroxène
- olivine

Lame mince au MO LPA



MOX40 LPNA

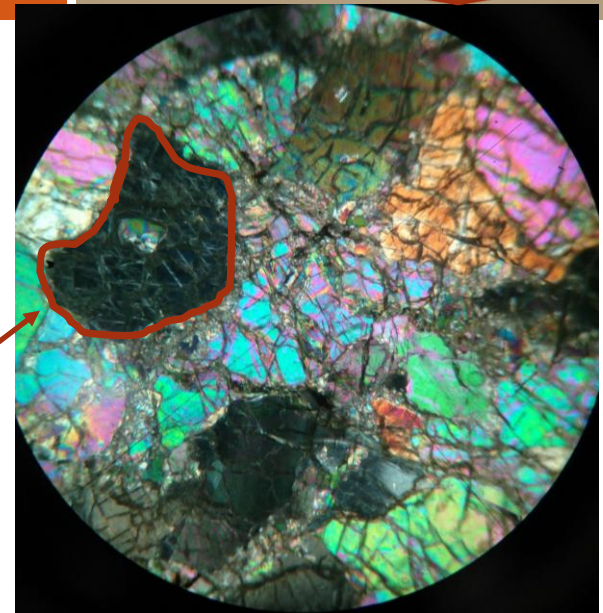
IDENTIFICATION DE LA PÉRIDOTITE



Échantillon macroscopique

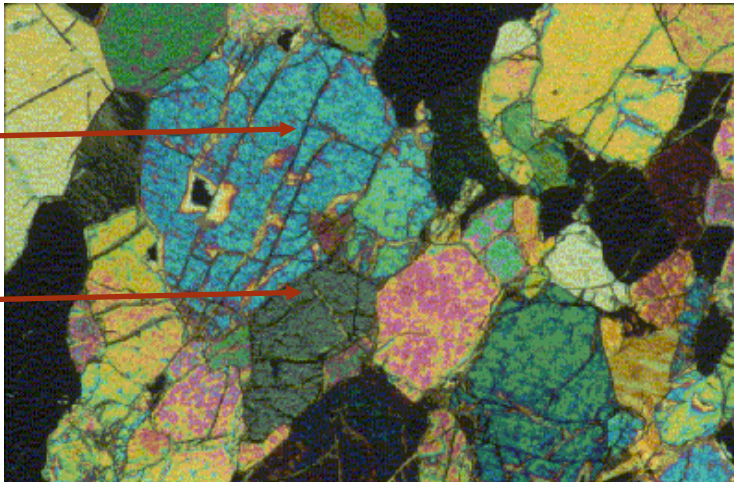
pyroxène

MOX40 LPA



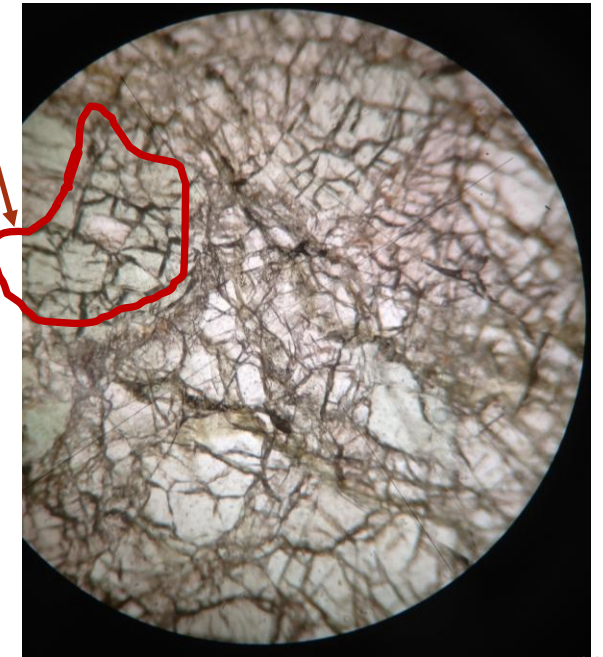
olivine

pyroxène



Lame mince au MO LPA

MOX40 LPNA



I. QUELQUES BASES DE MINÉRALOGIE



- **Cristal**: solide dont les divers atomes sont arrangés de manière régulière selon une disposition fondamentale (la maille élémentaire) dont la translation dans toutes les directions de l'espace dessine le réseau cristallin. Du fait de cet arrangement, les propriétés physiques du cristal varient selon les orientations.
- **Minéral**: espèce chimique naturelle, de **formule chimique homogène**, se présentant le plus souvent sous forme de solide cristallin.
- Les **minéraux silicatés** sont, à la surface de la Terre et en son sein, les minéraux les plus abondants: à eux seuls ils représentent **99%** de la masse et du volume de **l'écorce terrestre** (le reste: minéraux carbonatés CaCO_3 , sels KCl)

Etat amorphe : obsidienne



Etat cristallin : quartz



Enclave de péridotite dans un basalte



orthopyroxène

olivine

clinopyroxène

COMMENT DÉCRIRE UN MINÉRAL?



- **Forme:** géométrie du minéral due à la répétition du système cristallin (cf 7 mailles)
- **Couleur:** lumière perçue par l'œil après absorption de certaines longueurs d'ondes de la lumière blanche par le minéral
- **Clivage:** plans de moindre résistance du cristal (zone de faible densité atomique)
- **Macle:** association de plusieurs individus accolés de même espèce minéralogique
- **Éclat:** pouvoir réflecteur du minéral (éclat métallique, vitreux, gras, soyeux, nacré, ...)
- **Densité:** rapport entre la masse volumique du minéral et la masse volumique de l'eau (dépend de la composition chimique et de l'organisation spatiale des atomes)
- **Dureté:** résistance des minéraux à la rayure (le minéral raye-t-il ou est-il rayé par l'ongle, l'acier de la lame de couteau, le verre?)



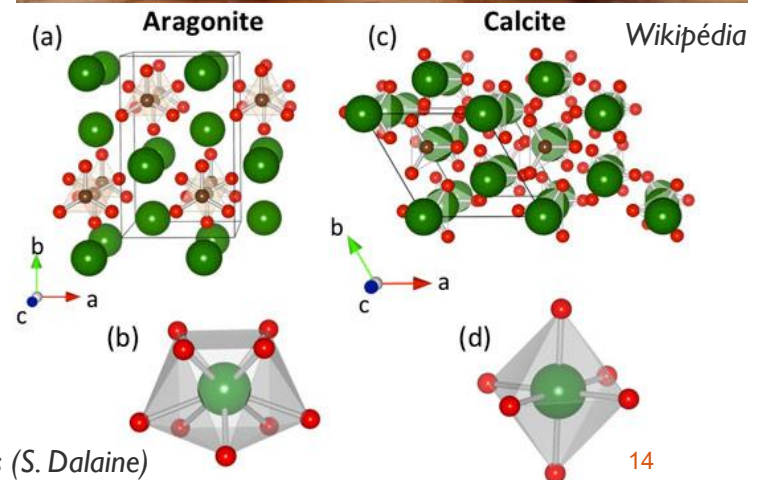
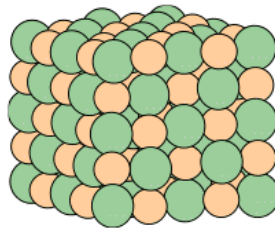
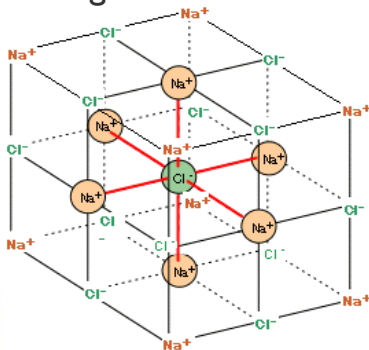
CRISTAL ET MAILLE ÉLÉMENTAIRE

- **Cristal** : solide dont les divers atomes sont arrangés de manière régulière selon une disposition fondamentale (« maille ») dont la répétition dans l'espace dessine le réseau cristallin.

Exemple : halite (sel gemme = NaCl)

- **L'allure de la maille dépend de P et T**

⇒ Il existe plusieurs mailles pour une même formule chimique (Ex CaCO_3 calcite – rhomboédrique ou aragonite – orthorhombique)

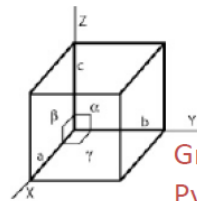


Bientôt Noël?



LES 7 SYSTÈMES CRISTALLINS

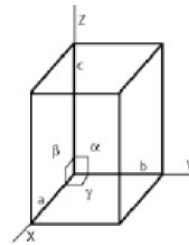
Cubique



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

Grenat,
Pyrite,
Diamant,
Halite, ...

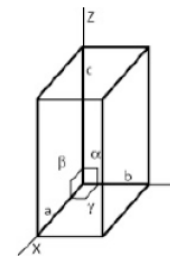
Quadratique



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

Zircon,
Leucite,
Rutile, ...

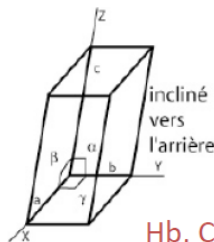
Orthorhombique



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

Olivine, Opx,
Aragonite,
Stibnite, ...

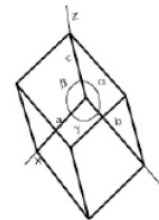
Monoclinique



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

Hb, Cpx,
Staurolite,
Gypse, ...

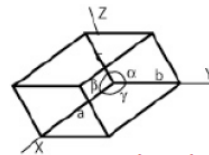
Rhomboédrique



$$a=b=c$$
$$\alpha=\beta=\gamma \text{ tous } \neq 90^\circ$$

Calcite,
Corindon, ...

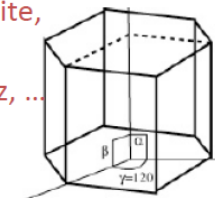
Triclinique



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma$$
$$\text{tous } \neq 90^\circ$$

Pl, Talc,
Disthène, ...

Hexagonal



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

Graphite,
Glace,
Quartz, ...

LES SYSTÈMES CRISTALLINS

Non,
uniquement 7
comme 7 nains



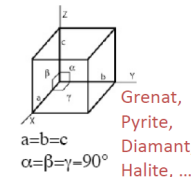
Photographie d'un cristal de couleur rouge sombre.
Le minéral identifié est un **grenat**

Système cristallin: cubique
Formule brute du grenat: $X_3^{2+}Y_2^{3+}[SiO_4]_3^{4-}$



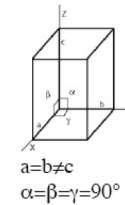
Photographie de 3 cristaux de **disthène**
Le disthène appartient à la famille des nésosilicates, de formule chimique Al_2SiO_5
Système cristallin: triclinique

Cubique



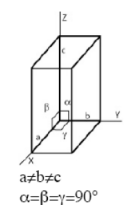
Grenat,
Pyrite,
Diamant,
Halite, ...

Quadratique



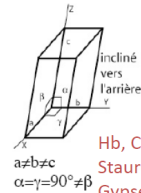
Zircon,
Leucite,
Rutile, ...

Orthorhombique



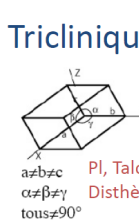
Olivine, Opx,
Aragonite,
Stibnite, ...

Monoclinique



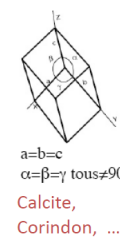
Hb, Cpx,
Staurolite,
Gypse, ...

Triclinique



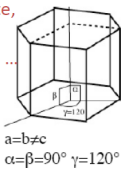
Pl, Talc,
Disthène, ...

Rhomboédrique



Calcite,
Corindon, ...

Hexagonal



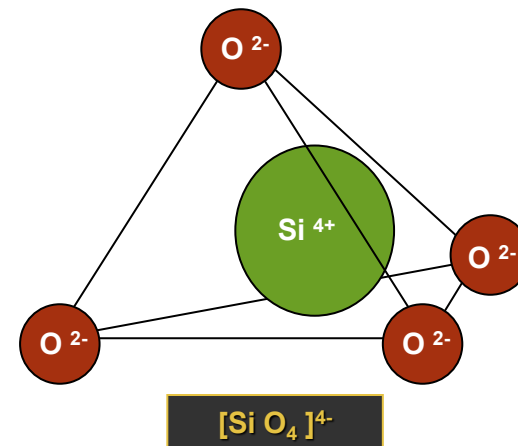
Graphite,
Glace,
Quartz, ...

A. STRUCTURE ET DIVERSITE DES SILICATES

LE TÉTRAÈDRE DE SILICE, ÉDIFICE SILICATÉ



- Les **silicates** sont des **cristaux ioniques**, c'est-à-dire que leurs liaisons inter atomiques sont des **liaisons ioniques**.
- Essentiel de la Terre solide
 - péridotites, basaltes, gabbros contiennent environ 50% de silice
 - granites contiennent environ 70% de silice
- Tétraèdre de coordination **[SiO₄]⁴⁻**
- Parfois silicium (Si⁴⁺) remplacé par un **aluminium (Al³⁺)**
 - ⇒ perte d'une charge positive
 - ⇒ excès de charges négatives compensées par K, Na, Ca = cations compensateurs.



LES MINÉRAUX SILICATÉS, LES PLUS ABONDANTS DE LA CROÛTE ET DU MANTEAU

composition chimique moyenne en oxydes :
les 5 oxydes dominants
(données DSTU - Université de Montpellier2)

Croûte océanique (%)	
SiO ₂	41,7
Al ₂ O ₃	14,2
FeO	11
MgO	12,7
CaO	9,9

Richesse en ferromagnésiens

Croûte continentale (%)	
SiO ₂	61,9
Al ₂ O ₃	15,6
FeO	3,9
CaO	5,7
K ₂ O	2,9

acide

Souviens-toi des granitoïdes peralumineux des orogénèses de collision

Ou du vase de Soissons...

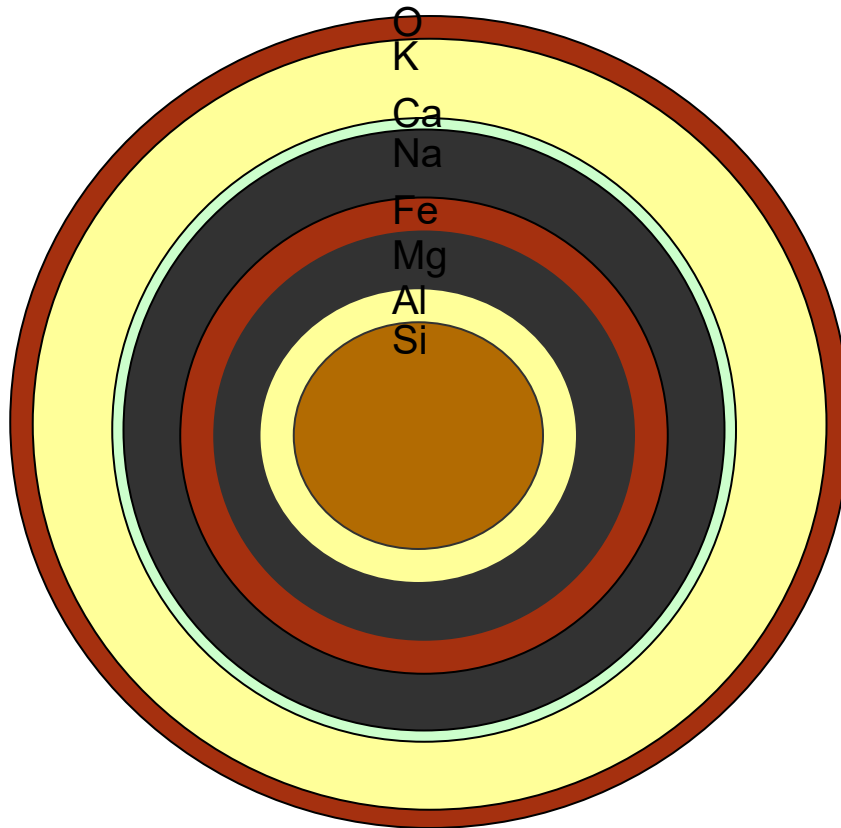


Composition chimique de la croûte océanique et du manteau supérieur (% de masse d'oxydes)

Oxydes	Basalte océanique	Gabbro	Péridotite (ophiolite)
SiO ₂	47.1	49	42.3
TiO ₂	2.3	1.9	0.1
Al ₂ O ₃	14.2	14.2	0.5
FeO	11	7.3	7.1
MnO	0.2	0.2	0.1
MgO	12.7	7	49.6
CaO	9.9	9.4	0.1
K ₂ O	0.4	1.0	0.005
Na ₂ O	2.2	2.7	0.1

Mise en évidence d'éléments incompatibles (avec les réseaux cristallins) donc magmatophiles (**Al, K, Na**)

LA NEUTRALISATION ÉLECTRIQUE DES ÉDIFICES SILICATÉS EST RÉALISÉE PAR DES CATIONS



Rayon ionique($10^{-10}\text{m}=\text{\AA}$)

Si 0,39

Al 0,57

Mg 0,65

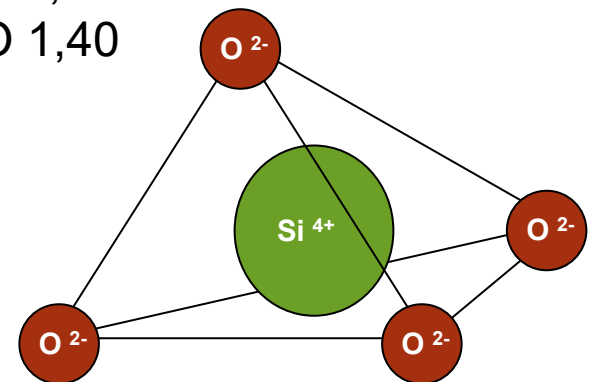
Fe 0,76

Na 0,98

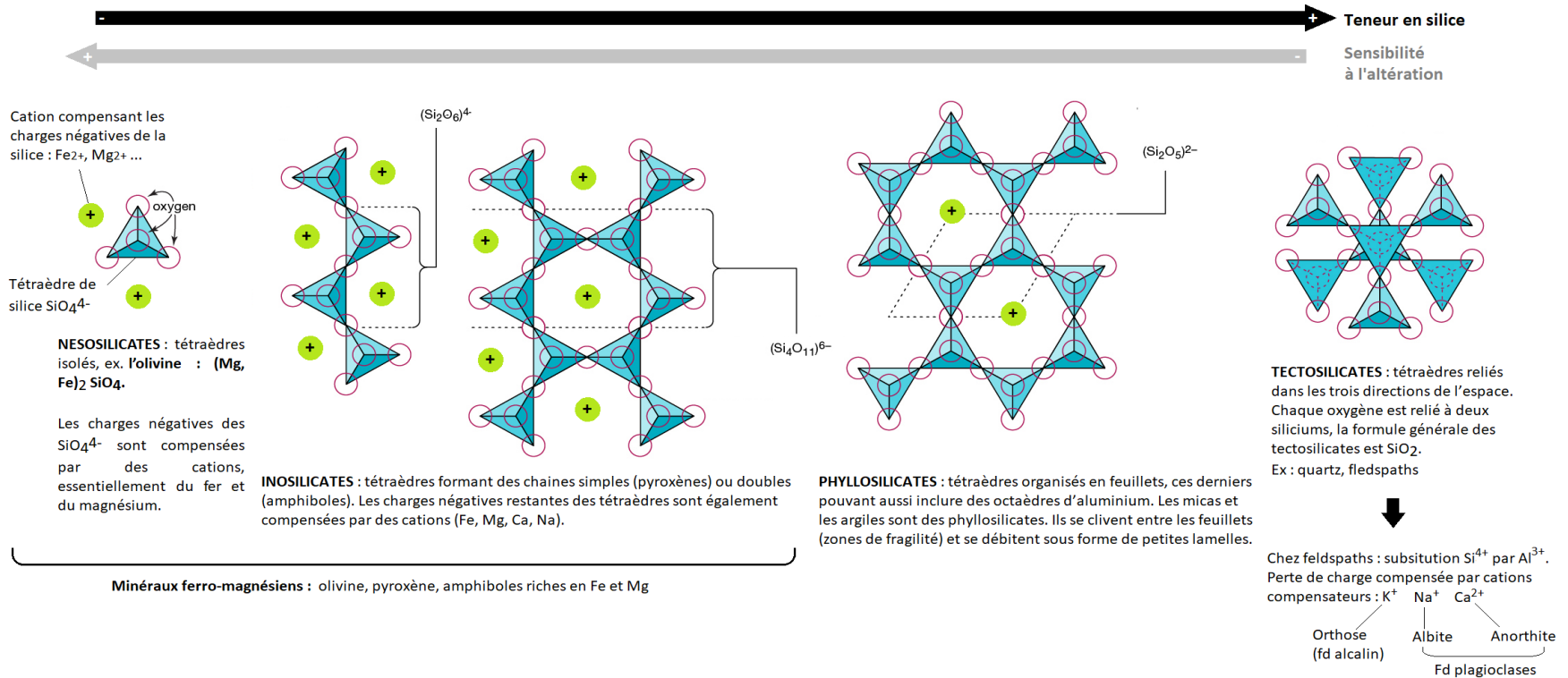
Ca 1,06

K 1,38

O 1,40

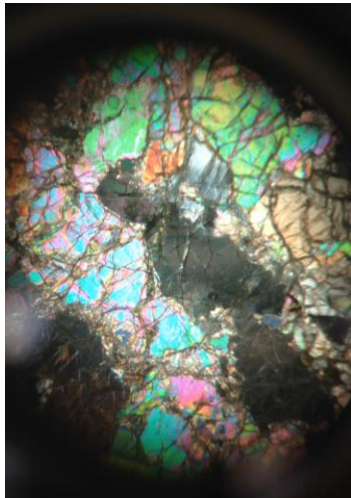


Tétraèdre de silice : constituant de base des silicates

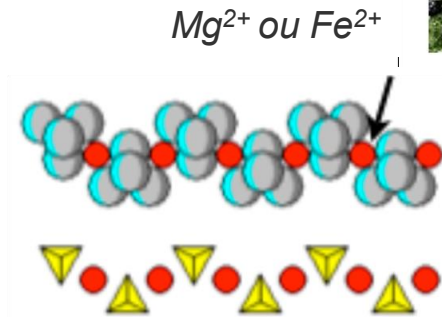


NÉSOSILICATES: TÉTRAÈDRES ISOLÉS

(néso= île)

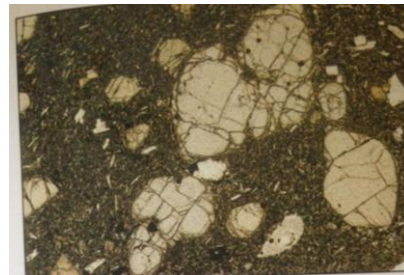
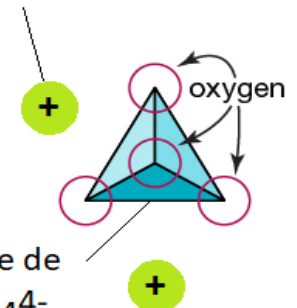


- **NESOSILICATES** : tétraèdres isolés, ex. l'olivine.
- Formule de base: SiO_4^{4-}
- Neutralisation électronique par Mg^{2+} et/ou Fe^{2+}
- $[\text{SiO}_4](\text{Fe},\text{Mg})_2$
- L'olivine ferreuse est la fayalite (Fe_2SiO_4), l'olivine magnésienne est la forstérite (Mg_2SiO_4).

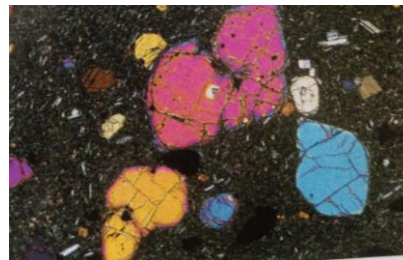


Olivine

Cation compensant les charges négatives de la silice : Fe^{2+} , Mg^{2+} ...



Phénocristaux d'olivine (LPNA)



Phénocristaux d'olivine (LPA)

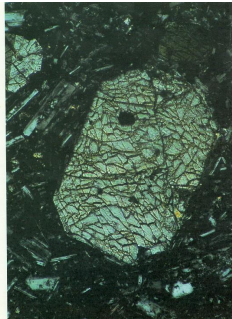
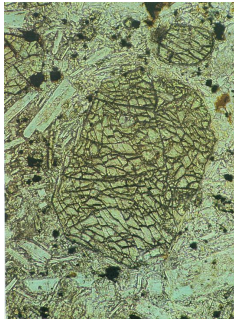
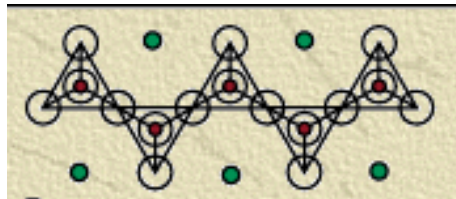
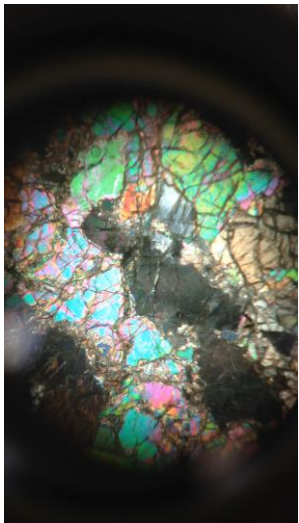


Cristaux d'olivine, dans une enclave de péridotite

INOSILICATES

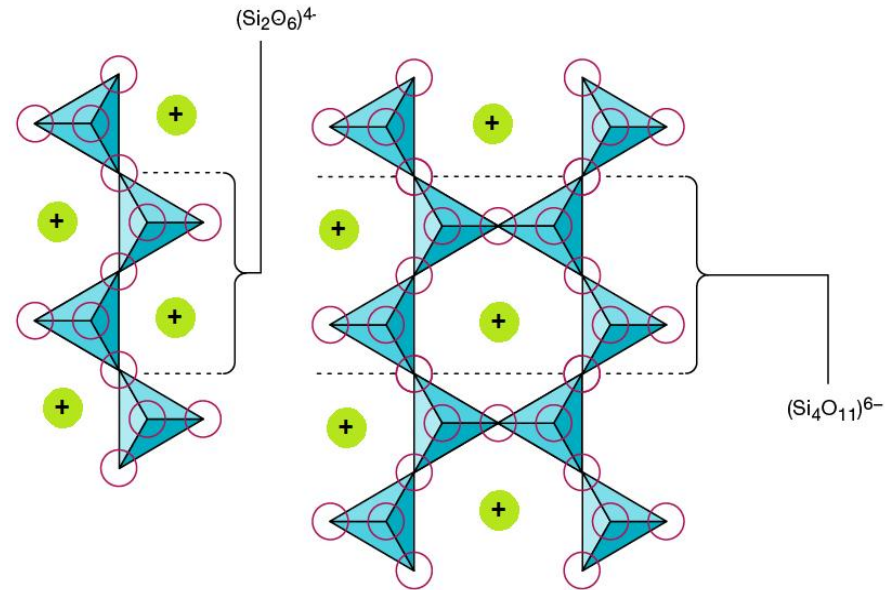


- **INOSILICATES** : tétraèdres formant des **chaines simples** (pyroxènes) ou doubles (amphiboles). Formule de base: $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$
- Neutralisation électronique par Mg^{2+} et/ou Fe^{2+}
- $[\text{Si}_2\text{O}_6](\text{Fe},\text{Mg})_2$
- Les charges négatives restantes des tétraèdres sont compensées par des cations (Fe, Mg, Ca, Na), on parle de cations compensateurs. On distingue les **clinopyroxènes**, riches en calcium et les **orthopyroxènes**, pauvres en calcium.
- Ex: Augite (pyroxène): $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$



Phénocrystal d'orthopyroxène

Pyroxène	
Augite	Jadéite
Minéral sombre de couleur brune, surfaces planes à reflets métalliques.	Minéral sombre de couleur verdâtre (vert jade)
	

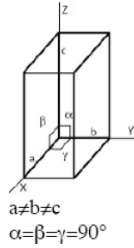


Pyroxène (LPNA vs LPA) aux plans de clivage à $\sim 90^\circ$

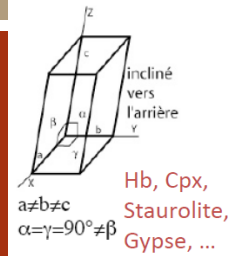
T

INOSILICATES

Orthorhombique

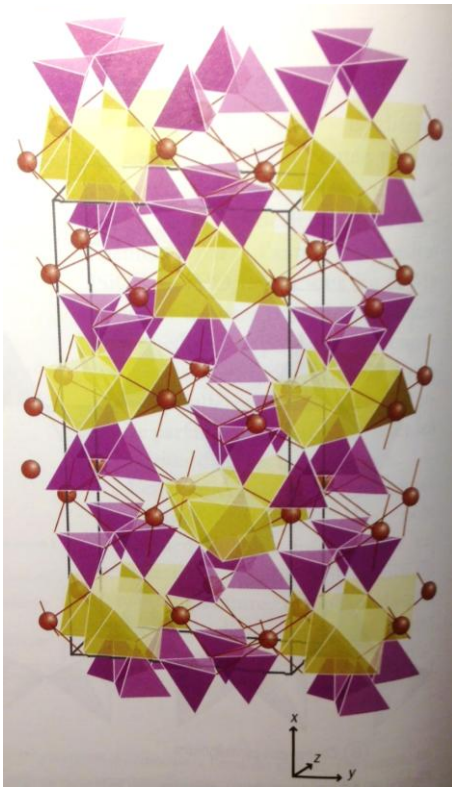


Olivine, Opx,
Aragonite,
Stibnite, ...



Hb, Cpx,
Staurolite,
Gypse, ...

Orthopyroxène (enstatite)



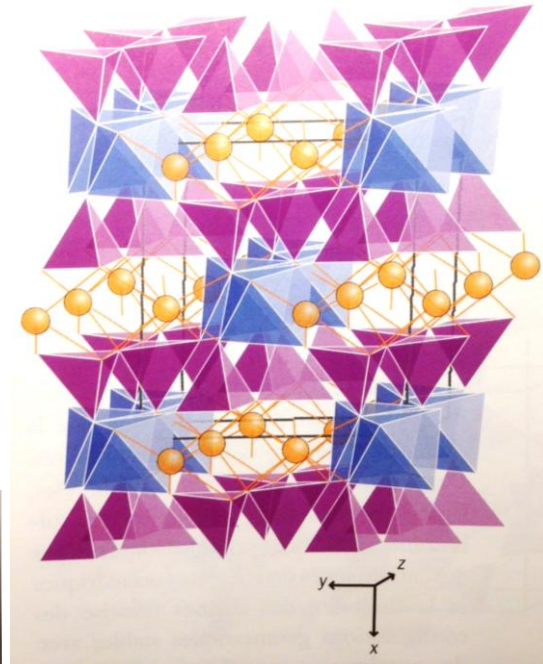
Maille orthorhombique



orthopyroxène clinopyroxène

Clinopyroxène (jadéite)

Jadeite (clinopyroxène)



Maille monoclinique

Si tétraédrique	Al octaédrique (M1)	Na (M2)
	Mg octaédrique (M1)	Fe (M2)

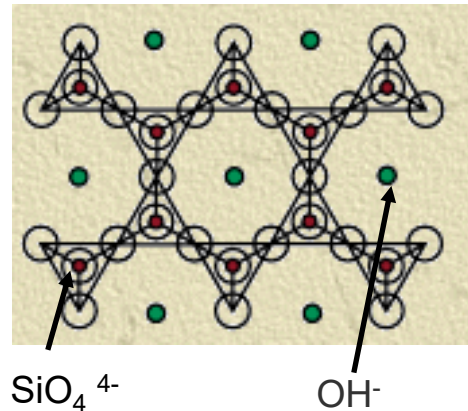
La structure des clinopyroxènes et des orthopyroxènes

INOSILICATES: DOUBLE CHAÎNE DE TÉTRAÈDRES POUR LES AMPHIBOLES

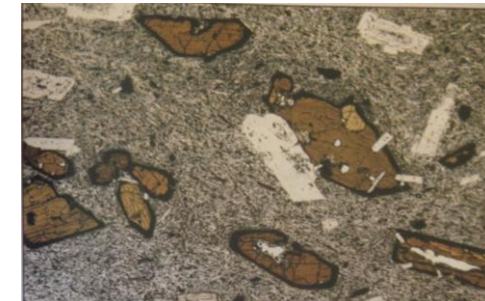
(*amphi.* en grec « des deux côtés »)



- **INOSILICATES** : tétraèdres formant des chaînes simples (pyroxènes) ou doubles (amphiboles).
Formule de base: $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$
- Formule de base: $[\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})]^{7-}$
- Neutralisation électronique par Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
- Ex: **Hornblende** (teintes brunes en LPNA)
- Ex: **glaucophane** (bleu en LPNA et LPA) faciès schistes bleus



Amphiboles	
Hornblende	Glaucophane
Minéral sombre (noir à vert très foncé). En auréole dans un métagabbro	Minéral sombre (noir à bleu foncé). En auréole dans un métagabbro



Rappels de lycée

Composition minéralogique des roches plutoniques des zones de subduction (en %)

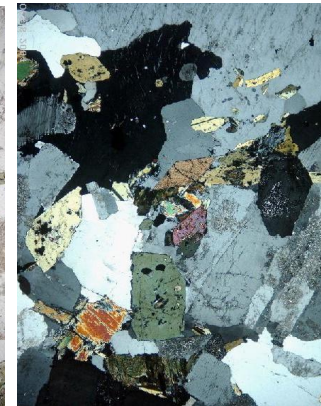
	Granite (ou rhyolite*)	Diorite (ou andésite*)	Basalte (pour comparaison)
Quartz	30,5	-	-
Orthose	35,5	-	-
Plagioclases	14	60	50
Biotite, muscovite	10	5	-
Pyroxènes	-	12	25 à 40
Amphiboles	8	20	-
Olivine (péridot)	-	-	10 à 25
Magnétite (Fe_3O_4)	-	-	2 à 3

Composition chimique en oxydes (en %)

	SiO_2	Al_2O_3	FeO MgO	$\text{Na}_2\text{O K}_2\text{O}$	CaO
Quartz	100	0	0	0	0
Orthose	66,67	11,11	0	22,22	0
Plagioclases	50,35	33,23	0	4,12	11,67
Biotite	35,3	5,88	35,3	11,76	0
Muscovite	46,1	23,1	0	15,4	0
Pyroxènes	50	0	50	0	0
Amphiboles	50	0	43,75	0	0

Formules chimiques des principaux minéraux

- Quartz : SiO_2
- Feldspath, orthose : KAlSi_3O_8
- Plagioclases : $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7$; $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
- Biotite (mica noir) : $\text{K}(\text{Fe,Mg})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- Muscovite (mica blanc) : $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
- Pyroxènes : $\text{Ca}(\text{Fe,Mg})\text{Si}_2\text{O}_6$
- Amphiboles : $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Si,Al})_7\text{O}_{22}(\text{OH})_2$



Phénocristaux d'amphiboles (LPNA)



Phénocristaux d'amphiboles (LPA)

Les **clivages** permettent de reconnaître ces deux minéraux colorés en LPNA. Ici l'**amphibole** se présente sous forme de cristaux polyédriques où on retrouve les angles caractéristiques 60 et 120°

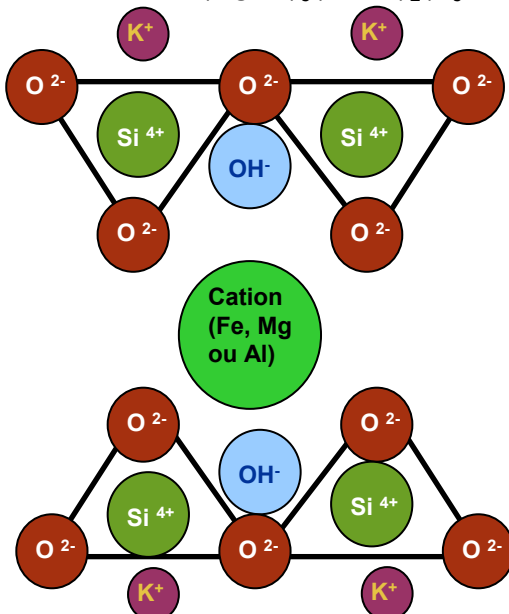
Mica

Biotite	Muscovite
Minéral en lamelles ou paillettes brunes foncées ou noires brillantes	Minéral en lamelles ou paillettes incolores ou argentées.
	

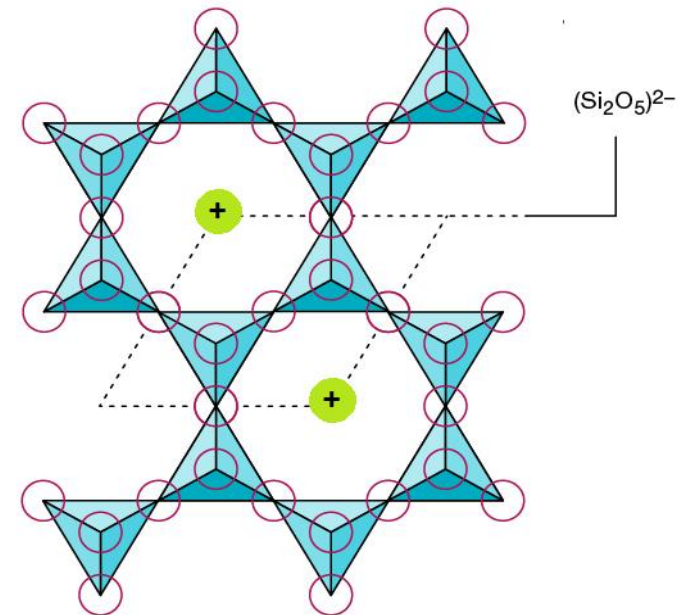
PHYLLOSILICATES (« Feuille »)



- **PHYLLOSILICATES** : tétraèdres organisés en feuillets, ces derniers pouvant aussi inclure des octaèdres d'aluminium. **Les micas et les argiles sont des phyllosilicates.** Ils se clivent entre les feuillets (zones de fragilité) et se débitent sous forme de **petites lamelles**. De nombreux cations différents compensent l'excès de charges négatives.
- Formule de base: $[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]^{6-}$
- Neutralisation électronique par $(\text{Fe}, \text{Mg})_3$, ou Al_2
- Ex: biotite: $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH}, \text{F})_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})$

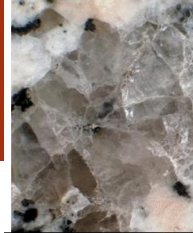




Phénocristaux de biotite

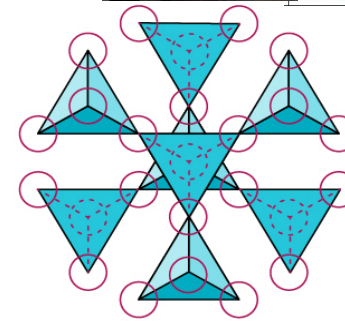


TECTOSILICATES *(tecto: charpente)*



Quartz	Feldspath	
	Orthose	Plagioclase
Minéral à l'aspect de gros sel. Incolore à gris.	Minéral blanc rosé, et souvent sub-rectangulaires	Minéral blanc, mat, souvent sub-rectangulaires.
		

- tétraèdres reliés dans les trois directions de l'espace.
- Chaque oxygène est relié à deux siliciums → formule générale SiO_2 (=silice).
- Ex: **quartz, feldspath**
- feldspaths : substitution de Si^{4+} par Al^{3+} ions → compensateurs Na^+ , K^+ , Ca^{2+}



TECTOSILICATES : tétraèdres reliés dans les trois directions de l'espace. Chaque oxygène est relié à deux siliciums, la formule générale des tectosilicates est SiO_2 .

Ex : quartz, feldspaths



Chez feldspaths : substitution Si^{4+} par Al^{3+} . Perte de charge compensée par cations compensateurs : K^+ Na^+ Ca^{2+}

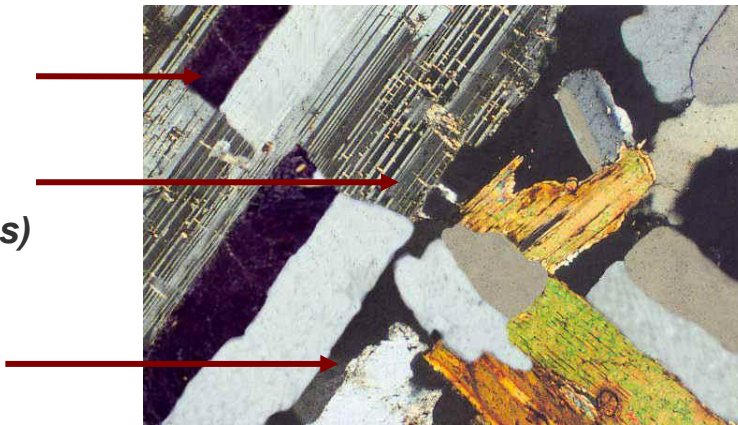
Orthose (fd alcalin) Albite Anorthite
 Fd plagioclases



Feldspaths (alcalins)

Feldspaths (plagioclases)

Quartz

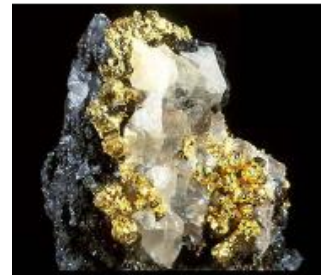


Lame mince de granite au MO LPA

MINÉRAUX NON SILICATÉS

- Or, platine
- Sulfures (galène, pyrite, ...)
- Halogénures (halite)
- Oxydes (hématite ...)
- Carbonates (calcite ...)

Or natif



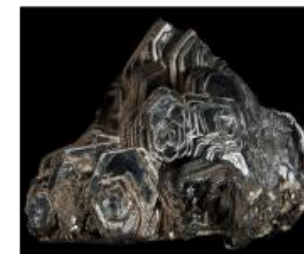
*Galène
(sulfure
de
plomb)*



*Halite
(NaCl)*



*Hématite
(Oxyde
de fer)*



*Calcite
(CaCO₃)*



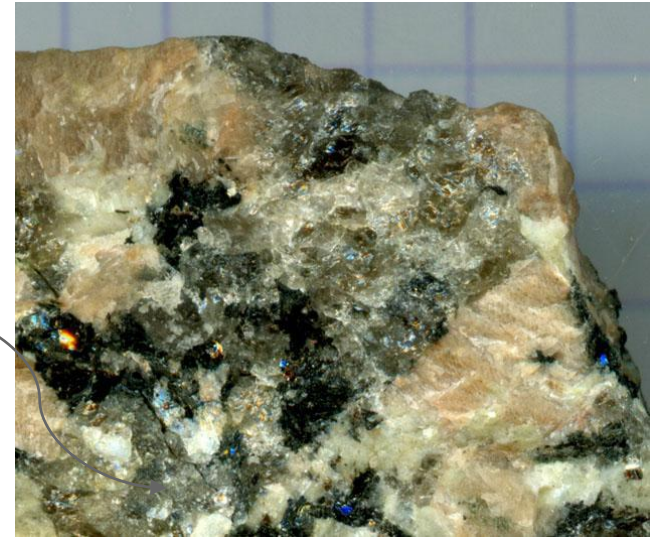
Reconnaitre les minéraux : forme (habitus)



Xénomorphe :

lorsque le cristal se développe dans les interstices résiduels d'une roche.

Ex: Quartz



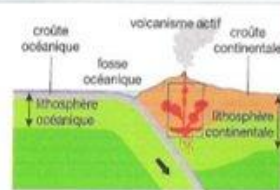
Automorphe : lorsque le cristal a pu se former en se développant librement, il est limité par des surfaces planes, souvent brillantes, aux orientations caractéristiques.

Rappels de lycée

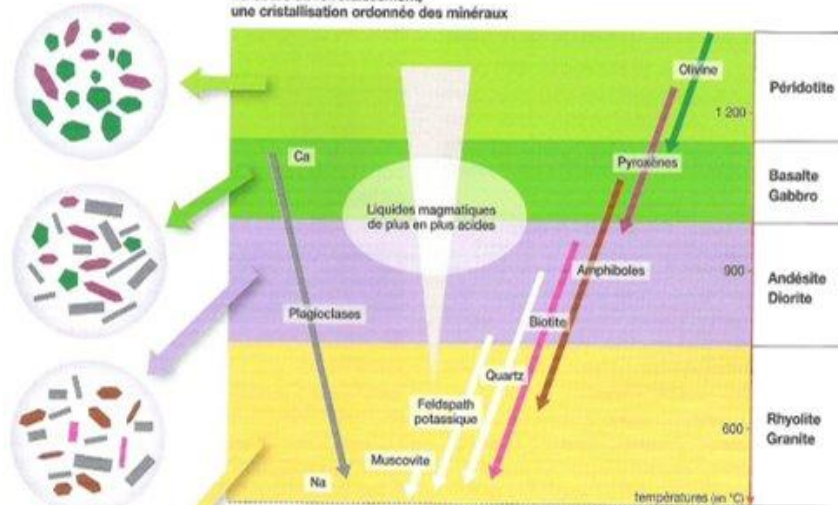
3 Une production de roches de composition granitique

Au cours de leur montée vers la surface, les magmas provenant de la fusion partielle des péridotites du manteau sont piégés dans la profondeur de la croûte continentale. Ils se refroidissent alors lentement et subissent différentes transformations qui modifient leur composition chimique. Il se forme ainsi une grande diversité de roches plutoniques de composition granitique.

Les couleurs des minéraux, dans les cercles, correspondent aux couleurs des flèches du schéma.

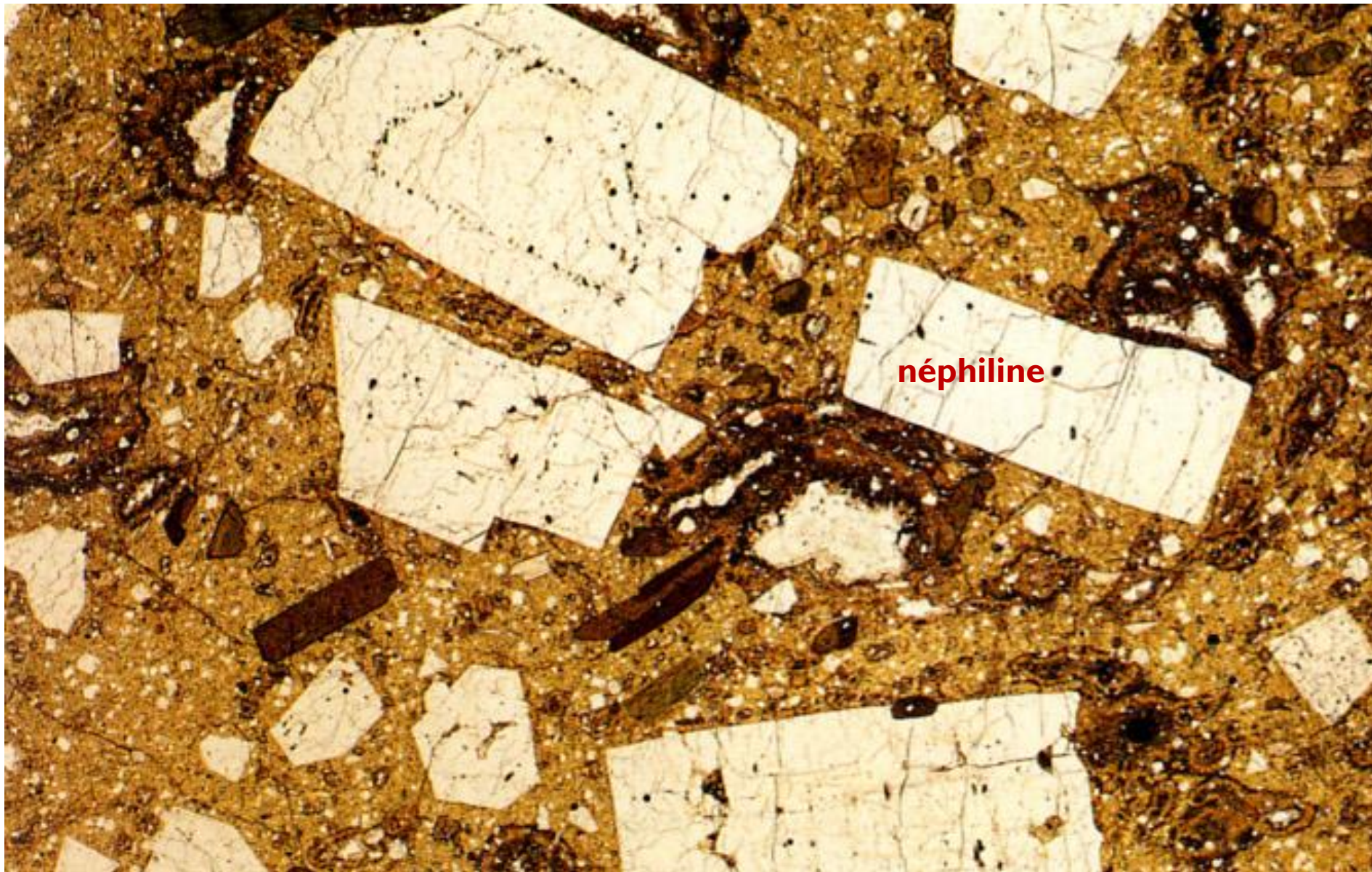


Au cours du refroidissement, une cristallisation ordonnée des minéraux



Lors du refroidissement très lent de ces magmas, les minéraux commencent à cristalliser. Ce sont les minéraux les plus pauvres en silice qui cristallisent en premier : olivine, pyroxène, plagioclase calcique. En conséquence, au cours du temps, le liquide magmatique résiduel devient de plus en plus riche en silice. Ce phénomène, nommé **différenciation magmatique par cristallisation fractionnée**, permet d'expliquer la formation d'une grande variété de roches de composition granitique (granitoïdes, andésites...) à partir d'un magma originel de composition basaltique. Par ailleurs, ces magmas basiques peuvent aussi devenir plus acides (plus riches en silice) par **contamination**, c'est-à-dire par apport de silice provenant de la croûte continentale encaissante.

Exemple de cristaux automorphes en microscopie



néphiline

NOTION DE CLIVAGE

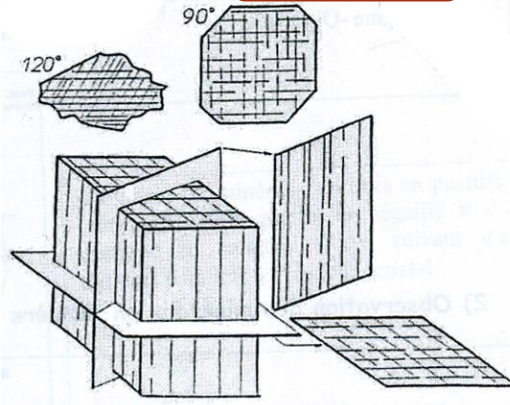
- plans de **moindre résistance** du cristal (zone de faible densité atomique)



FIGURE 5.19

FIGURE 5.19

Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition
Copyright (c) W.W. Norton & Company



NOTION DE MACLE

Définition : macle n. f. (du latin *macula*, tache, maille, ou du germanique *maskila*, maille) association de cristaux du même minéral réunis et interpénétrés selon des lois cristallographiques répétitives, précises et identifiables.



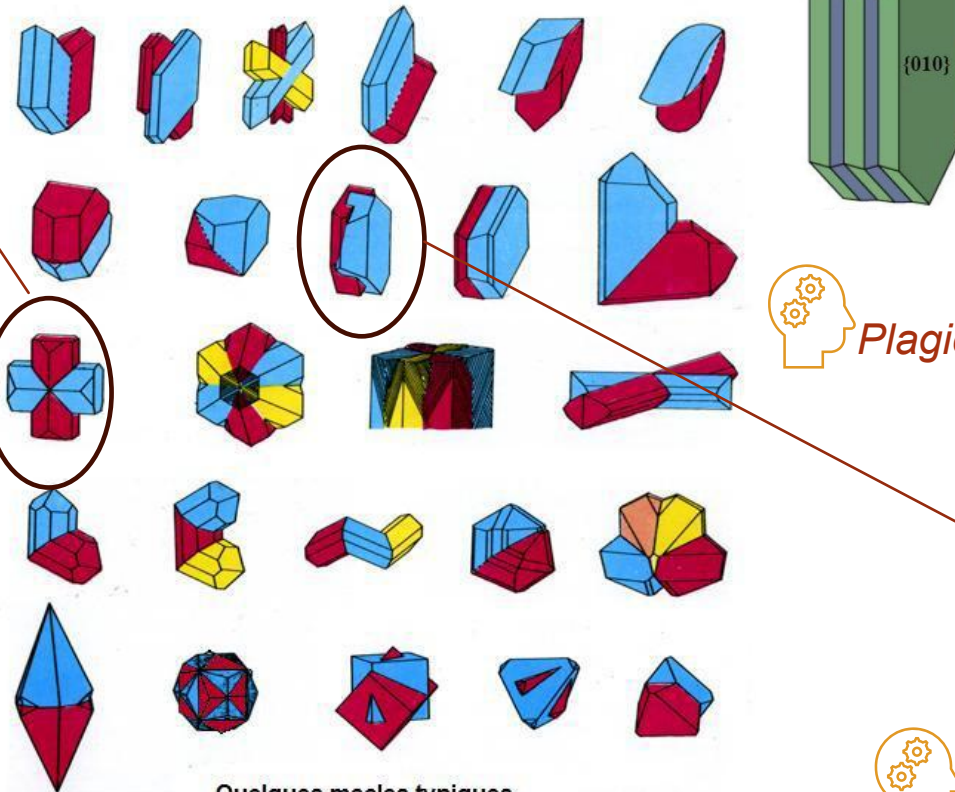
Pyrite



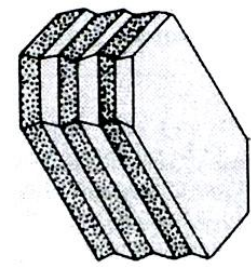
Plagioclase (macles polysynthétiques)



Orthose (macle de Carlsbad)



Quelques macles typiques



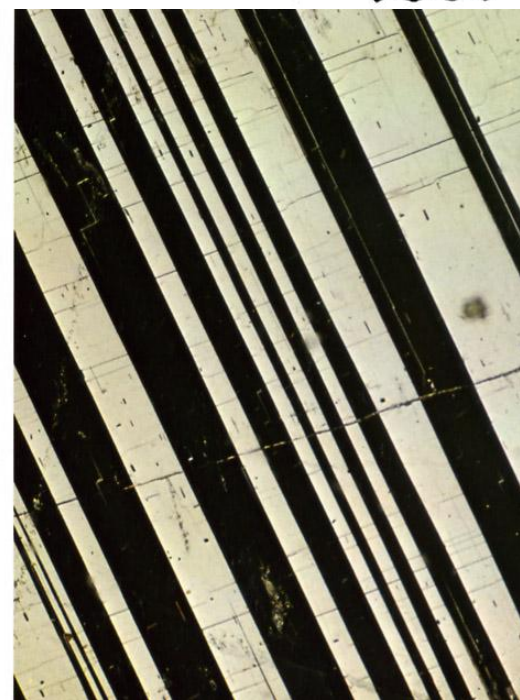
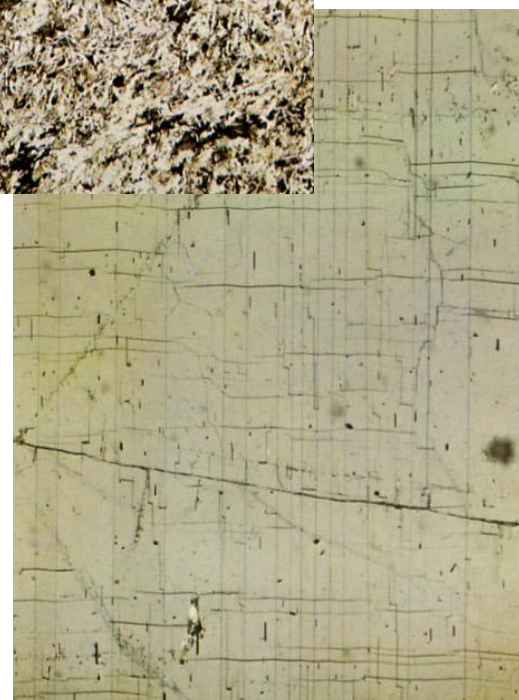
Feldspath plagioclase:
 Albite: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
 anorthite: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$



Macle de Carlsbad de la Sanidine (feldspath potassique)



Feldspath alcalin:
 Albite: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
 Orthose: KAlSi_3O_8



Macles polysynthétiques des feldspaths plagioclases

ECHELLE DE DURETÉ DE MOHS

- Par ordre de dureté croissante :

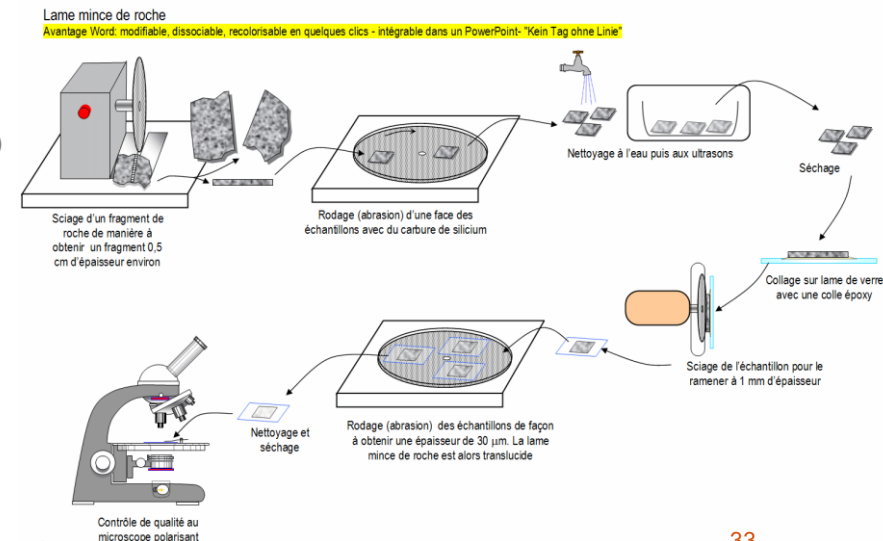
Talc Gypse Calcite Fluorine Apatite Orthose Quartz Topaze Corindon Diamant

Dureté	Minéral de référence	Minéral
1	Talc	
2	Gypse	Micas
3	Calcite	
4	Fluorite	
5	Apatite	Pyroxène amphibole
6	Orthose	Feldspaths
7	Quartz	Olivine grenat
8	Topaze	
9	Corindon	
10	Diamant	

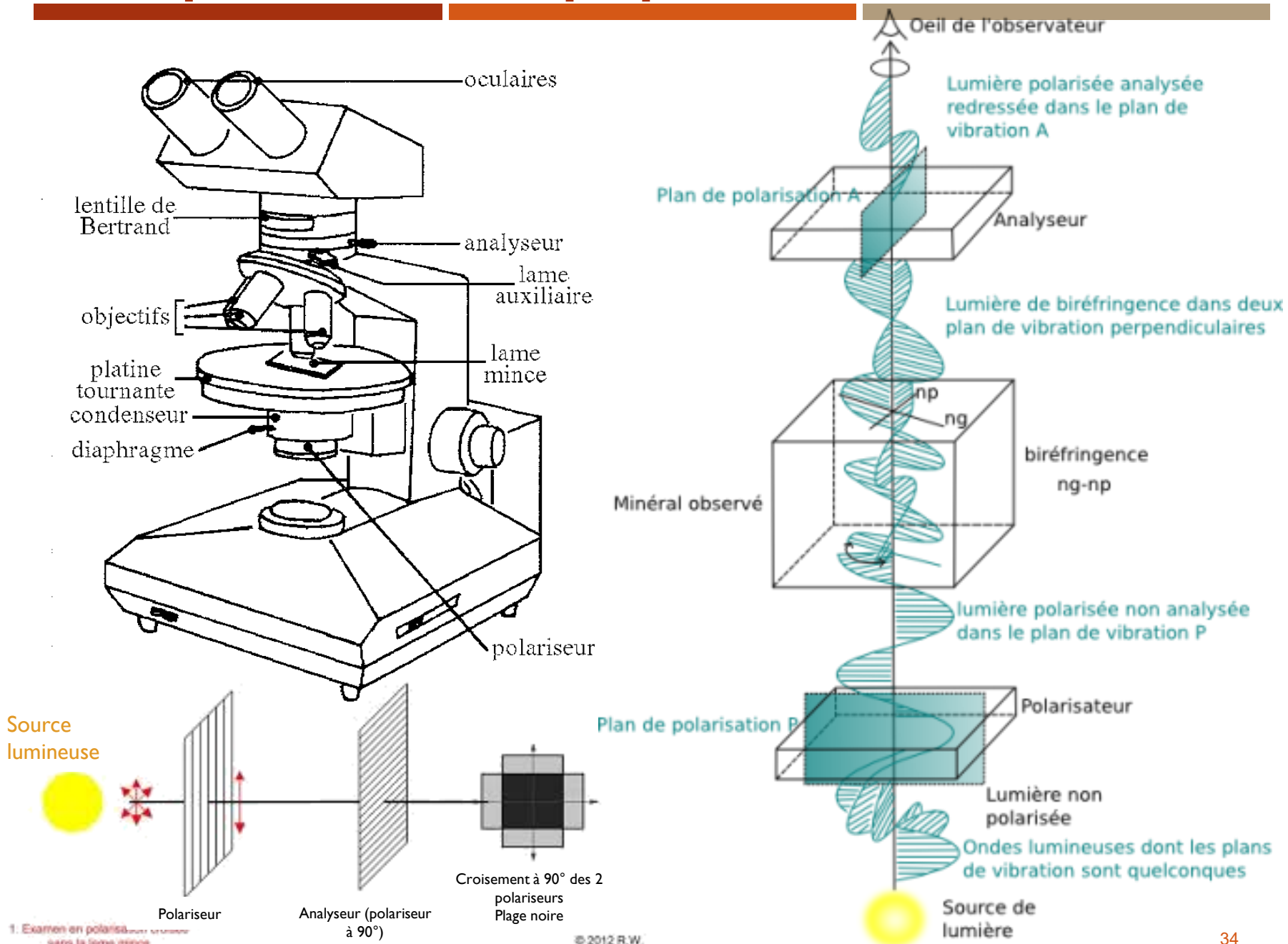
Ongle (2,5)

Acier du couteau (5,5)

Verre (6,5)

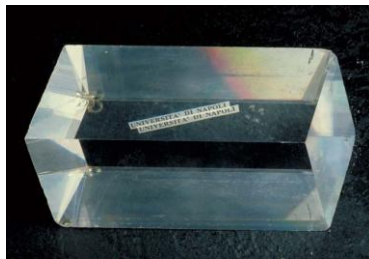


Principe du microscope polarisant

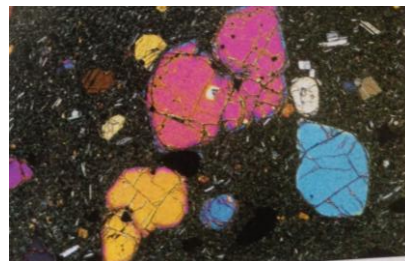


LA BIRÉFRINGENCE

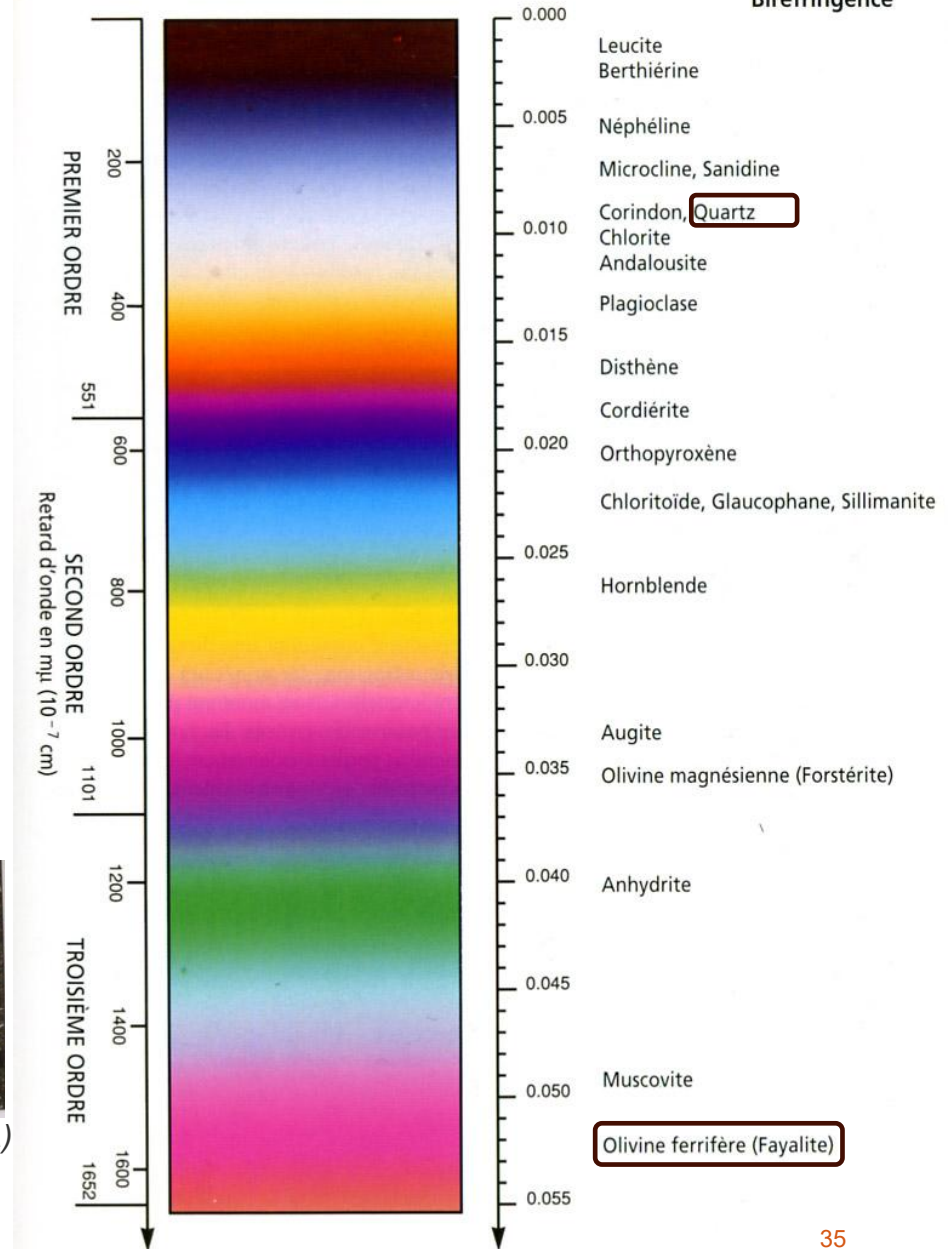
Biréfringence : mesure quantitative de la **double réfraction**. En LPA faisceau de lumière polarisé pénètre dans cristal et se partage en deux rayons de vitesse différente → les deux ondes lumineuses ne sont plus en phase. A la sortie du cristal les deux rayons lumineux interfèrent et observés en LPA ils montrent des **couleurs d'interférence** (cf effet observé pour une goutte d'huile sur chaussée humide).




Un cristal de calcite fait apparaître l'image en double.



Phénocristaux d'olivine (LPA)



PLÉOCHROÏSME (LPNA)



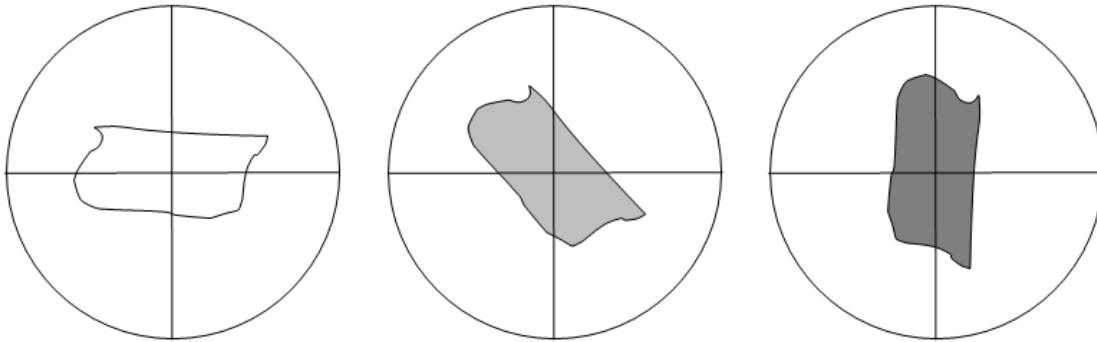
Tourmaline
pléochroïque
(Hors programme)



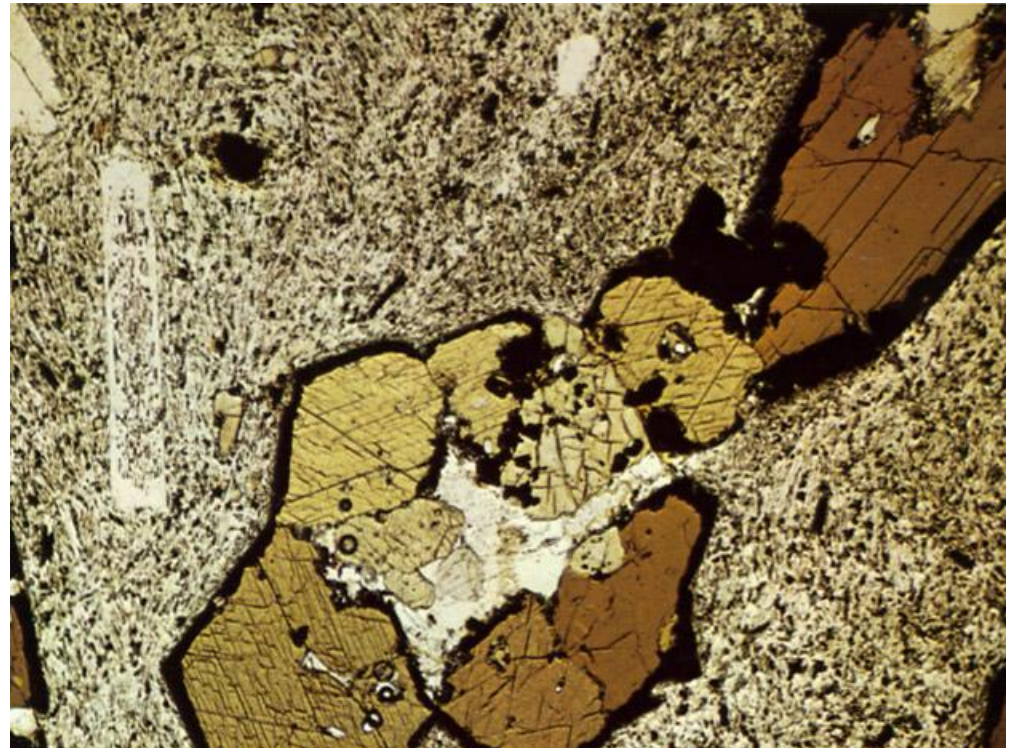
Biotite (mica noir)
pléochroïque

Pléochroïsme: phénomène de variation de couleur en fonction de l'orientation du cristal par rapport au plan de polarisation de la lumière

Pléochroïsme (LPNA)

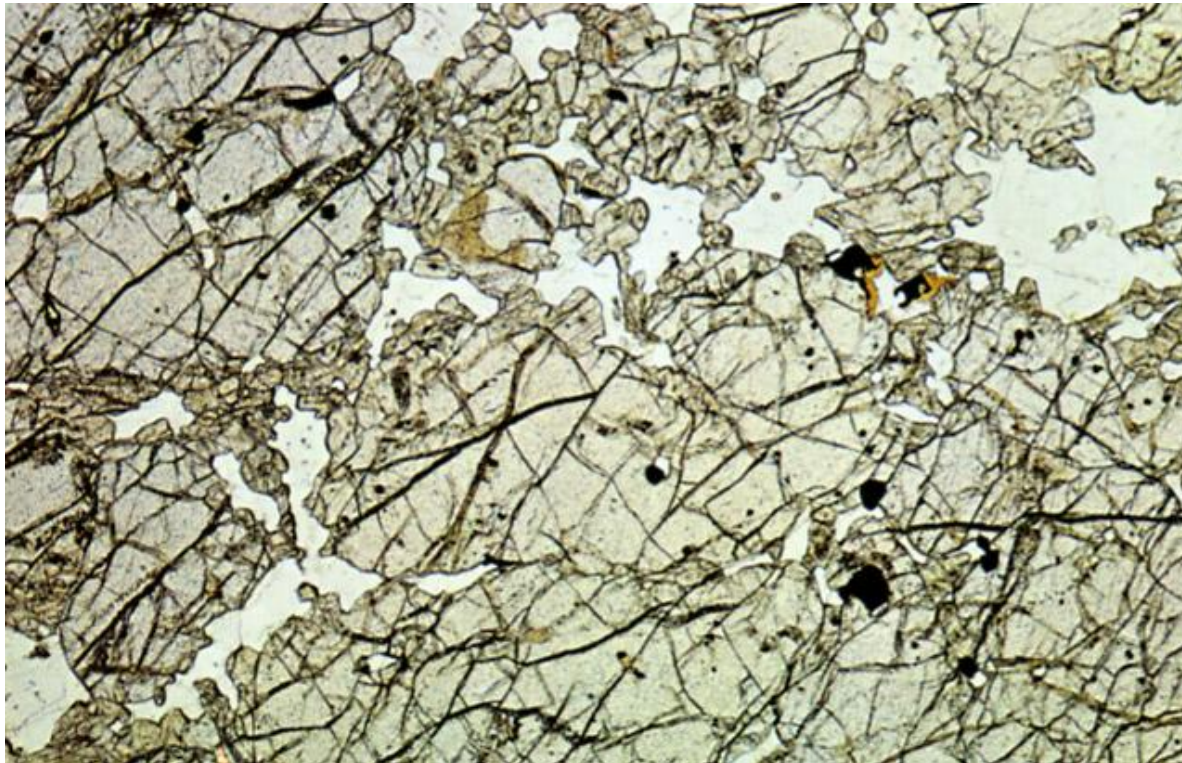


Pléochroïsme de l'amphibole, remarquer les plans de clivages à 120°, et l'auréole noire.



LE RELIEF (LPNA)

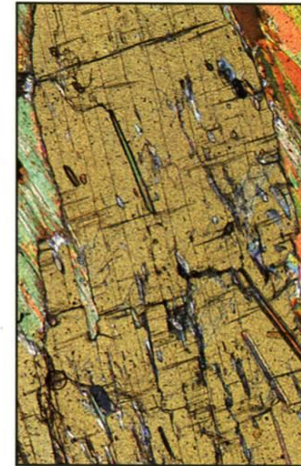
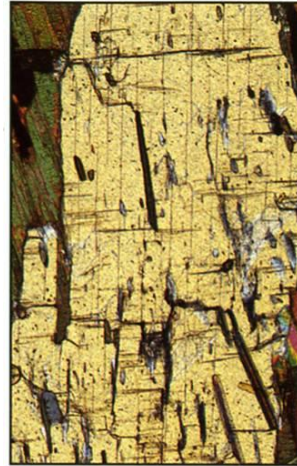
- Le relief fort (ou réfringence) est caractérisé par un **contour franc et net**, et donne l'impression que ce minéral est plus épais que les minéraux environnants.



Pyroxènes observés en LPNA : fort relief et clivage à 90°

L'EXTINCTION ROULANTE EN LPA

- En tournant la platine, le minéral s'éteint.
- Ex: **Quartz**



*Extinction (LPA)
(disthène, hors programme)*

*Extinction (LPA)
(quartz)*

LES MINÉRAUX DES ROCHES MAGMATIQUES ET MANTELLIQUES

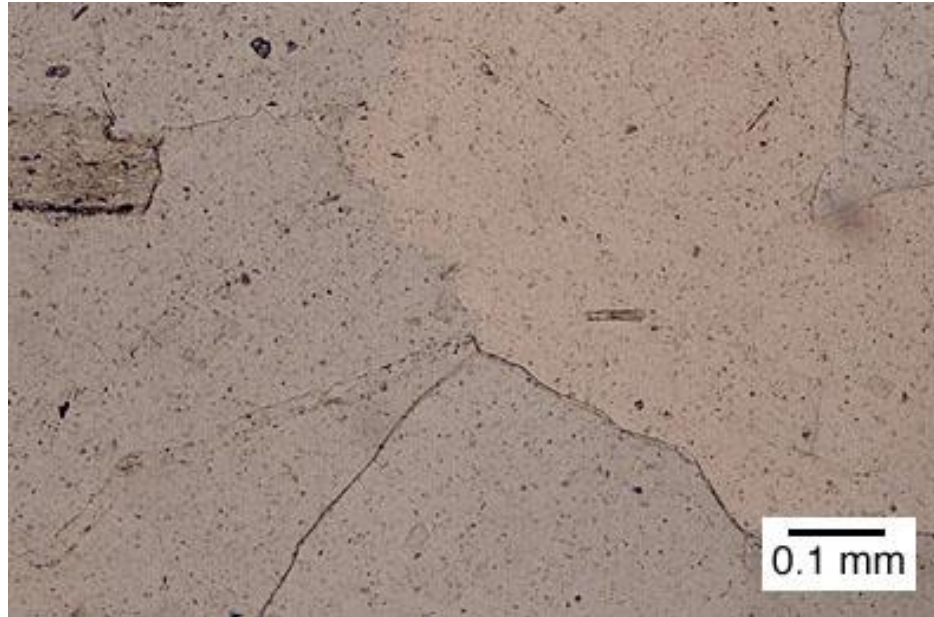


- Quartz (extinction roulante en LPA)
- Mica: clivage
- Mica noir (biotite): fort pléochroïsme en LPNA
- Orthose: macle de Carlsbad en LPA
- Pyroxène: fort relief en LPNA, clivage à 90°



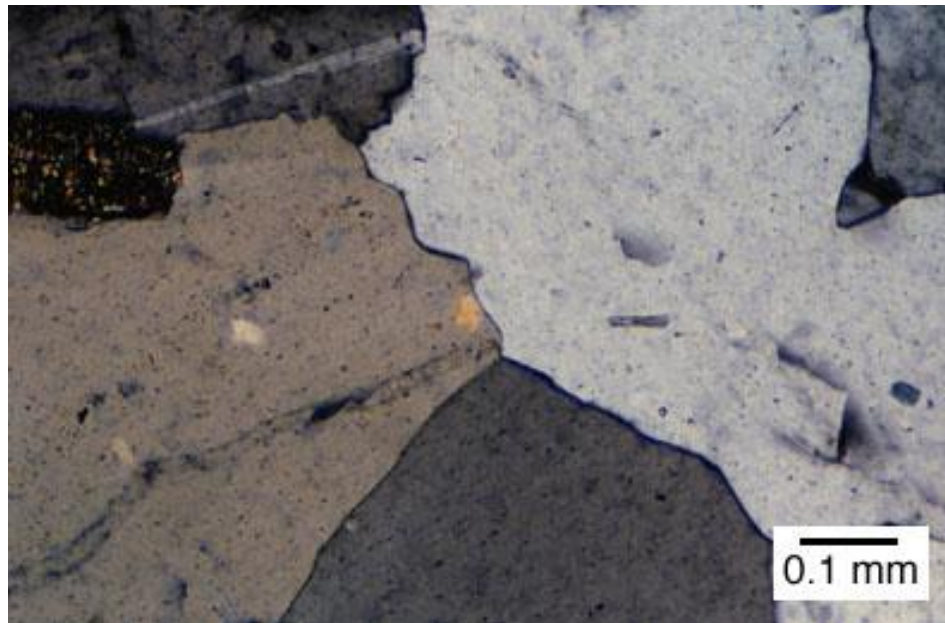
Quelques exemples de minéraux

Quartz



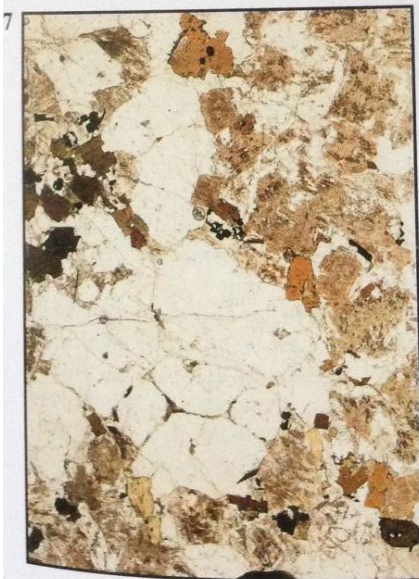
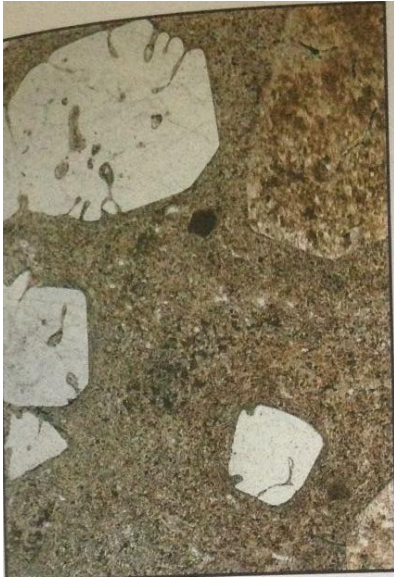
LPNA

incolore et limpide
Contours flous,
Pas de relief



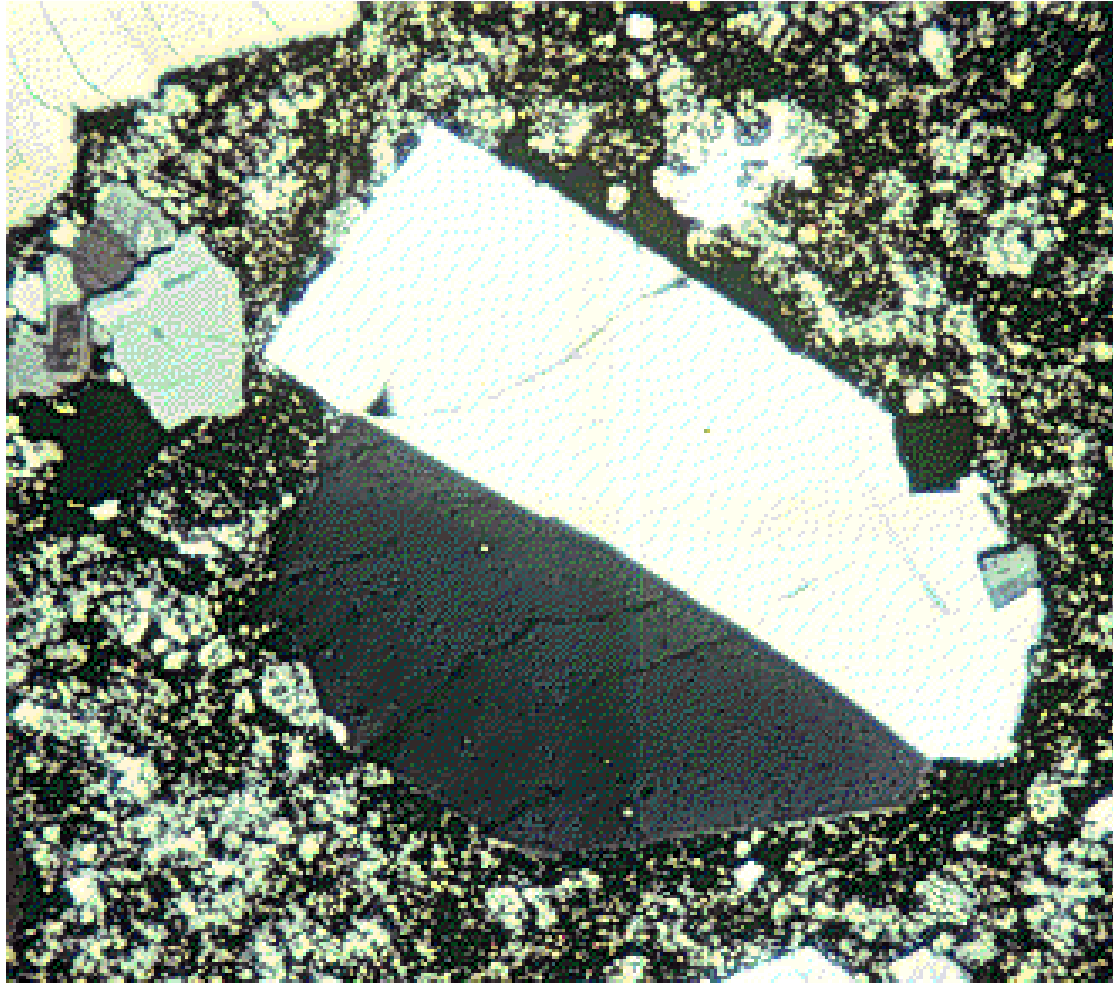
LPA

1^{er} ordre:
gris clair et blanc
xénomorphe



Quartz : Extinction roulante et cristaux xénomorphes

Feldspath potassique : ORTHOSE



LPA

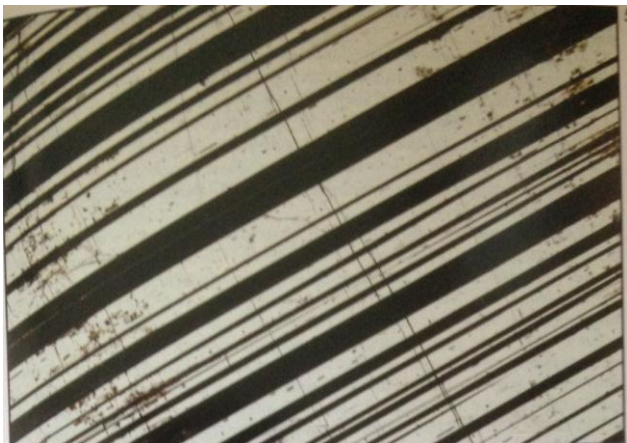
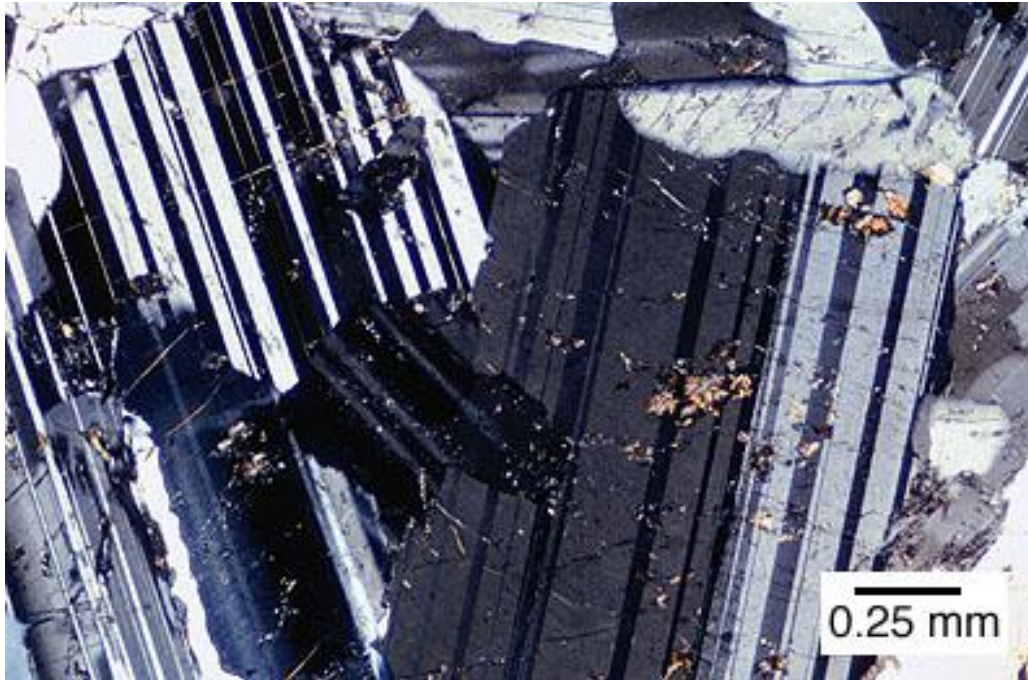
aspect en prismes

incolore en LPNA

blanc à gris en LPA

Macle de Carlsbad

Plagioclases



LPA

aspect en prismes

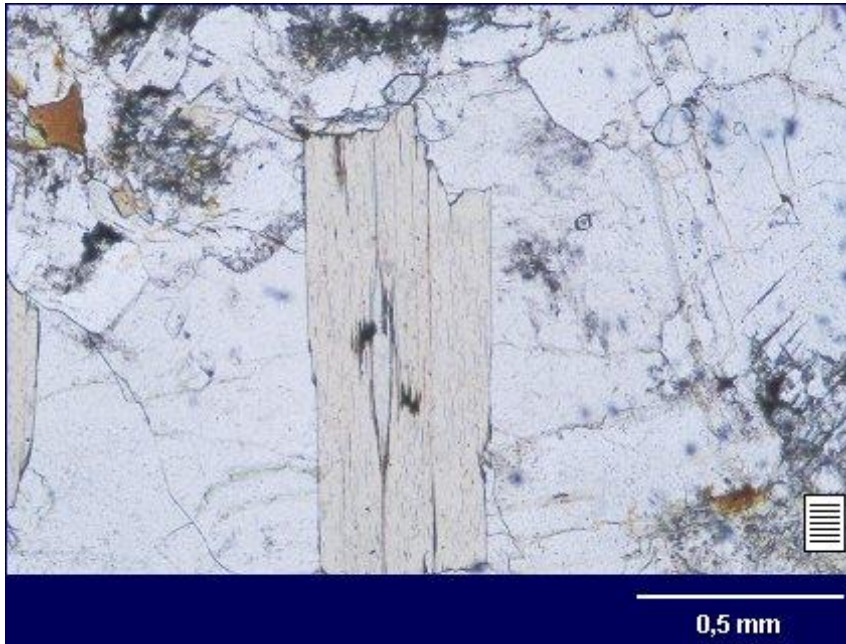
incolore en LPNA

blanc à gris en LPA

aspect zébré caractéristique

Macles polysynthétiques

Mica noir : Biotite



LPNA



minéral en baguettes allongées

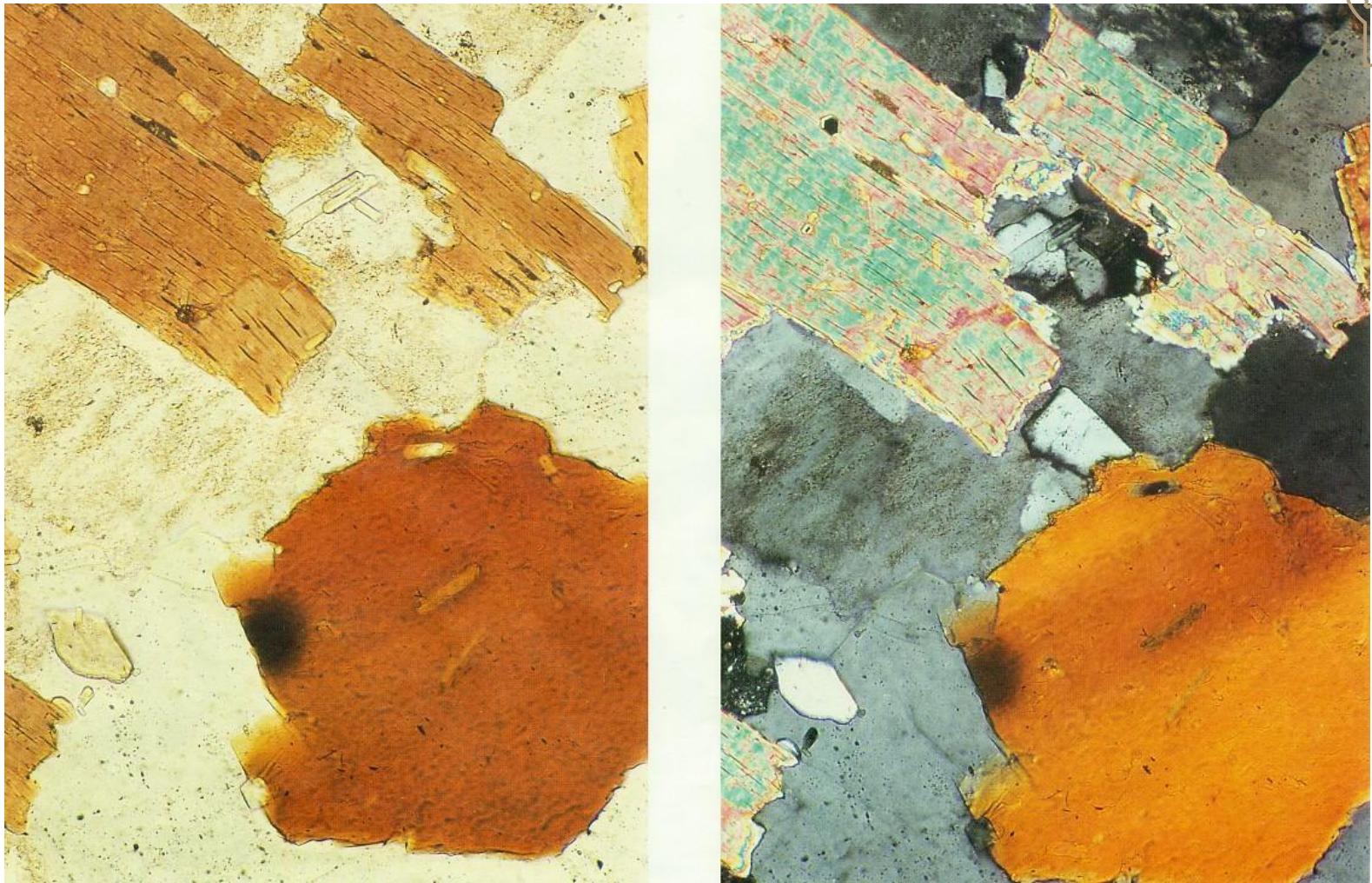
clivage fin et régulier

la couleur varie de brun à incolore
selon l'orientation du minéral en

LPNA (Pléochroïsme)

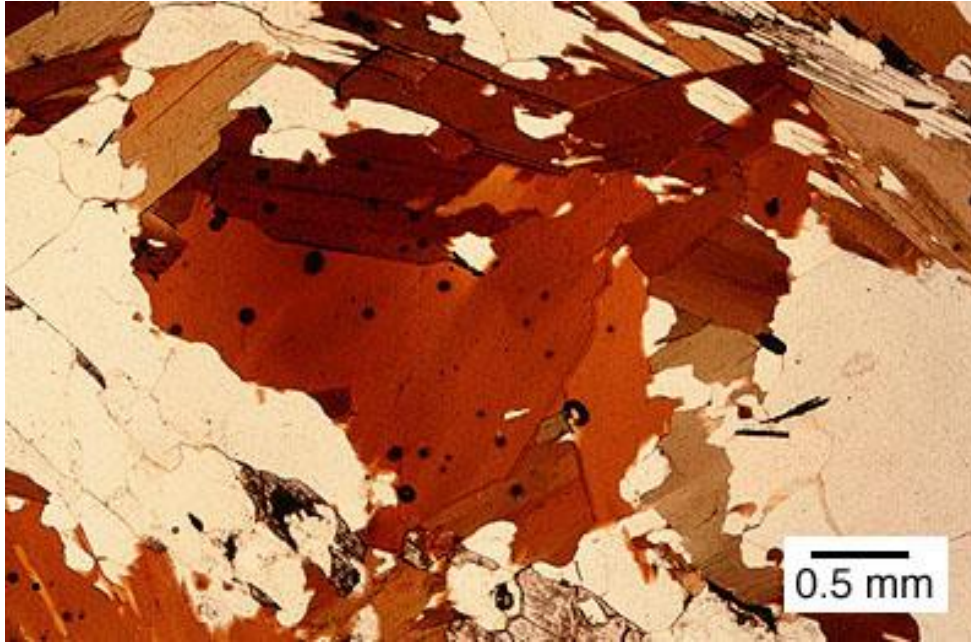


Mica noir : Biotite



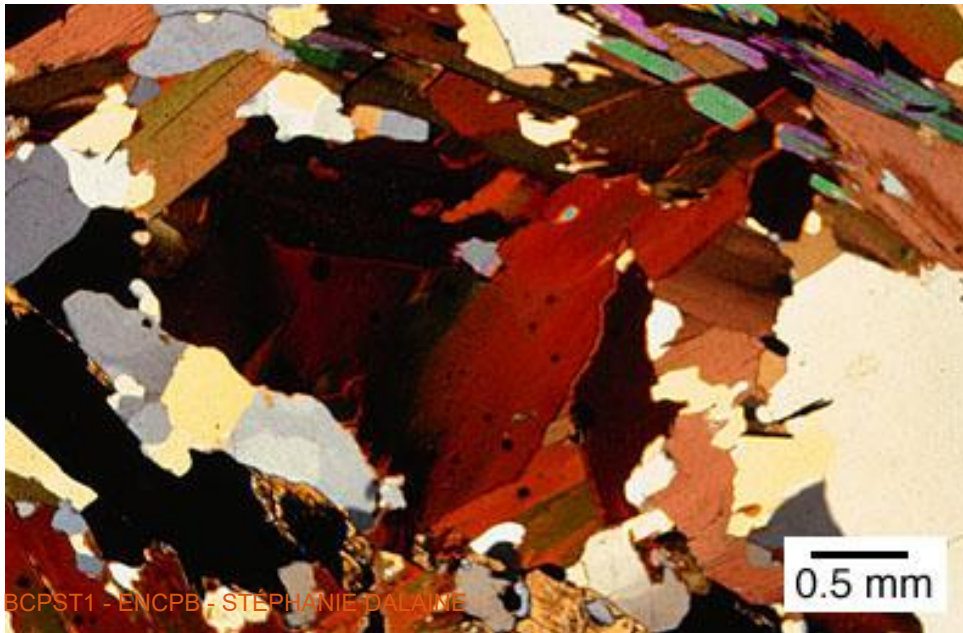
Biotite (belle section basale sans clivage et sections allongées à clivages fins et nets, remarquer les inclusions de zircons dans la section basale)

Mica noir : biotite



LPNA

aspect moiré caractéristique en
LPA



LPA

Mica blanc : muscovite

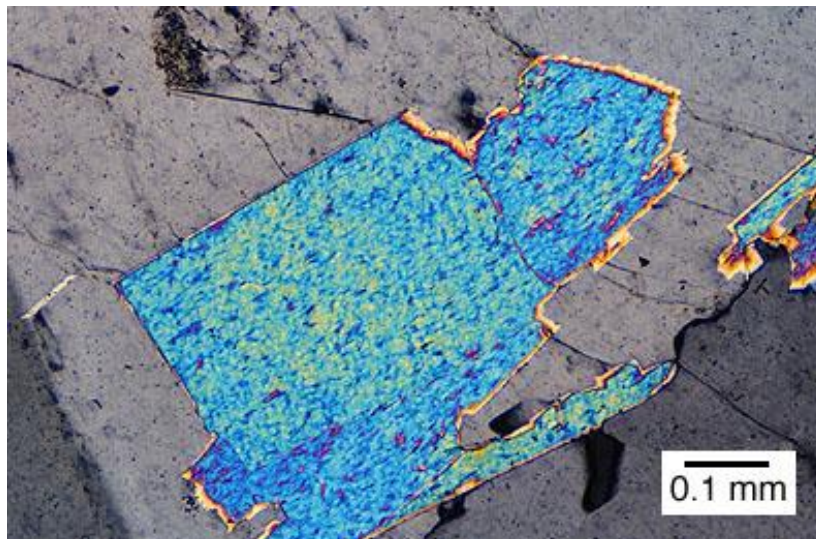


LPNA

minéral en baguettes allongées

clivage fin et régulier

incolore en LPNA



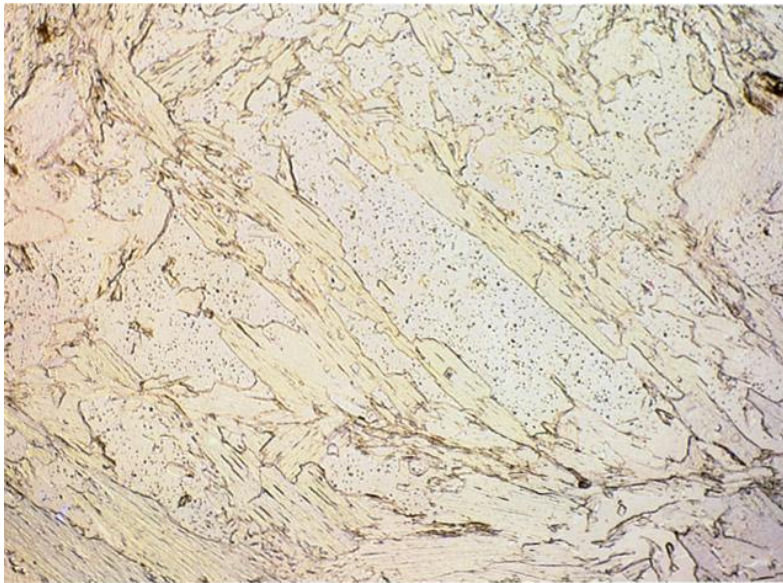
LPA

aspect moiré caractéristique en LPA

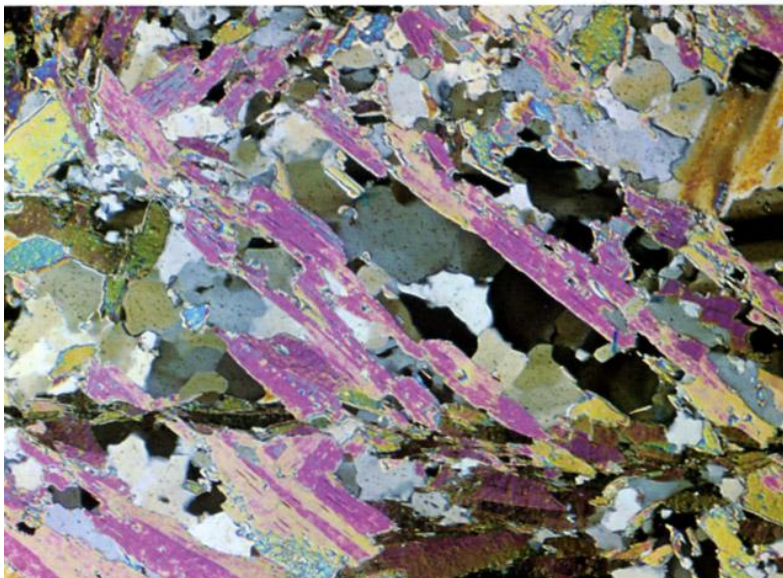
Avec des couleurs vives du 2^{ème} ordre

Voire 3^{ème} ordre.

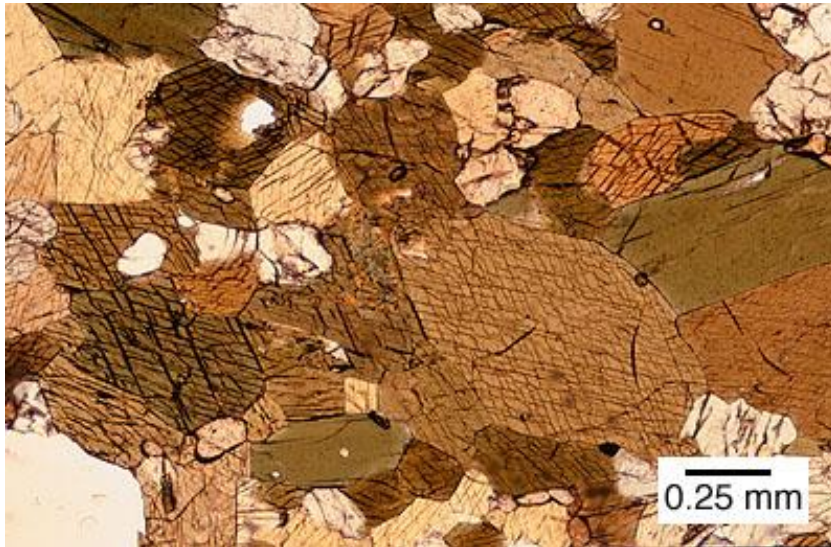
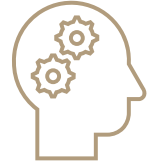
Mica blanc : muscovite



Section allongée des muscovites
Teinte de biréfringence de 3^{ème}
ordre.



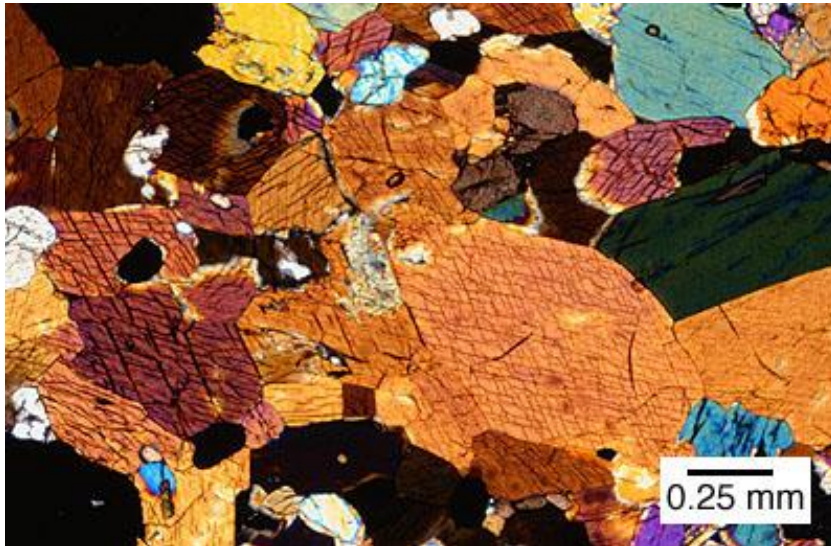
Amphiboles



LPNA

minéral en prismes trapus
vert à brun en LPNA

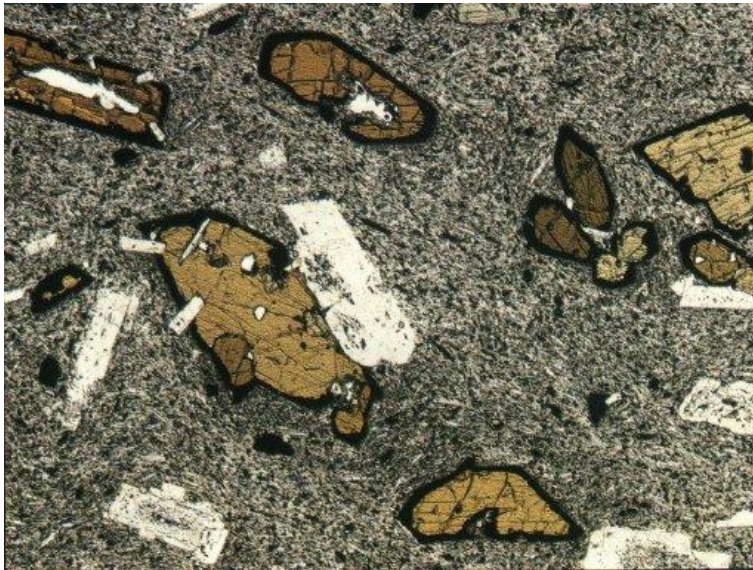
2 clivages à 120°



LPA

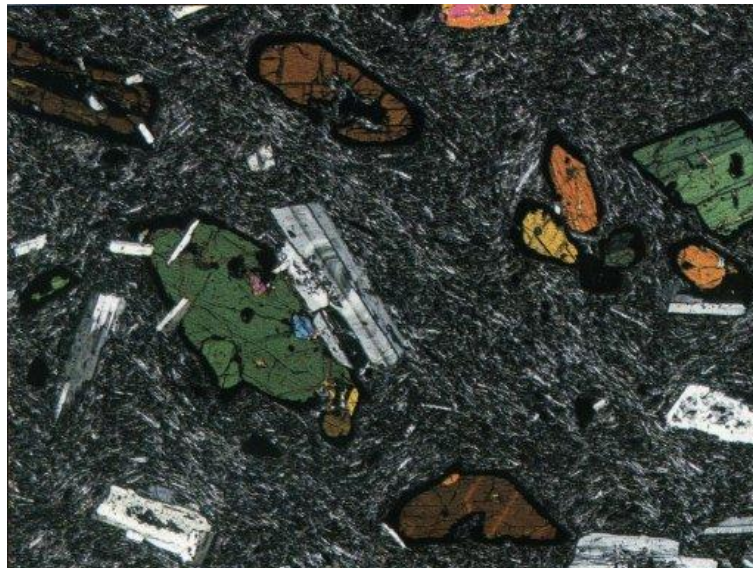
couleurs vives en LPA

Amphiboles

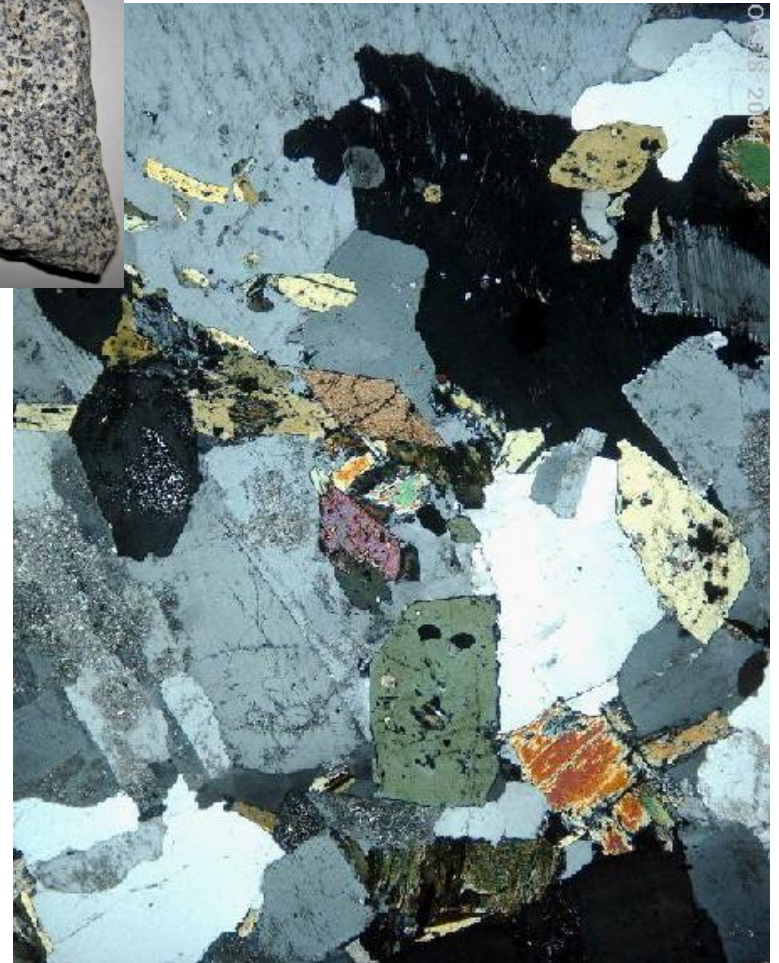
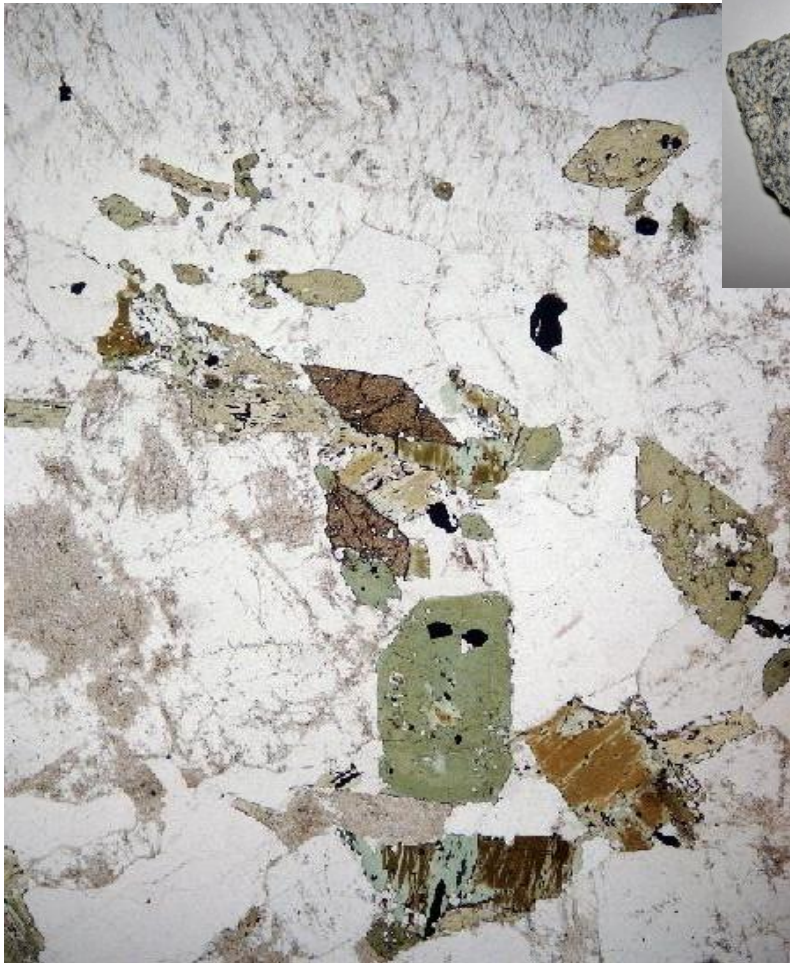


LPNA

existence fréquente d'une
bordure noire d'oxydation



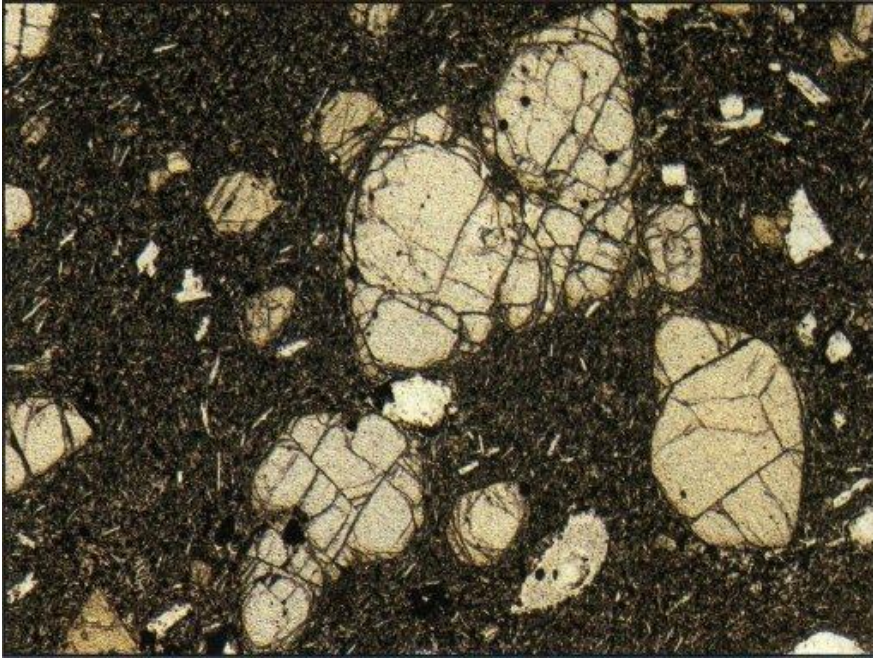
LPA



Granodiorite : cette roche contient à la fois **biotite et amphibole**.

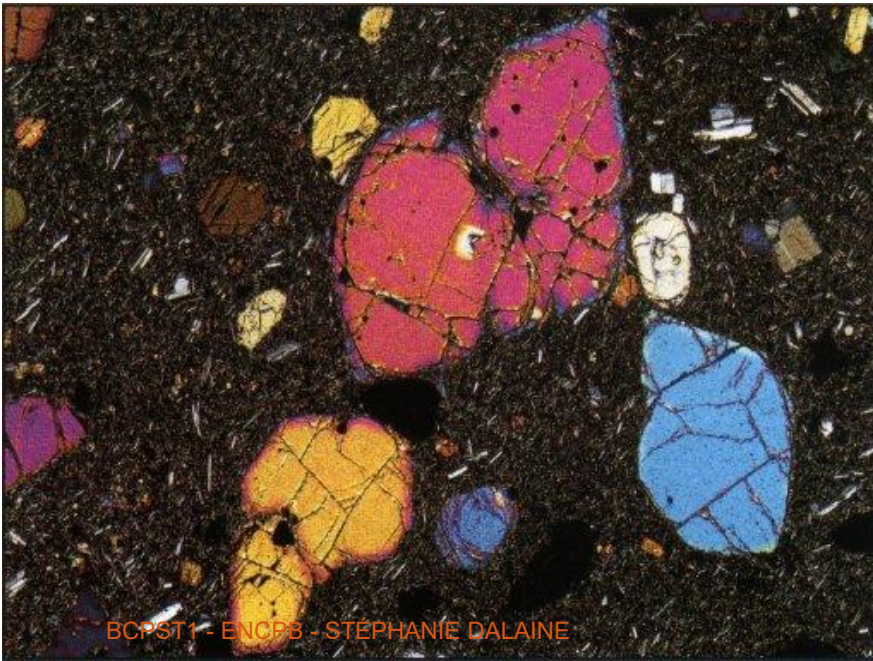
Les clivages permettent de reconnaître ces deux minéraux colorés en LPNA. Ici l'amphibole se présente sous forme de cristaux polyédriques où on retrouve les angles caractéristiques 60 et 120°

Olivines



LPNA

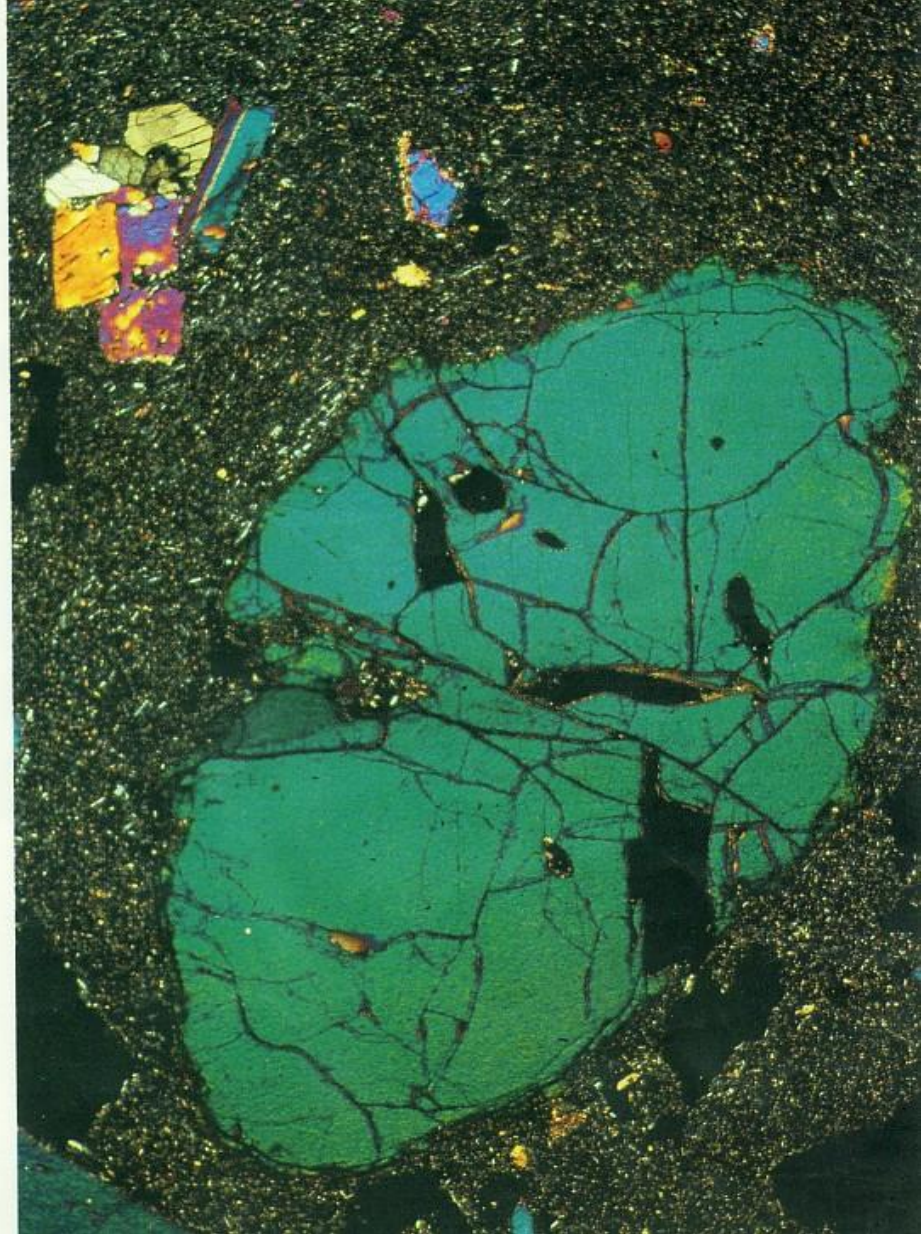
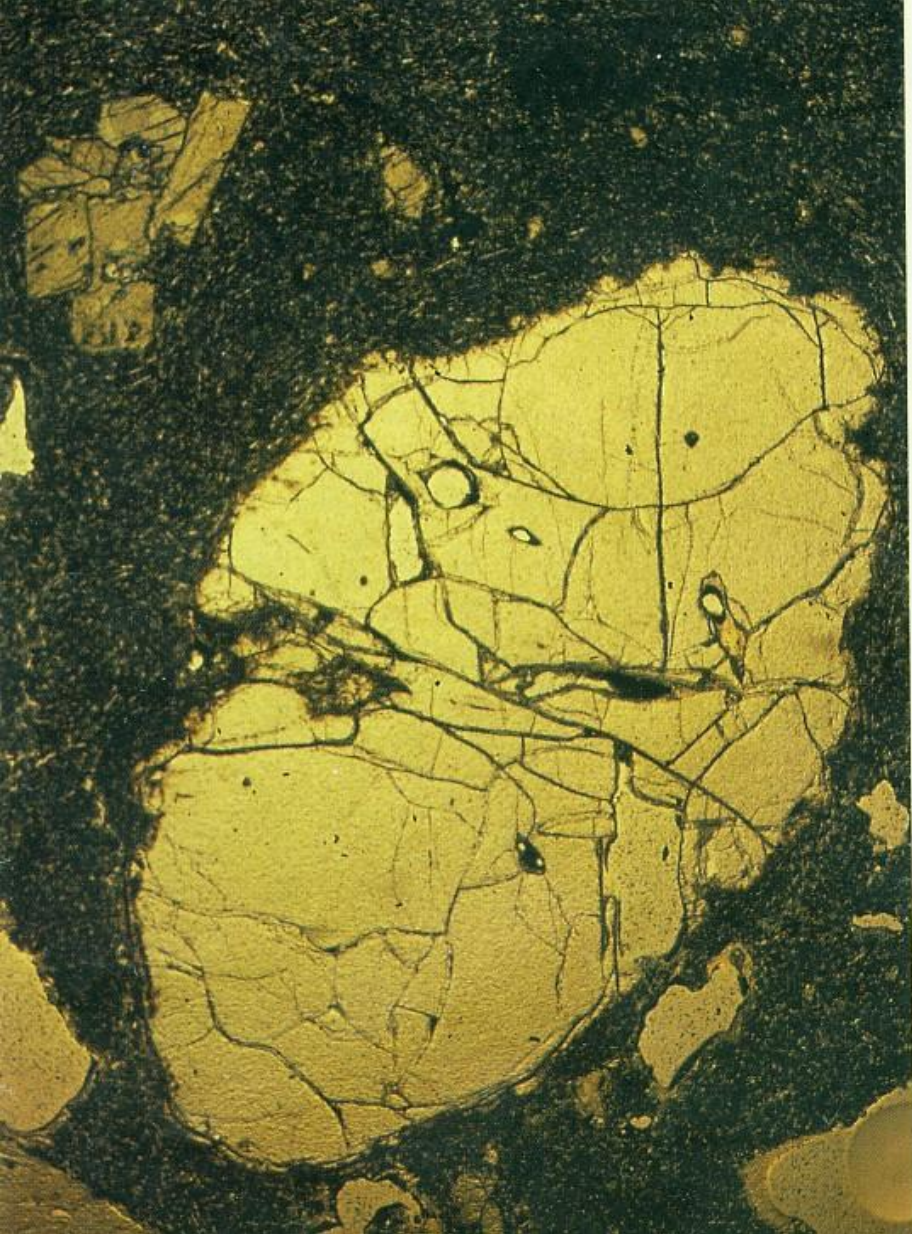
craquelures fréquentes,
mais absence de plans de clivage



incolore et limpide en LPNA

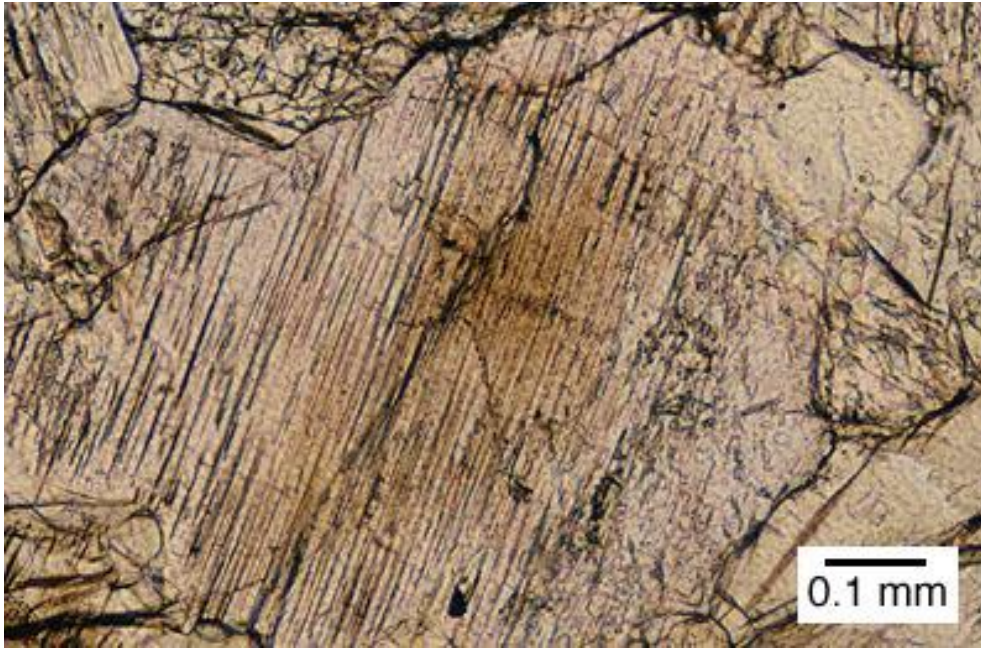
teintes vives en LPA

LPA



Olivine : un mineral craquelé polarisant dans des teintes vives 2ème ordre

Pyroxènes



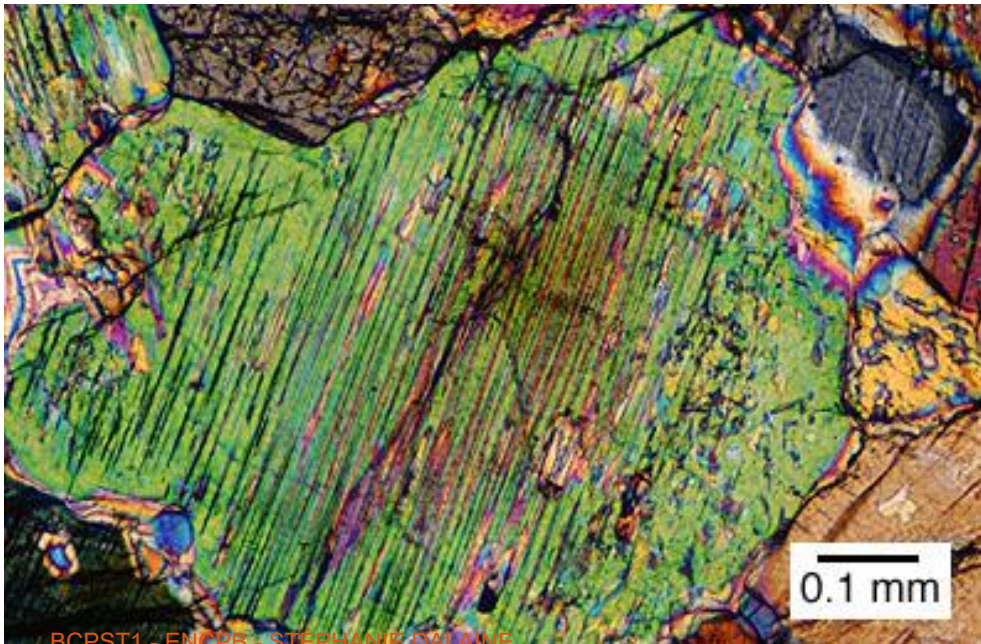
LPNA

minéral en prismes trapus

2 clivages à 90°

incolore à jaune pâle en LPNA

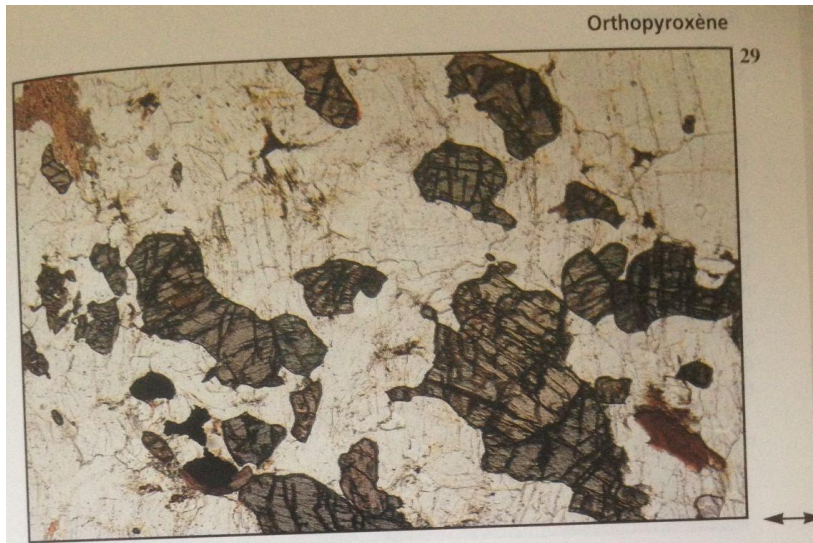
couleurs vives en LPA



LPA

Pyroxènes

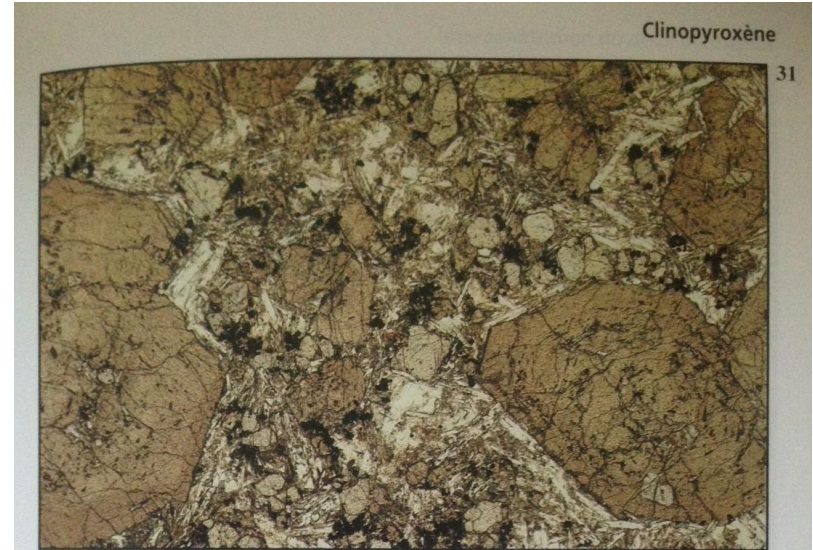
Fort relief (réfringent) en LPNA, clivage à 90° en LPNA et LPA



29 Même cliché que 28, mais le polariseur a été tourné de 90° .



30 Orthopyroxène (grossissement $\times 15$, LPA).

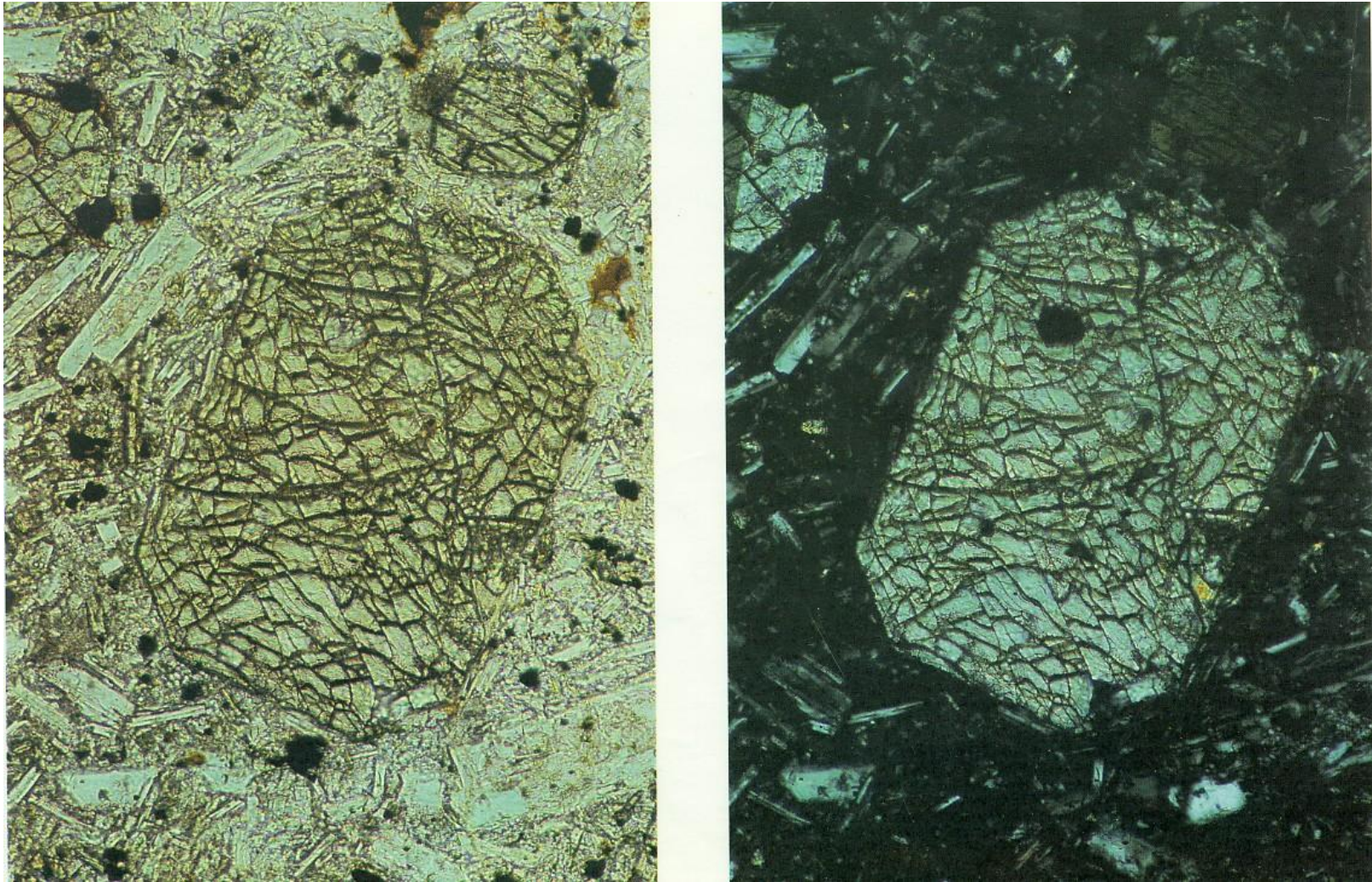


31 Phénocristaux de pyroxène (grossissement $\times 8$, LPNA).



32 Phénocristaux de pyroxène

Pyroxènes

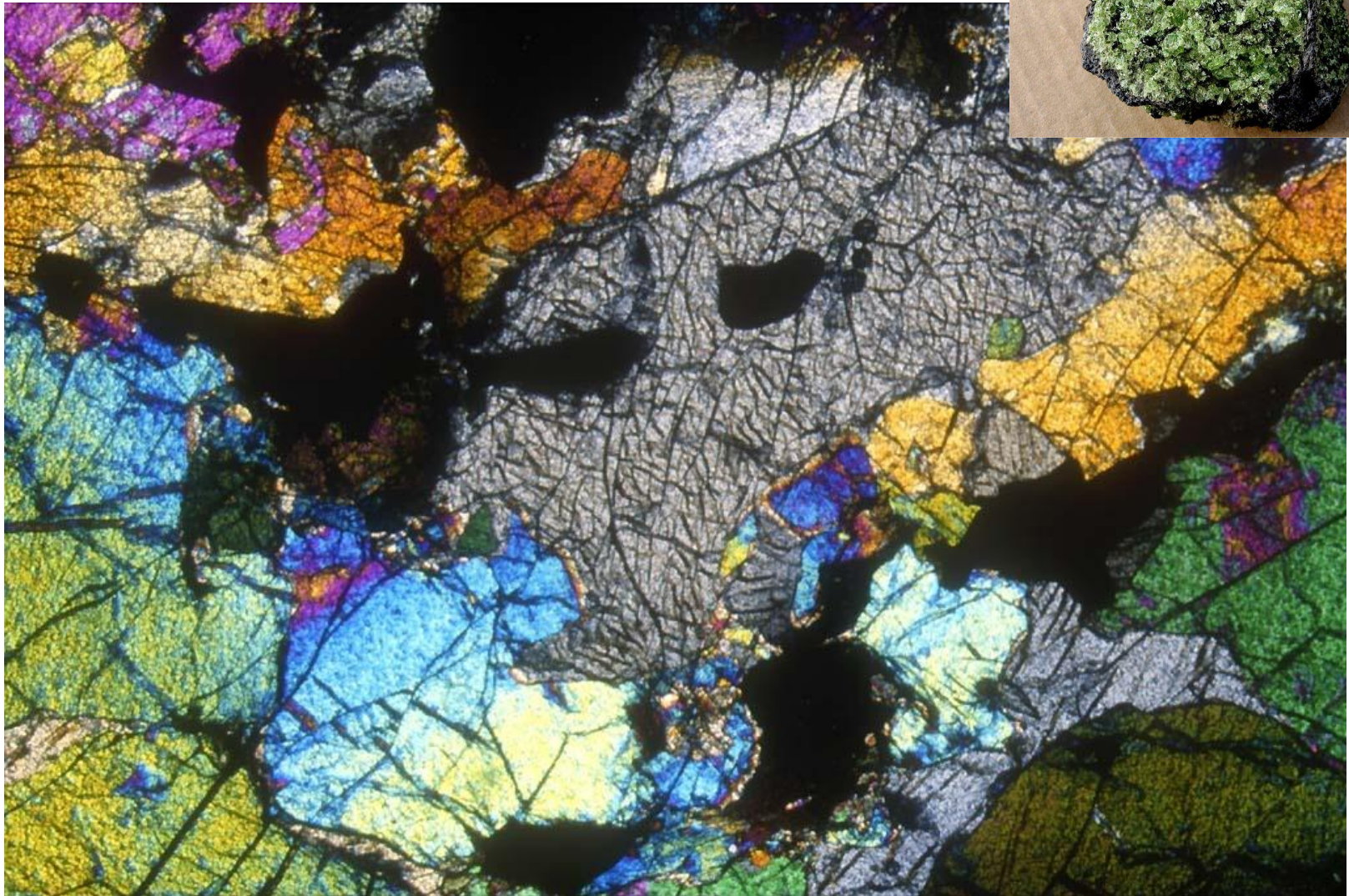


Pyroxène avec plan de clivage à 87° (90°), relief assez fort en LPNA

Pyroxènes



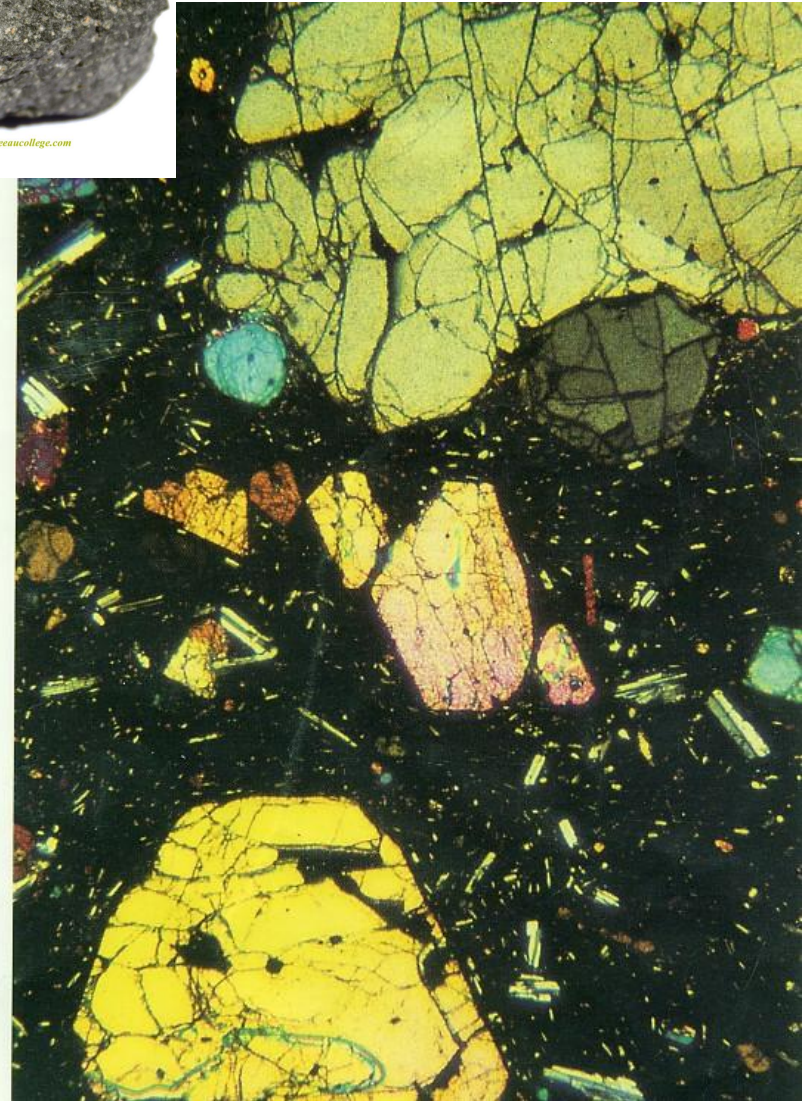
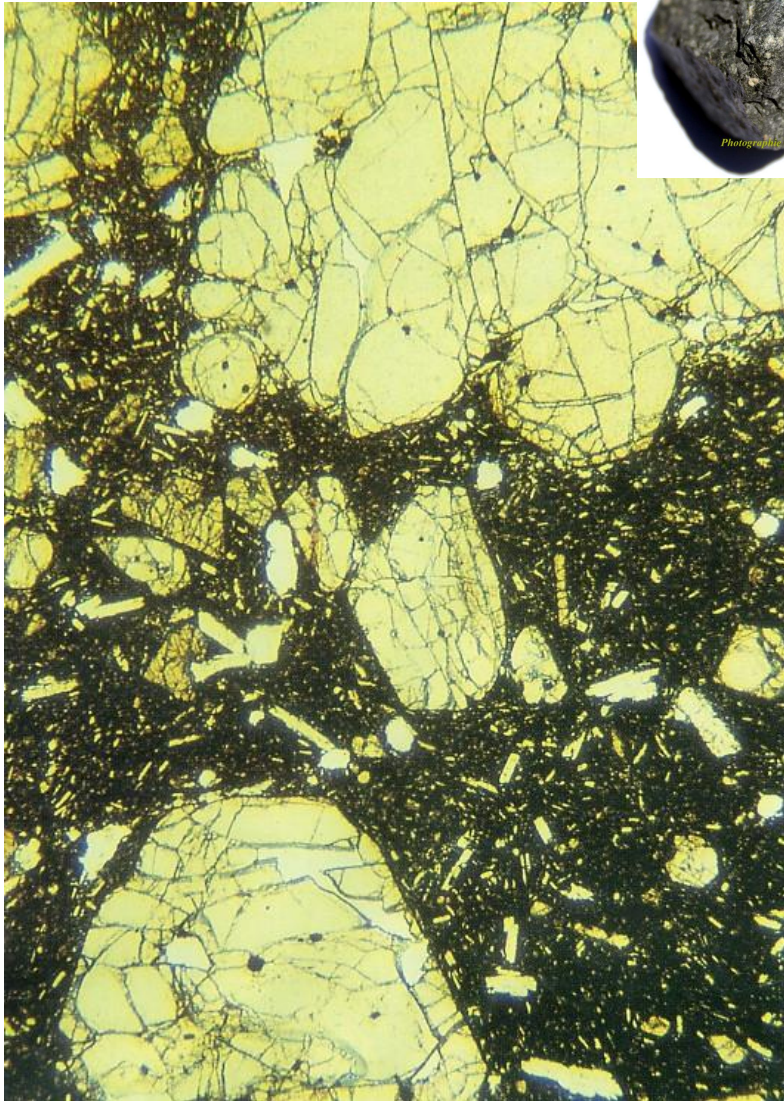
Pyroxène : les clivages à 90° ne sont généralement repérables que sur de petites zones de ces cristaux par ailleurs souvent craquelés.



Dans cette lame de péridotite, autour d'un gros cristal de pyroxène grisâtre, on observe de nombreux cristaux d'olivine.

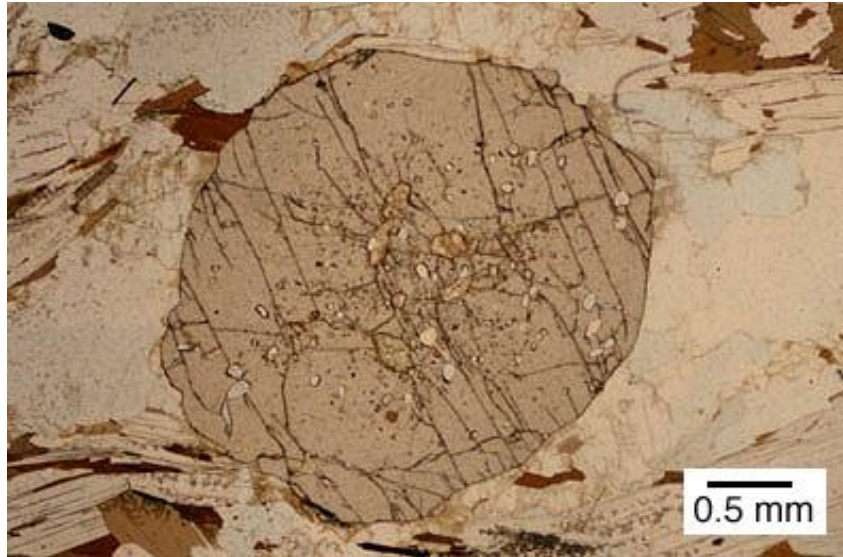


Photographie de haut monnaiecollege.com



Basalte à olivine, repérer les phénocristaux, les microlites et le verre

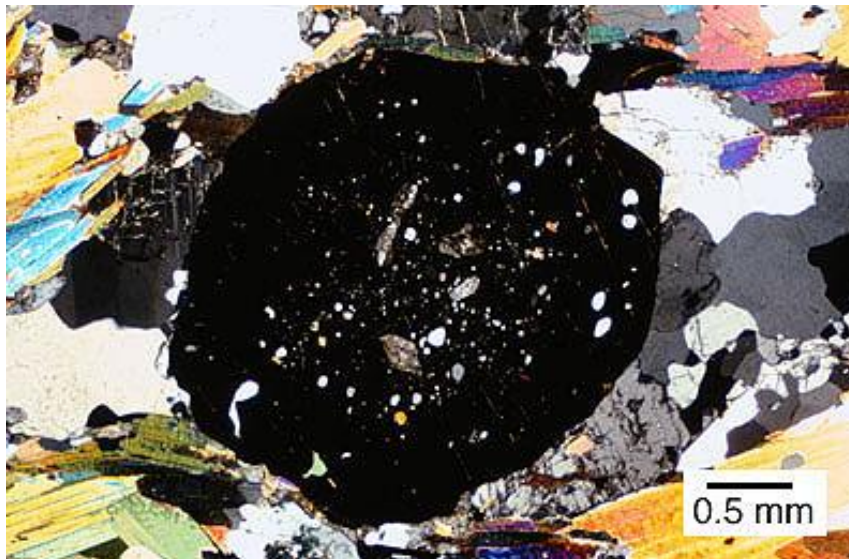
Grenat



LPNA

gros cristaux massifs et géométriques
Assez **fort relief** et craquelures

inclusions fréquentes



incolore en LPNA
noir en LPA

LPA

MINÉRAUX CARDINAUX (PRINCIPAUX) DES ROCHES MAGMATIQUES

Quartz

Feldspaths alcalins (Orthose)

Feldspaths calco-sodique = Plagioclases (Albite, Anorthite)

Feldspathoïdes (néphéline, mélilite)

Micas (Biotite, Muscovite)

Amphiboles

Pyroxènes

Olivines



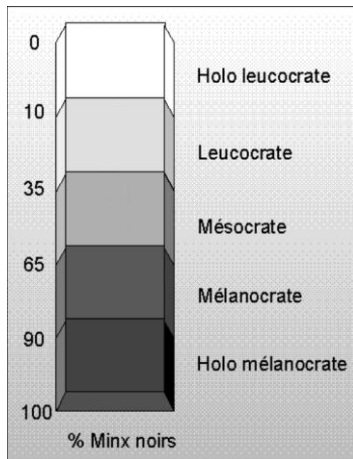
Macroscopique



Microscopique LPA et LPNA

LES 3 FAMILLES DE ROCHES: ÉTUDE MACROSCOPIQUE

Roches magmatiques



Roches sédimentaires



Roches métamorphiques



II. DIVERSITE DES ROCHES MAGMATIQUES ET DES CONTEXTES D'EXPRESSION DES MAGMAS

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES MAGMATIQUES



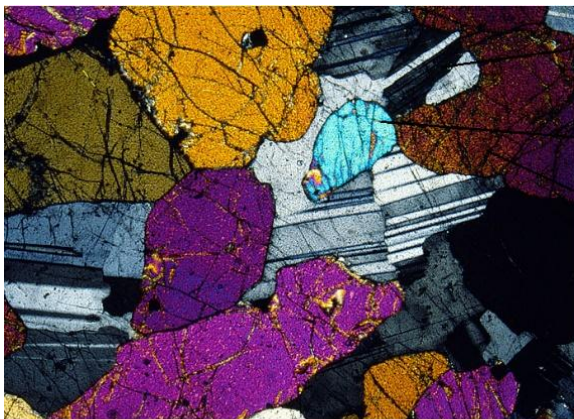
Nom de la roche	Éléments de diagnose	Conditions de formation
Roche 1 : Basalte	<ul style="list-style-type: none">- Roche sombre à texture microlitique- Présence de minéraux blancs (feldspaths plagioclases) et/ou verts (olivines) et/ou noirs (pyroxènes)	Refroidissement en surface d'un magma pauvre en silice
Roche 2 : Gabbro	<ul style="list-style-type: none">- Roche à texture grenue- Présence de minéraux blancs (feldspaths plagioclases) et noirs (pyroxènes)	Refroidissement en profondeur d'un magma pauvre en silice
Roche 3 : Trachyte	<ul style="list-style-type: none">- Roche claire à texture microlitique- Présence de minéraux blancs (feldspaths plagioclases) et de paillettes métalliques (biotites)	Refroidissement en surface d'un magma riche en silice
Roche 4 : Granite	<ul style="list-style-type: none">- Roche plutôt claire à texture grenue- Présence de minéraux gris translucides et brillants (quartz), de minéraux blancs à rose (feldspaths) et de paillettes métalliques (biotites)	Refroidissement en profondeur d'un magma riche en silice

II. DIVERSITE DES ROCHES MAGMATIQUES ET DES CONTEXTES D'EXPRESSION DES MAGMAS

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES MAGMATIQUES



- Réaliser un schéma comparatif de deux lames de roche.



Gabbro

Feldspath
plagioclase

Olivine

Pyroxène

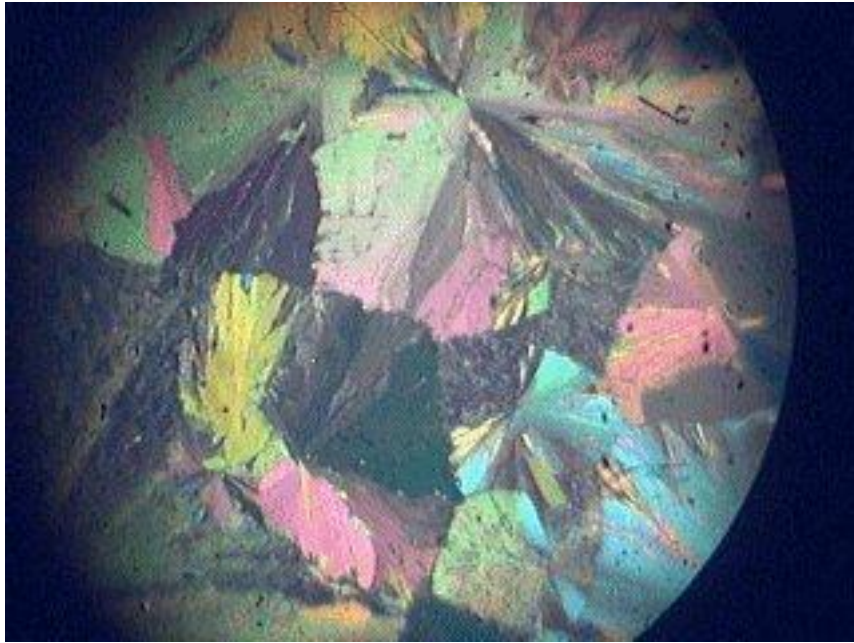
Microlites

Verre



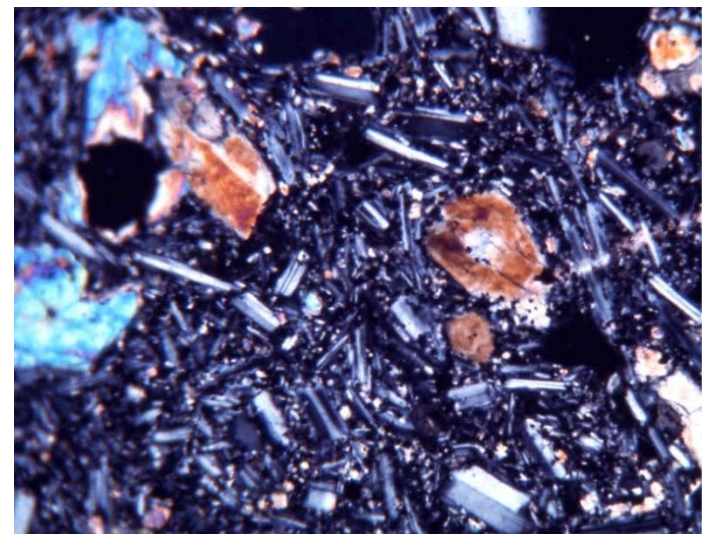
Basalte

MODÉLISATION DE LA TEXTURE DES ROCHES



Refroidissement lent à température ambiante

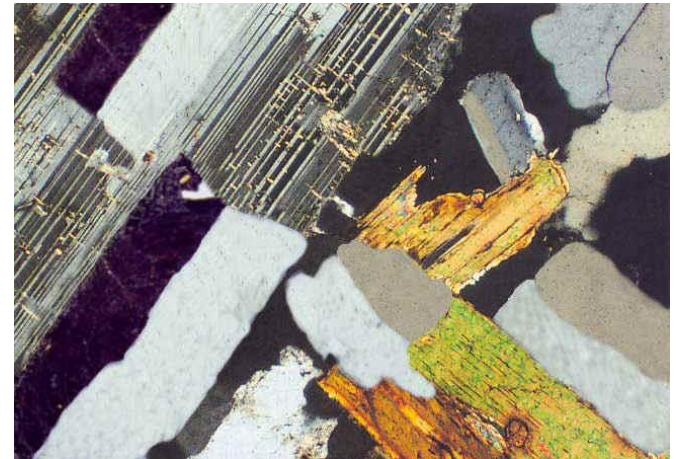
Refroidissement rapide sur de la glace



Granite, roche magmatique plutonique à texture grenue



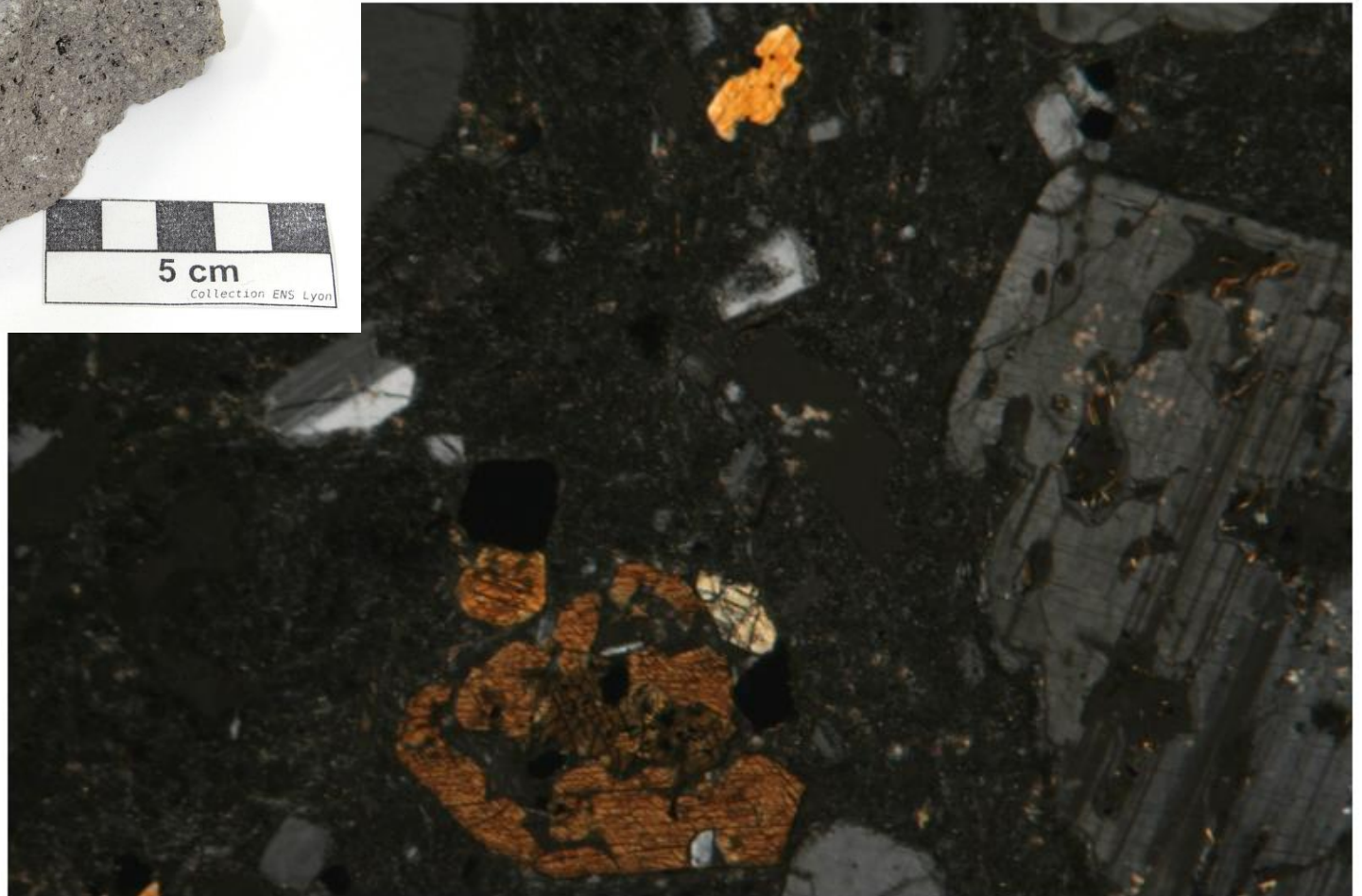
Échantillon de granite : on distingue la biotite (cristal noir avec faces brillantes), des feldspaths blancs, et du quartz gris



Andésite, roche magmatique volcanique à texture microlithique

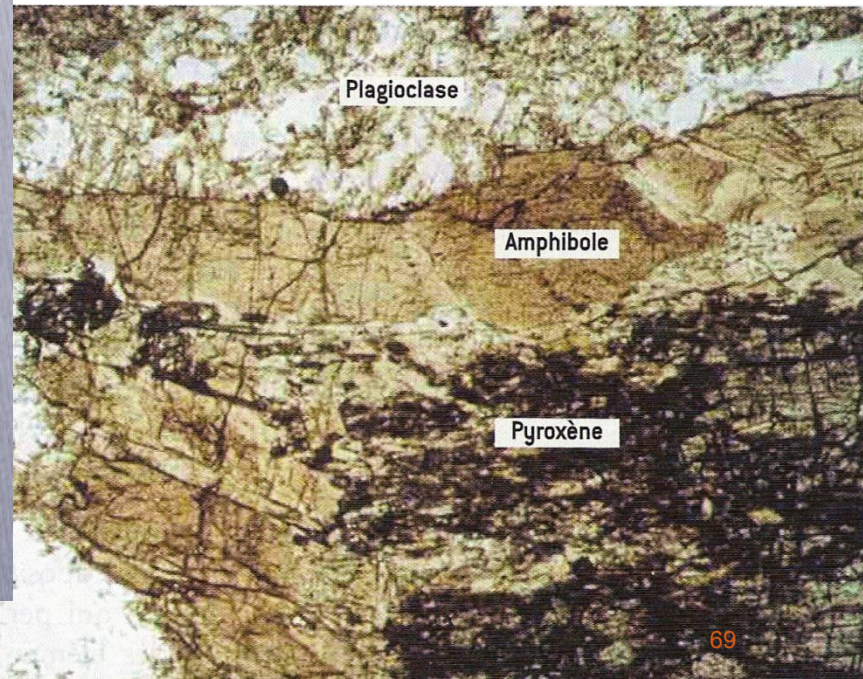
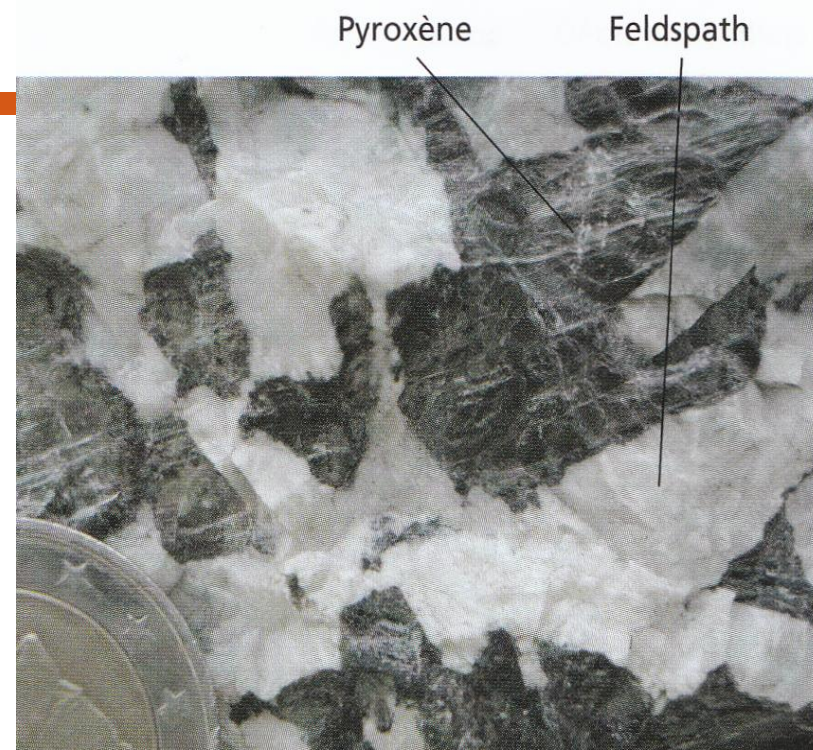


Source: EduTerre



ANDESITE (LPA)

Gabbro, roche magmatique plutonique à texture grenue



Basalte, roche magmatique volcanique à texture microlithique

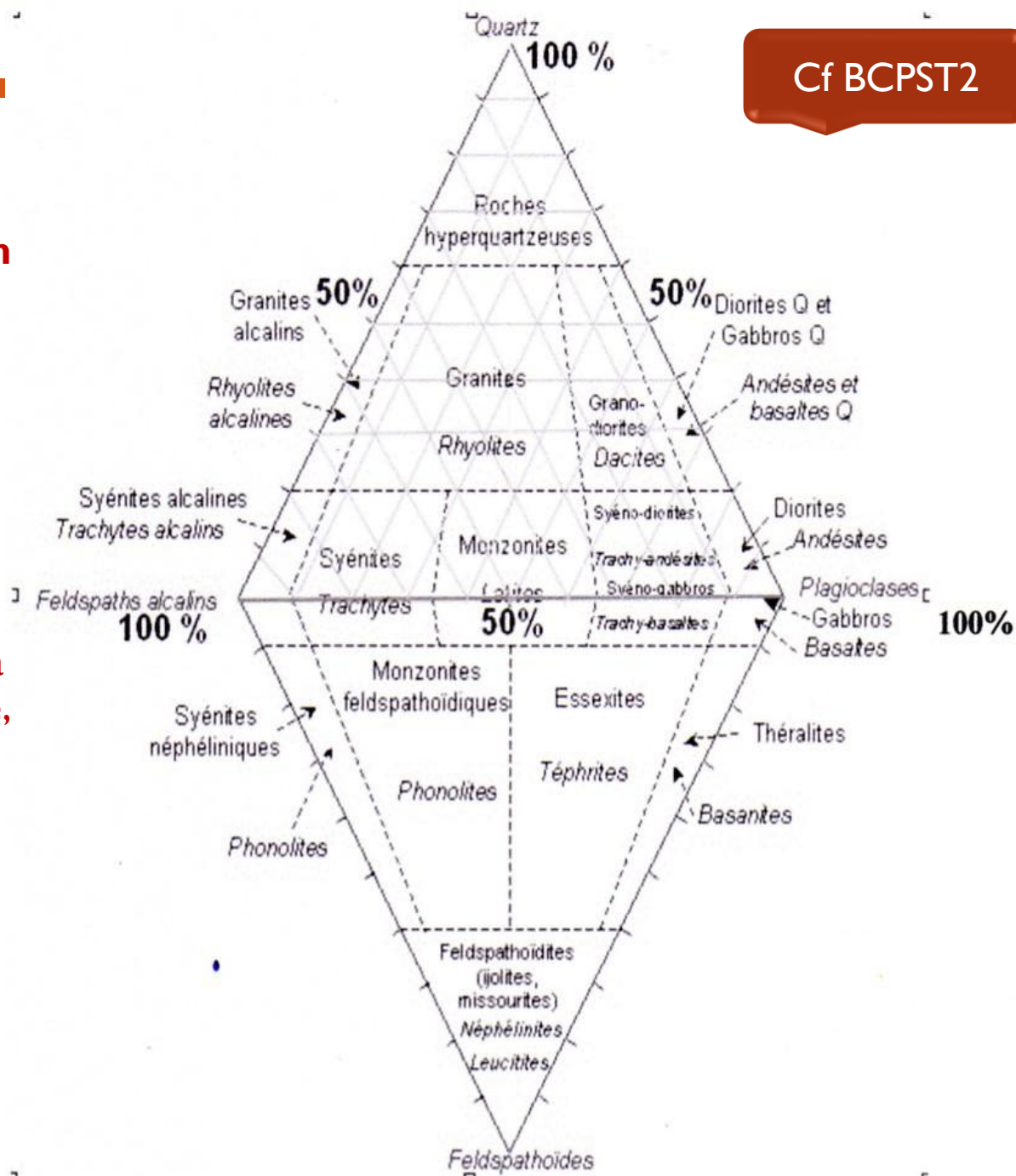


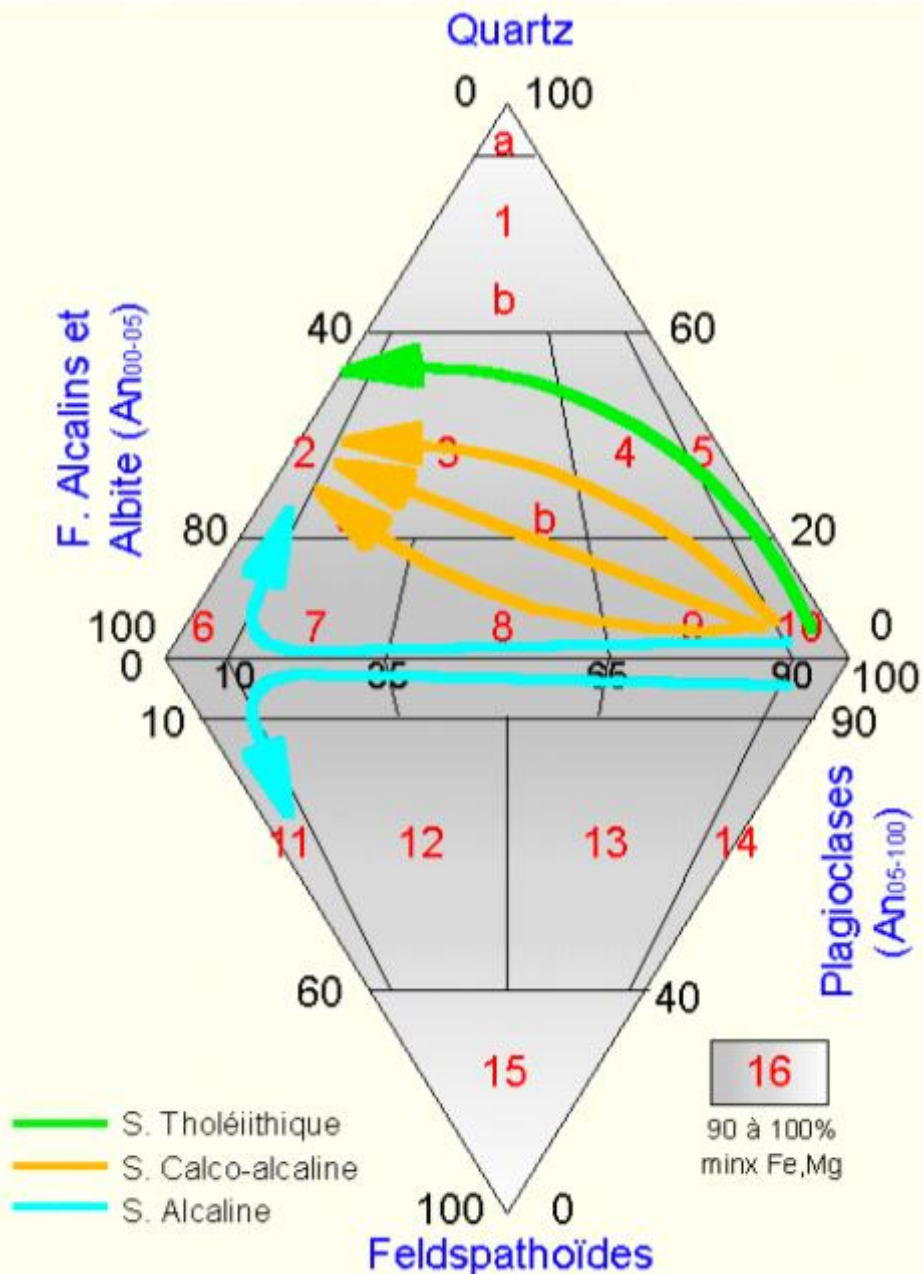
Photographie F.C pour monanneeaucollege.com



La classification de Streckeisen : une classification basée sur les proportions relatives de quartz, feldspath alcalin et plagioclases, effectivement déterminée dans la roche (= mode) pour les roches plutoniques

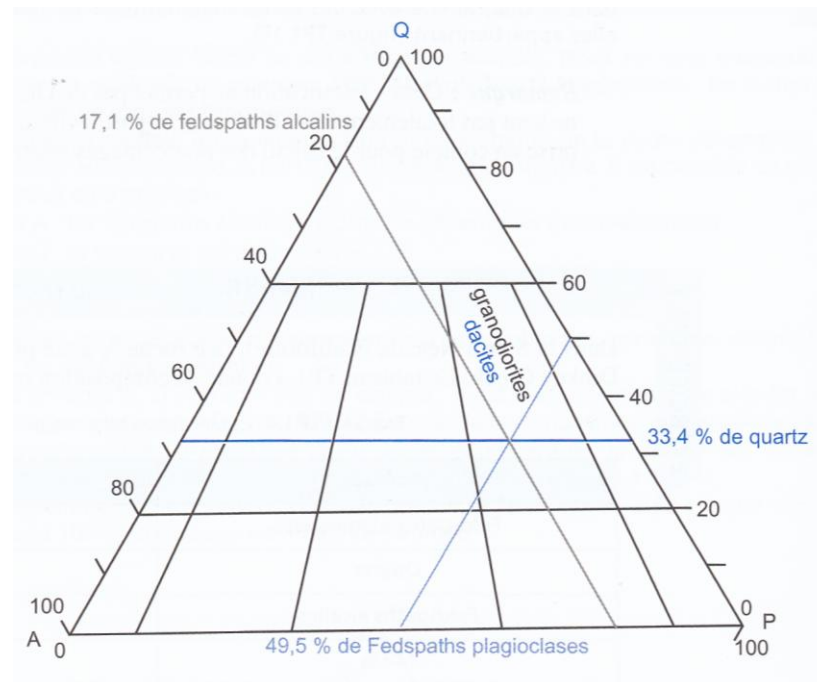
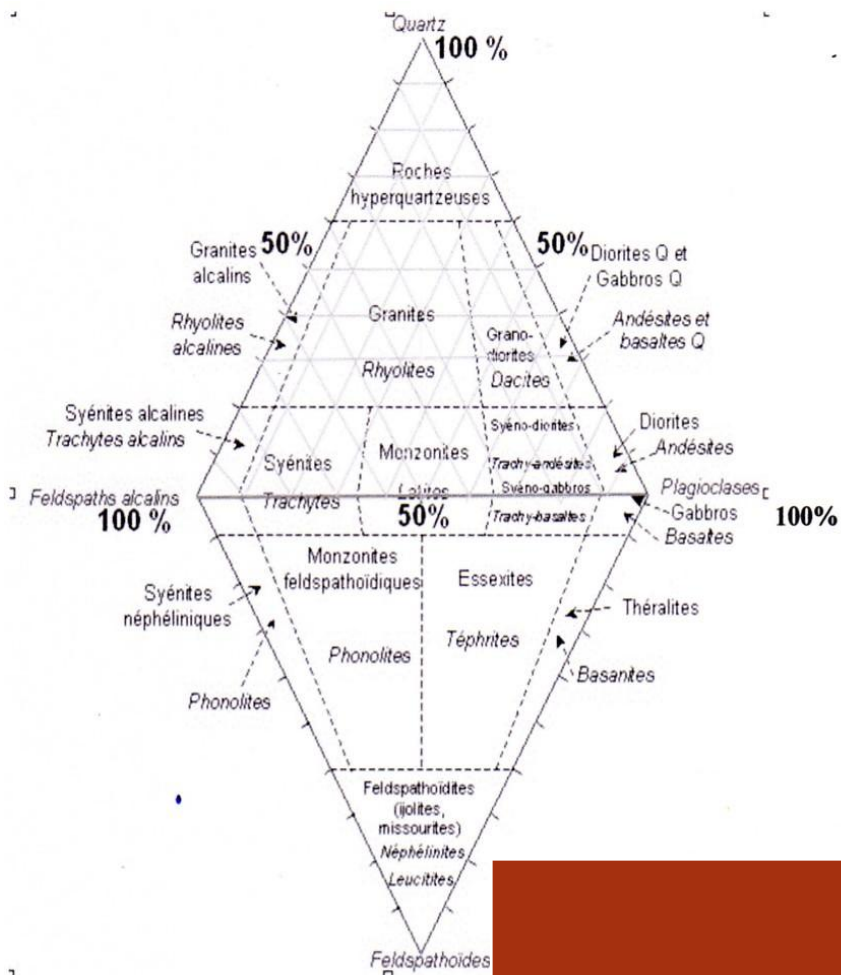
Pour les roches volcaniques, où tout le magma n'a pas cristallisé, à partir de la composition chimique, on peut prendre la norme (composition minéralogique théorique si tout avait cristallisé)



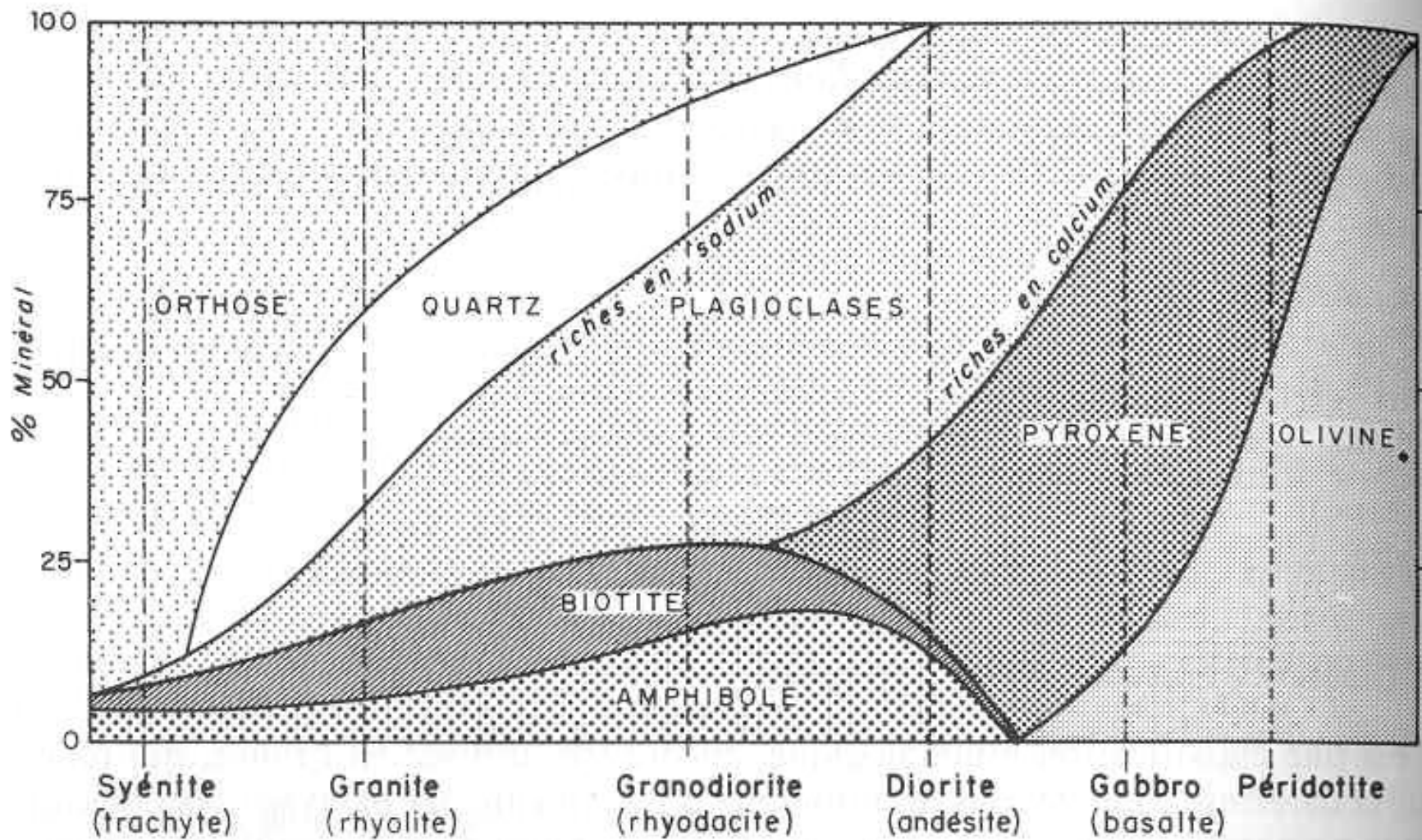


- 1 : roche hyperquartzreuse - 1a : quartzolite (silexite) - 1b : granitoïde hyperquartzeux
 2 : granite alcalin, *rhyolithe alcaline*
 3 : granite (3a: syénogranite, 3b: monzogranite), *rhyolithe*
 4 : granodiorite, *dacite*
 5 : diorite quartzite, *andésite quartzite*, gabbro quartzite, *basalte quartzite*
 6 : syénite alcaline, *trachyte alcaline*
 7 : syénite, *trachyte*
 8 : monzonite, *latite*
 9 : monzodiorite, *trachyandésite*, monzogabbro, *trachybasalte*
 10 : diorite, *andésite*, gabbro, *basalte*
 11 : syénite feldspathoïdique, *phonolithe feldspathoïdique*
 12 : monzosyénite, *phonolite*
 13 : essexite, *téphrite*
 14 : théralite, *basanite*
 15 : ijolite, *néphéline*, missourite, *leucite*
 16 : roche ultramafique : amphibolite, pyroxénolite, *picrite*

Classification de Streckeisen 1974



	Quantité modale (%)	Quantité relative (%)
Feldspaths plagioclases	40,2	100
Quartz	27,1	
Feldspaths alcalins	13,9	
TOTAL	81,2	100



LA CLASSIFICATION MINÉRALOGIQUE

	Roches à quartz et feldspaths	Roches à feldspaths seuls	Roches à feldspaths et feldspathoïdes	Roches à feldspathoïdes seuls	
	Feldspaths alcalins Plagioclases	Feldspaths alcalins Plagioclases	Feldspaths alcalins Plagioclases	Néphéline	Leucite
Roches leucocrates	GRANITE Rhyolite GRANODIORITE Rhyodacite DIORITE QUARTZIQUE Dacite (Anorthite < 50 %)	SYÉNITE ANORTHOSITE Trachyte MONZONITE Latite DIORITE Andésite (Anorthite < 50 %)	SYÉNITE NÉPHÉLINIQUE Phonolite MONZONITE NÉPHÉLINIQUE ESSEXITE Téphrite		
Roches mésocrates	GABBRO QUARTZIQUE Basalte tholéitique (Anorthite > 50 %)	GABBRO Basalte (Anorthite > 50 %)	SHOSHONITE THÉRALITE Basanite	IJOLITE Néphéline	Leucite
Roches mélanocrates		METAGABBRO Metabasalte		Ankaramite	
Roches holo-mélanocrates		AMPHIBOOLITE PÉRIDOTITE-PYROXÉNOLITE Picrite			

Alcalinité de la roche vs Acidité :

Diagramme TAS (total alkali silica)

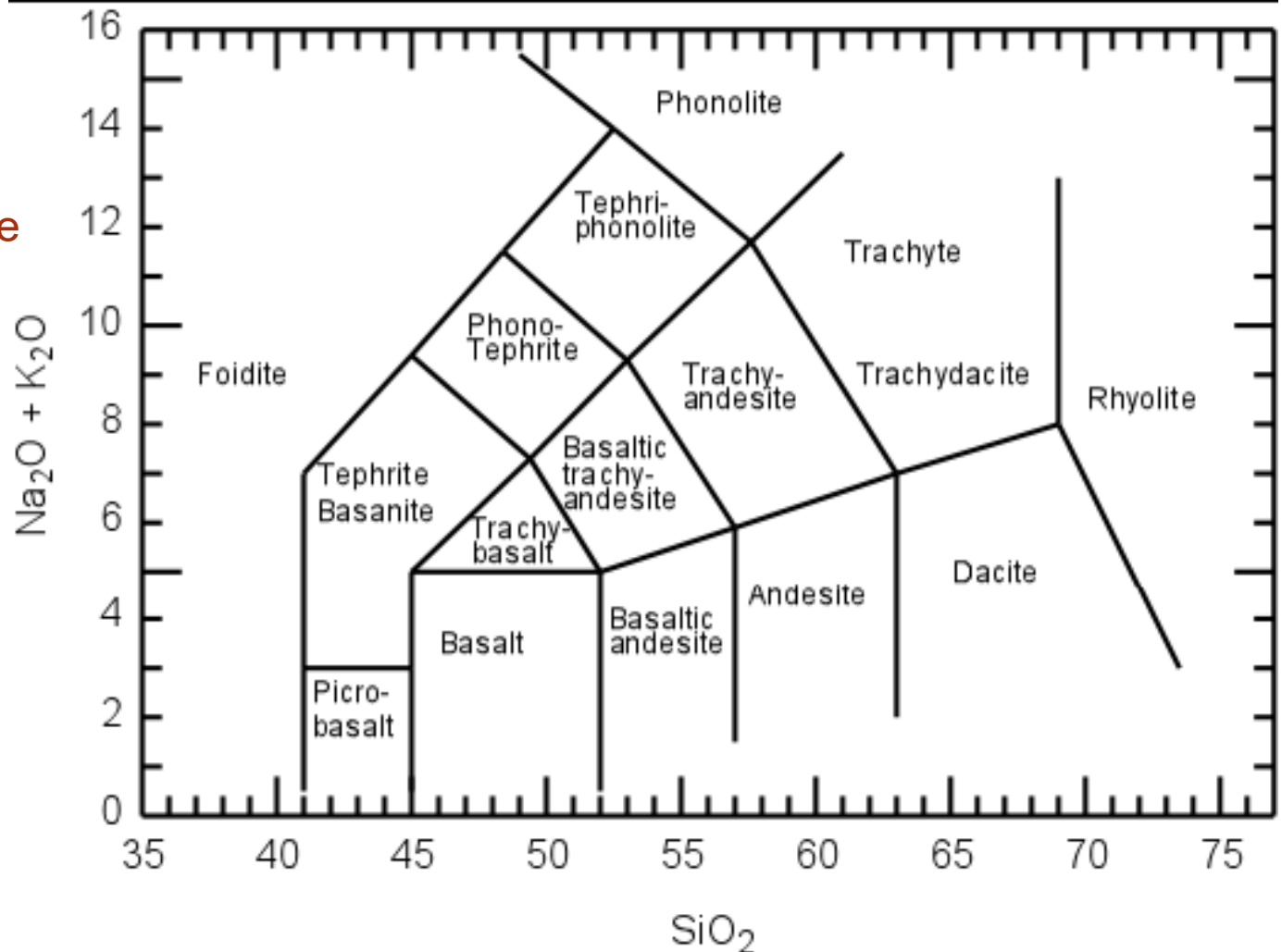
Contenu en SiO_2
(Silice)

66 poids. % \rightarrow Acide

52-66 poids% \rightarrow
Intermédiaire

45-52 poids% \rightarrow
Basique

< 45 poids% \rightarrow
Ultrabasique



Péridotite, roche mantellique, holocristalline

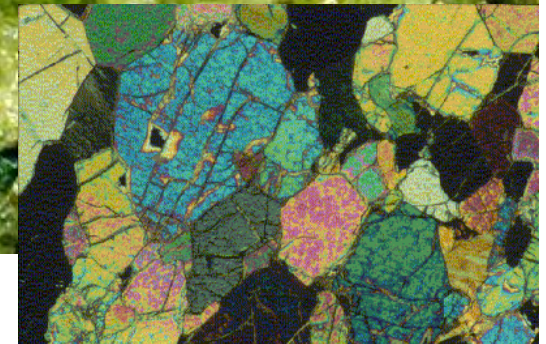
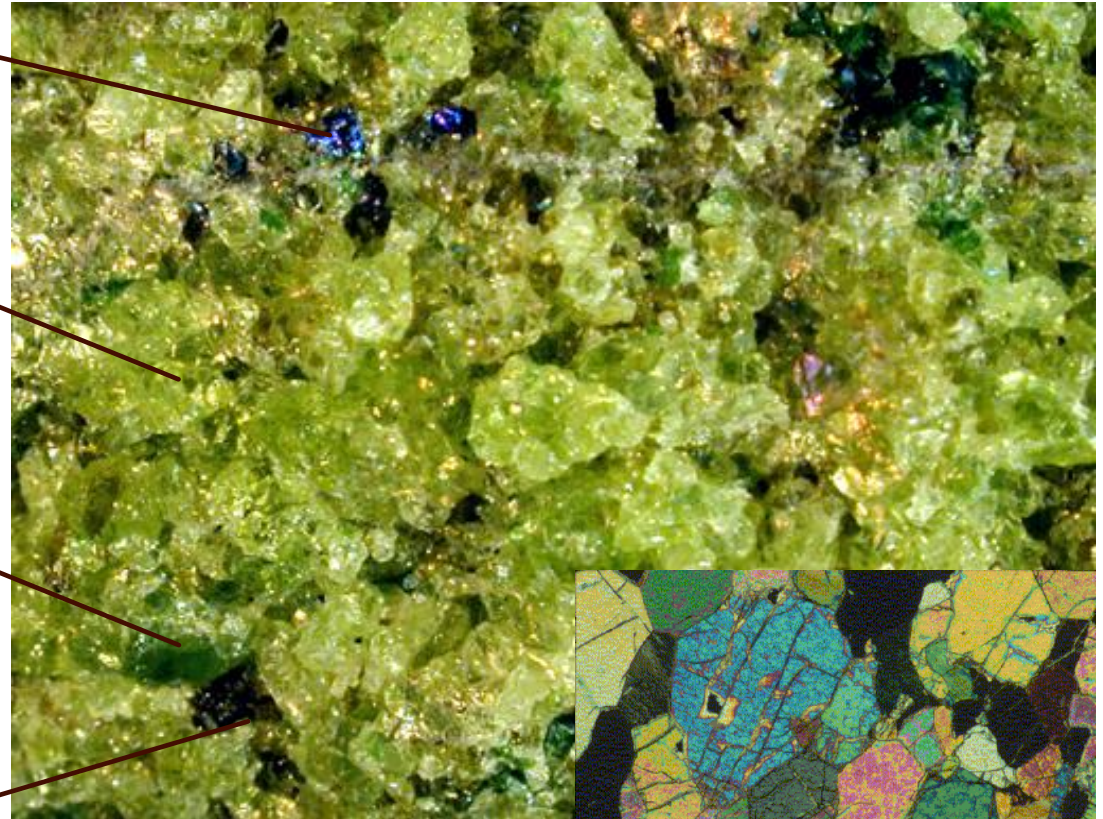


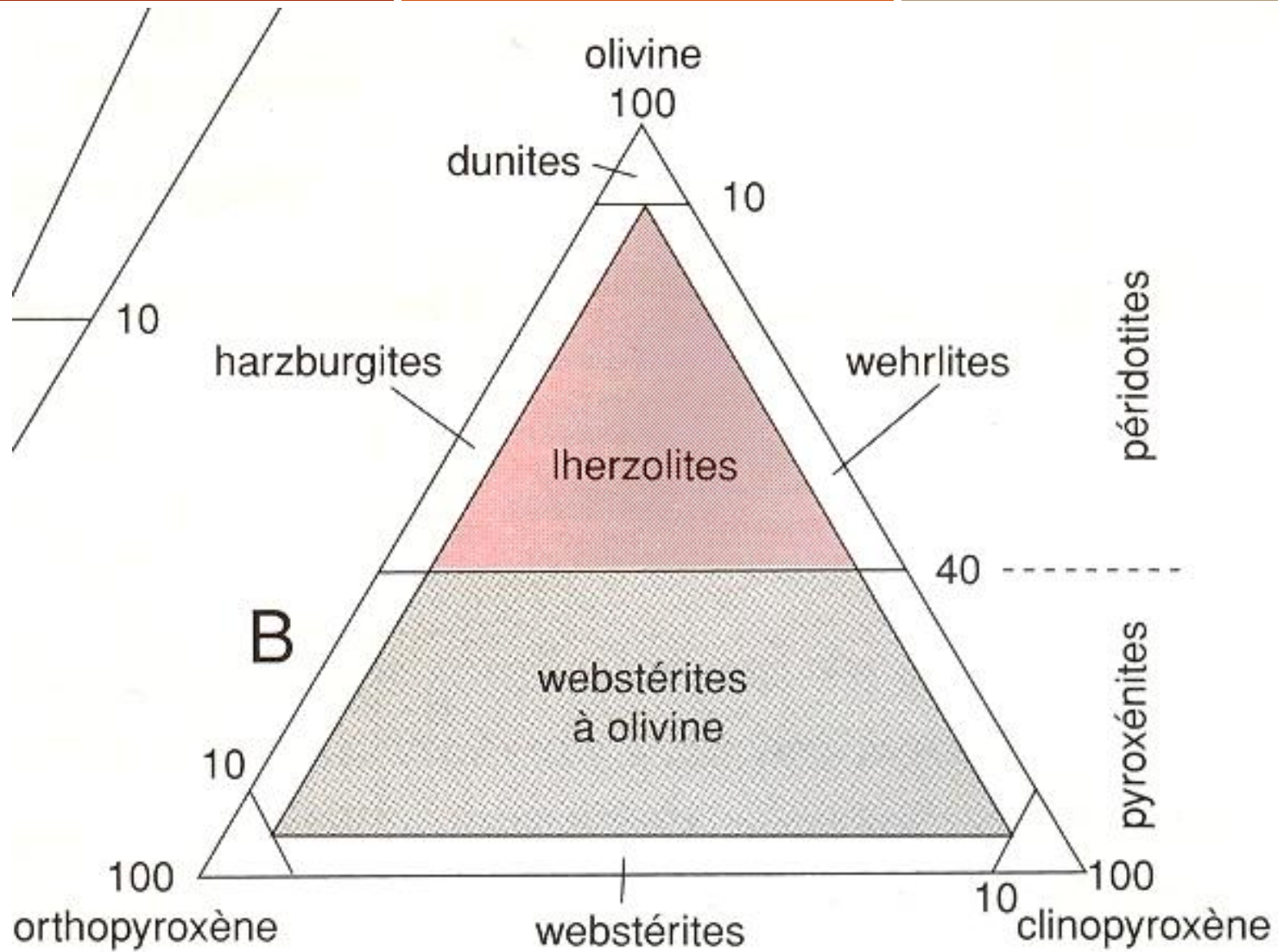
Noir translucide
orthopyroxène

Vert olive
olivine

Vert franc
clinopyroxène

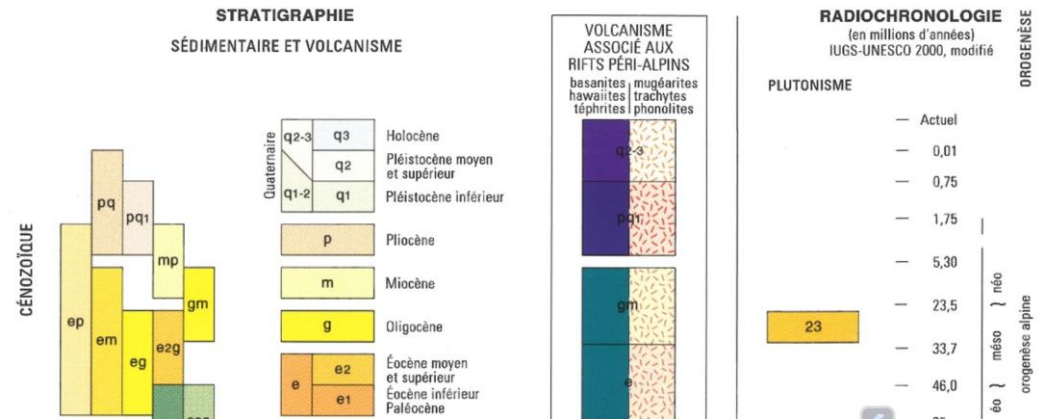
Noir opaque
spinelle



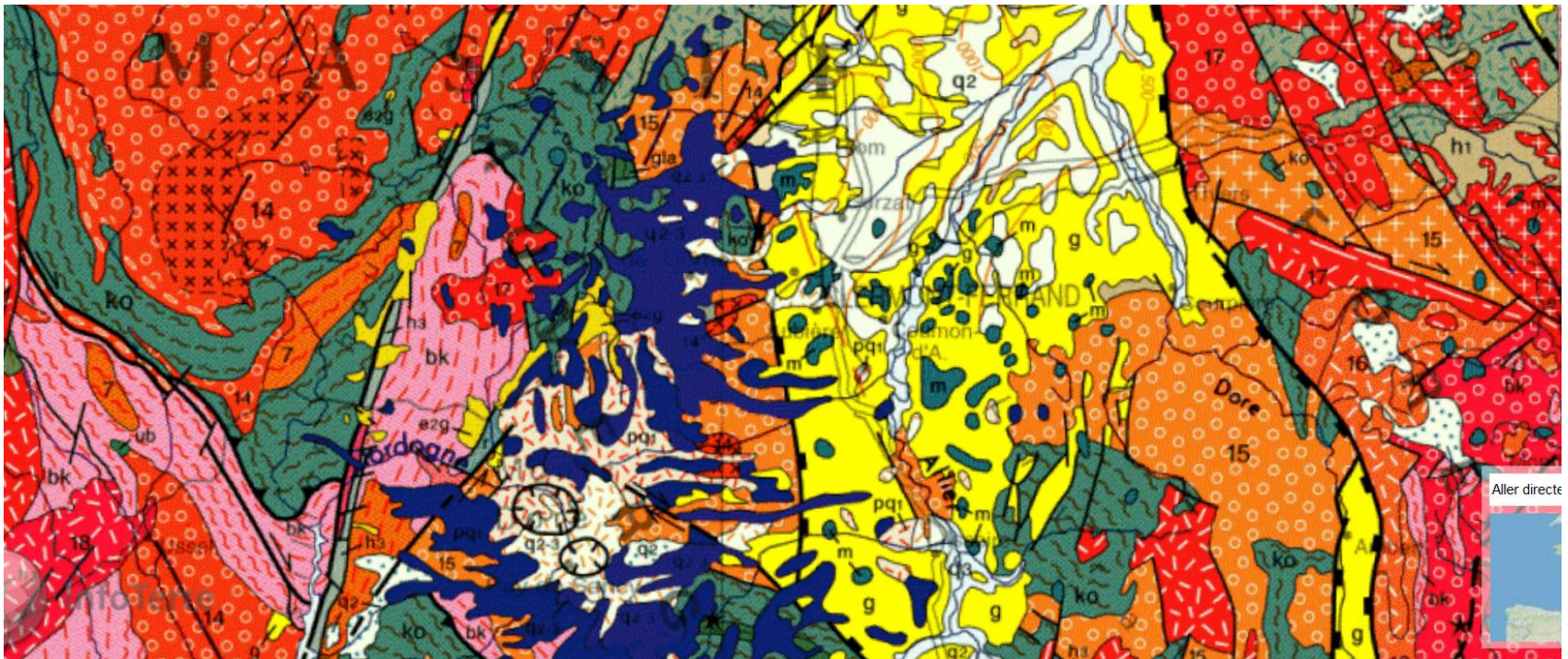


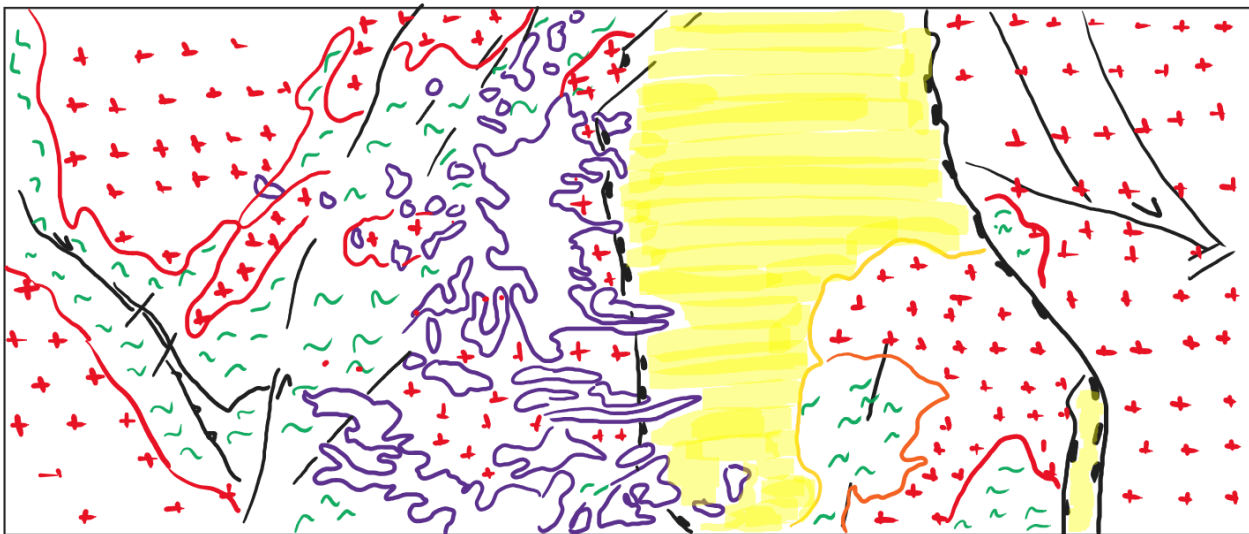
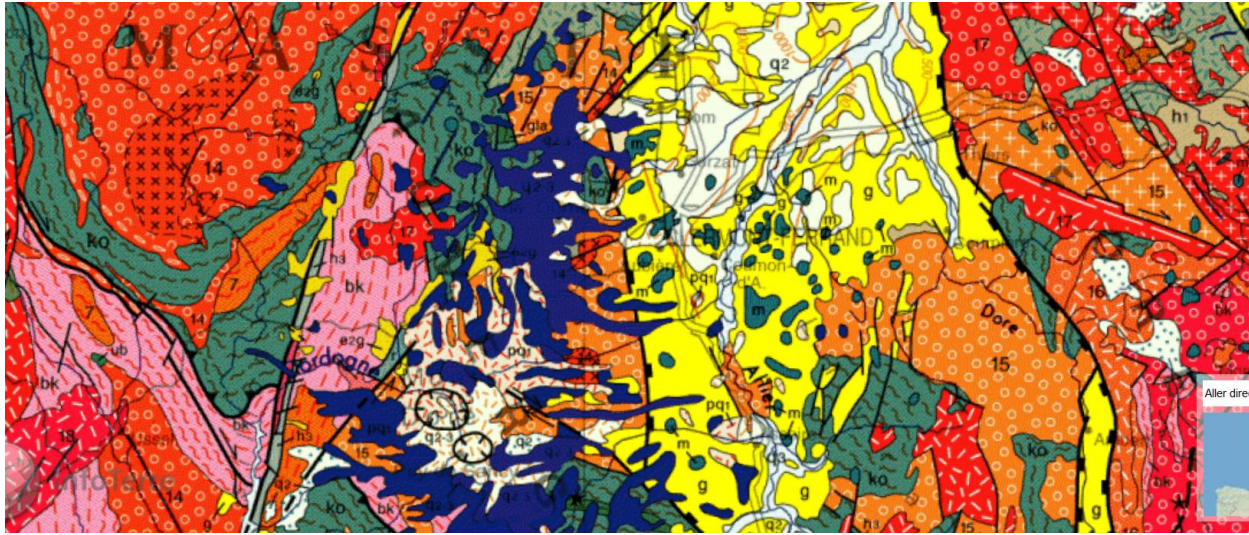
Streckeisen appliqué aux roches mantelliques

II. DIVERSITE DES ROCHES MAGMATIQUES ET DES CONTEXTES D'EXPRESSION DES MAGMAS B. RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE DU FOSSÉ DE LIMAGNE



- Retrouver sur la carte géologique de Clermont-Ferrand les roches étudiées dans la partie précédente lorsque c'est possible.










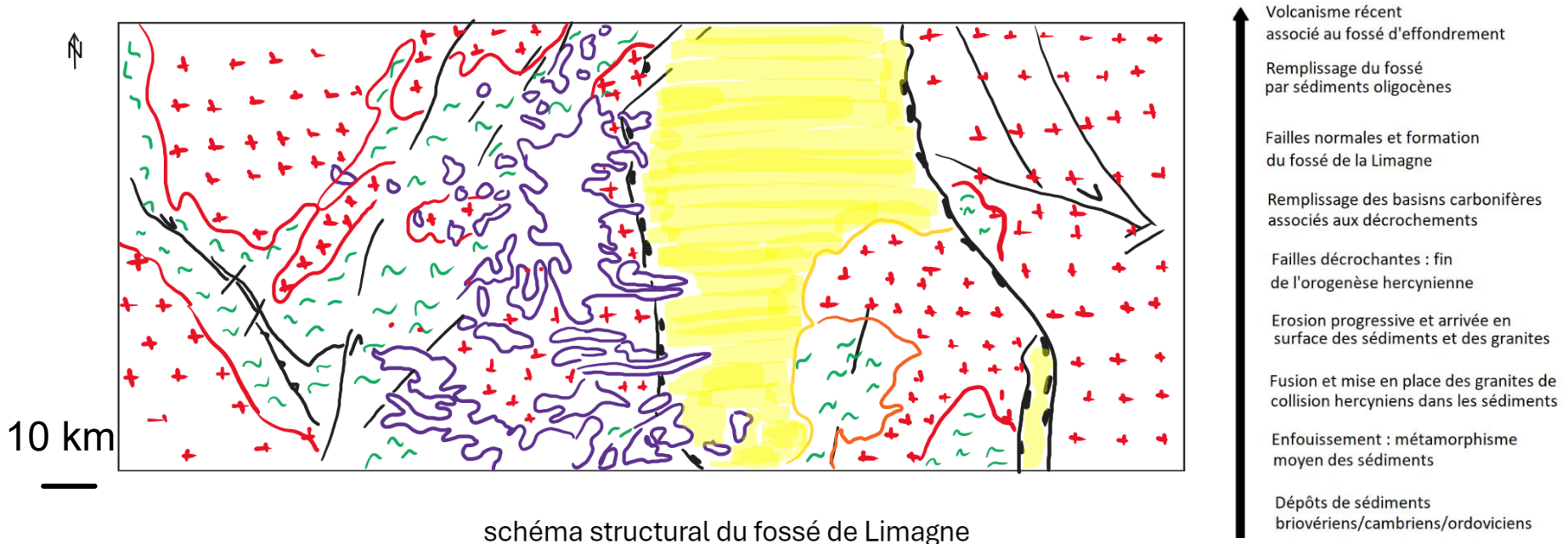
-  volcanisme récent
-  remplissage par sédiments Oligocène
-  failles normales conjuguées, formation de la plaine de Limagne
-  granite de collision varisque
-  sédiments ante-varisques

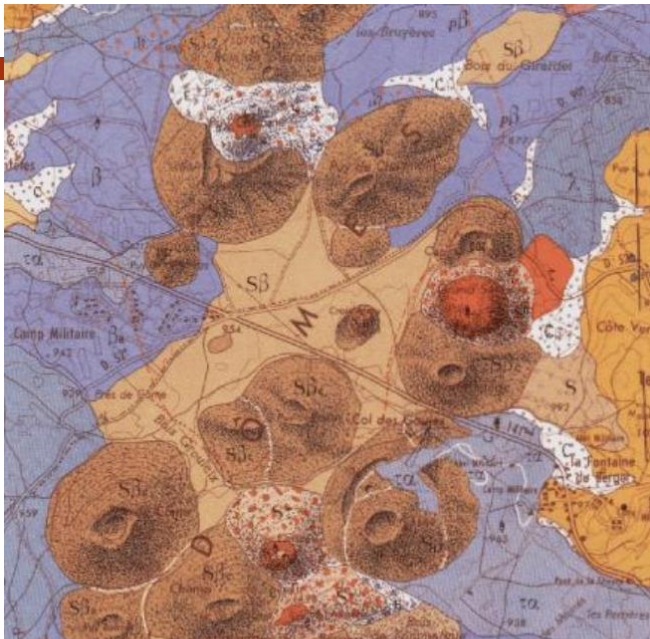
schéma structural du fossé de Limagne

II. DIVERSITE DES ROCHES MAGMATIQUES ET DES CONTEXTES D'EXPRESSION DES MAGMAS

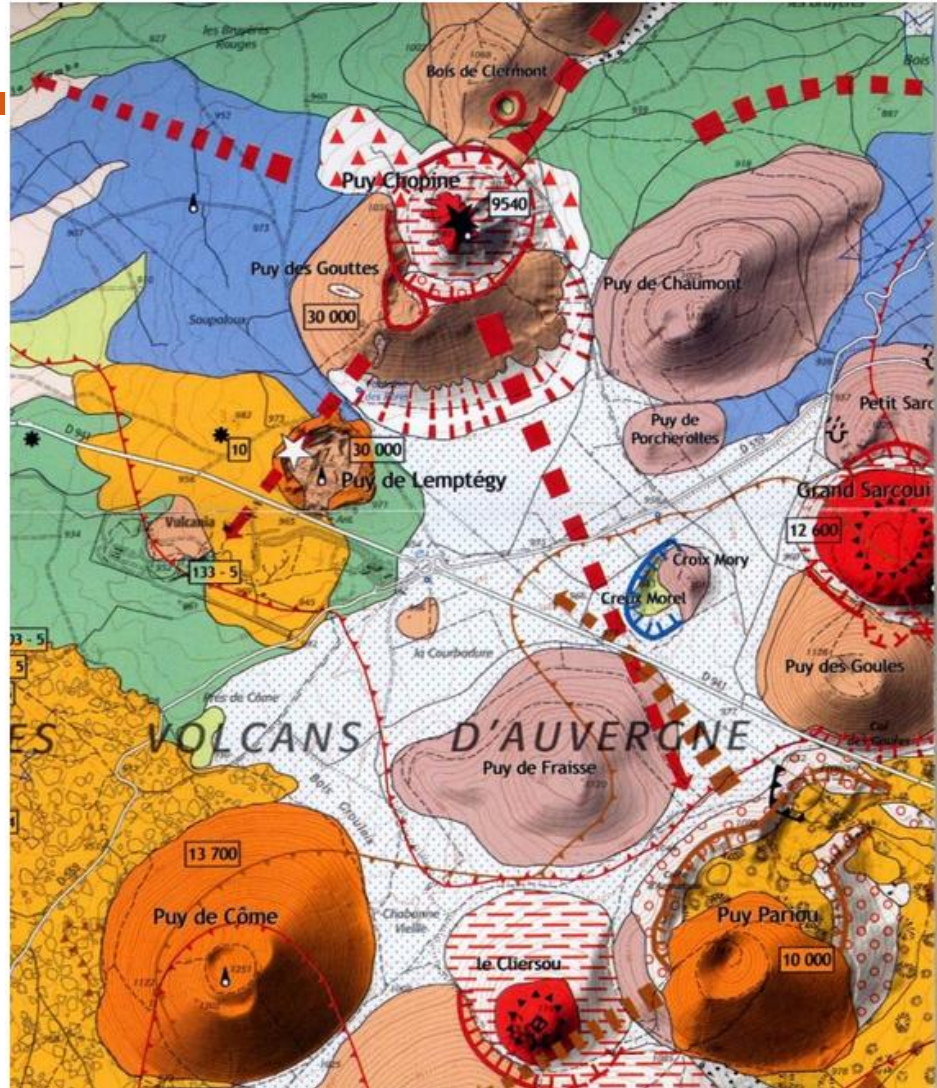
B. RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE DU FOSSÉ DE LIMAGNE

- Reconstituer l'histoire de la région en utilisant la carte géologique de la France au 1/1 000 000ème ainsi que la carte géologique de Clermont-Ferrand. Votre compte-rendu prendra la forme d'une flèche « temps » retraçant l'histoire géologique de la région, ainsi que d'un schéma structural (à remplir dans le cadre ci-dessous).

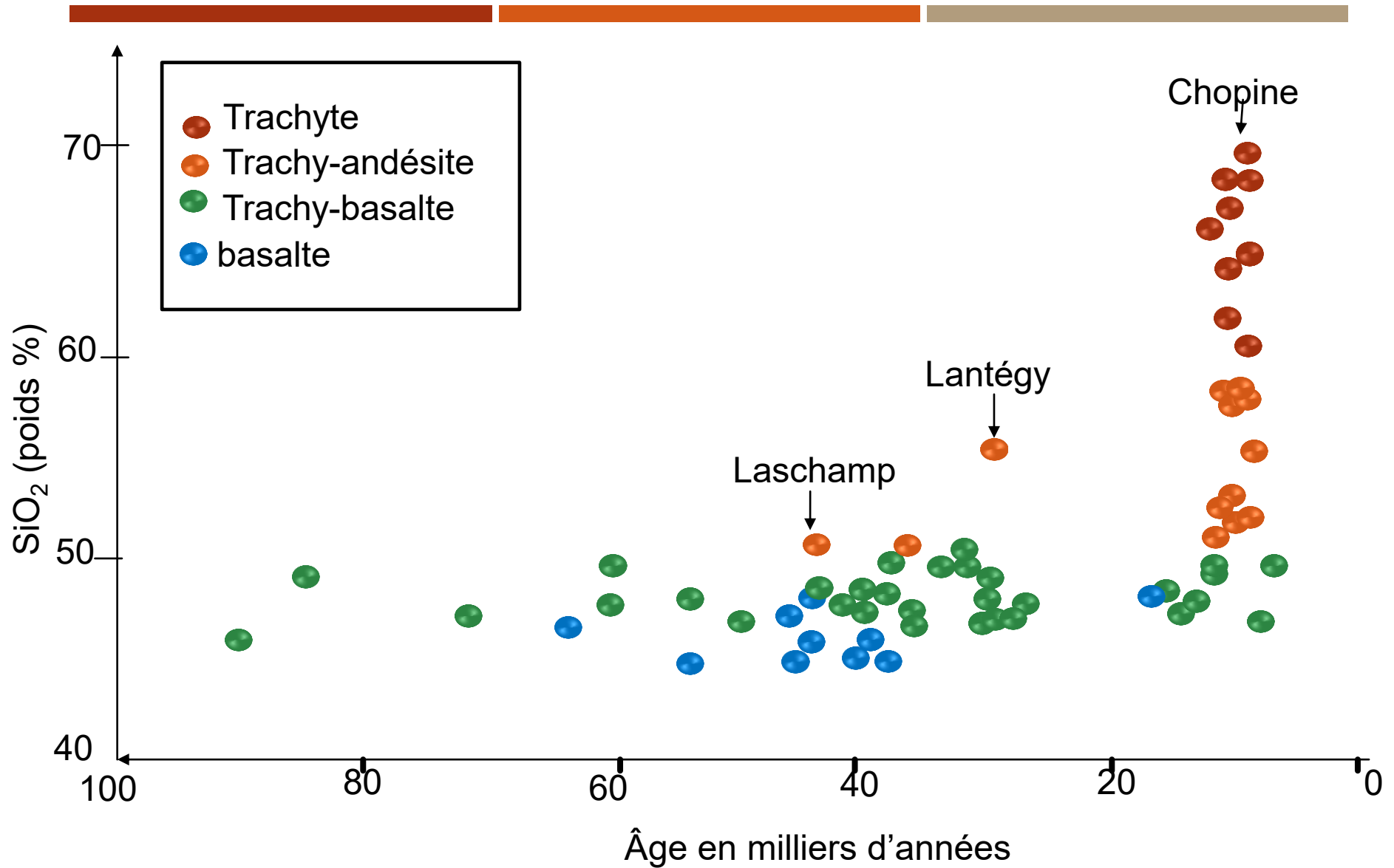




Système



https://viagallica.com/auvergne/carte_de_la_chaine_des_puys.htm



Évolution de la composition des laves de la chaîne des Puys au cours du temps

III. DIVERSITE DES ROCHES SEDIMENTAIRES ET DES CONTEXTES DE SEDIMENTATION

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES SEDIMENTAIRES

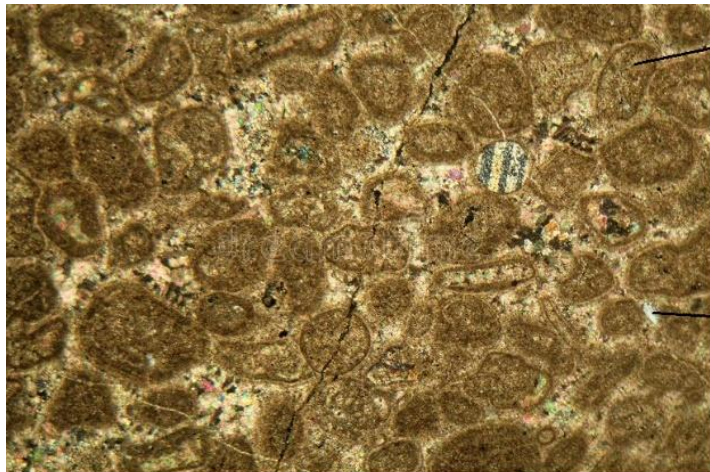
- Réaliser la diagnose de ces roches et émettre des hypothèses sur leur mode de formation.

Nom de la roche	Éléments de diagnose	Conditions de formation
Roche 5 : Conglomérat (poudingue)	- Accumulation de grains de taille supérieure à 2mm dans une matrice	Dépôt de particules roulées par l'eau dans un milieu fortement agité (ex : rivière de montagne, falaise)
Roche 6 : Grès	- Accumulation de grains de quartz de taille comprise entre 0,62µm et 2mm dans une matrice rayée le verre	Dépôts de particules dans un milieu faiblement agité (delta, plage)
Roche 7 : Argile	- Roche homogène collante/happant la langue, constitué de grains non visibles à l'œil nu	Dépôts de particules très fines dans un milieu très calme (estuaire, lac, milieu marin franc)
Roche 8 : Calcaire coquiller	- Roche faisant effervescence à l'acide chlorhydrique, constituée de l'accumulation de coquilles d'organismes marins	Accumulation de particules d'organismes dans un milieu agité (coquilles brisées de taille assez importante : plage par exemple)
Roche 9 : Calcaire lithographique	- Roche faisant effervescence à l'acide chlorhydrique, très homogène et dure, à cassure franche	Accumulation de boue carbonatée (squelettes de microplancton) dans un milieu très calme : milieu marin franc, lac
Roche X : Gypse	- Roche constituée de cristaux blanchâtres, tendre et rayable à l'ongle	Evaporation dans un milieu chaud avec une faible tranche d'eau : lagune

III. DIVERSITE DES ROCHES SEDIMENTAIRES ET DES CONTEXTES DE SEDIMENTATION

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES SEDIMENTAIRES

- Observer les deux lames de roches sédimentaires fournies et réaliser un schéma comparatif.

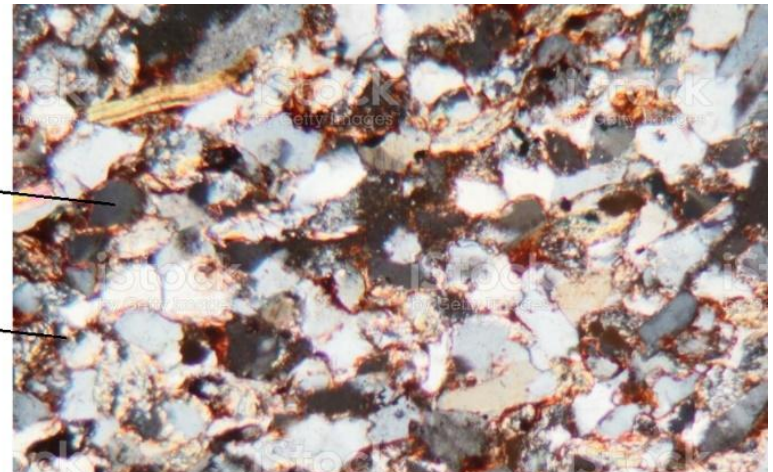


Calcaire biogène

Coquille calcaire d'organisme

Grain de quartz

Ciment entre les particules

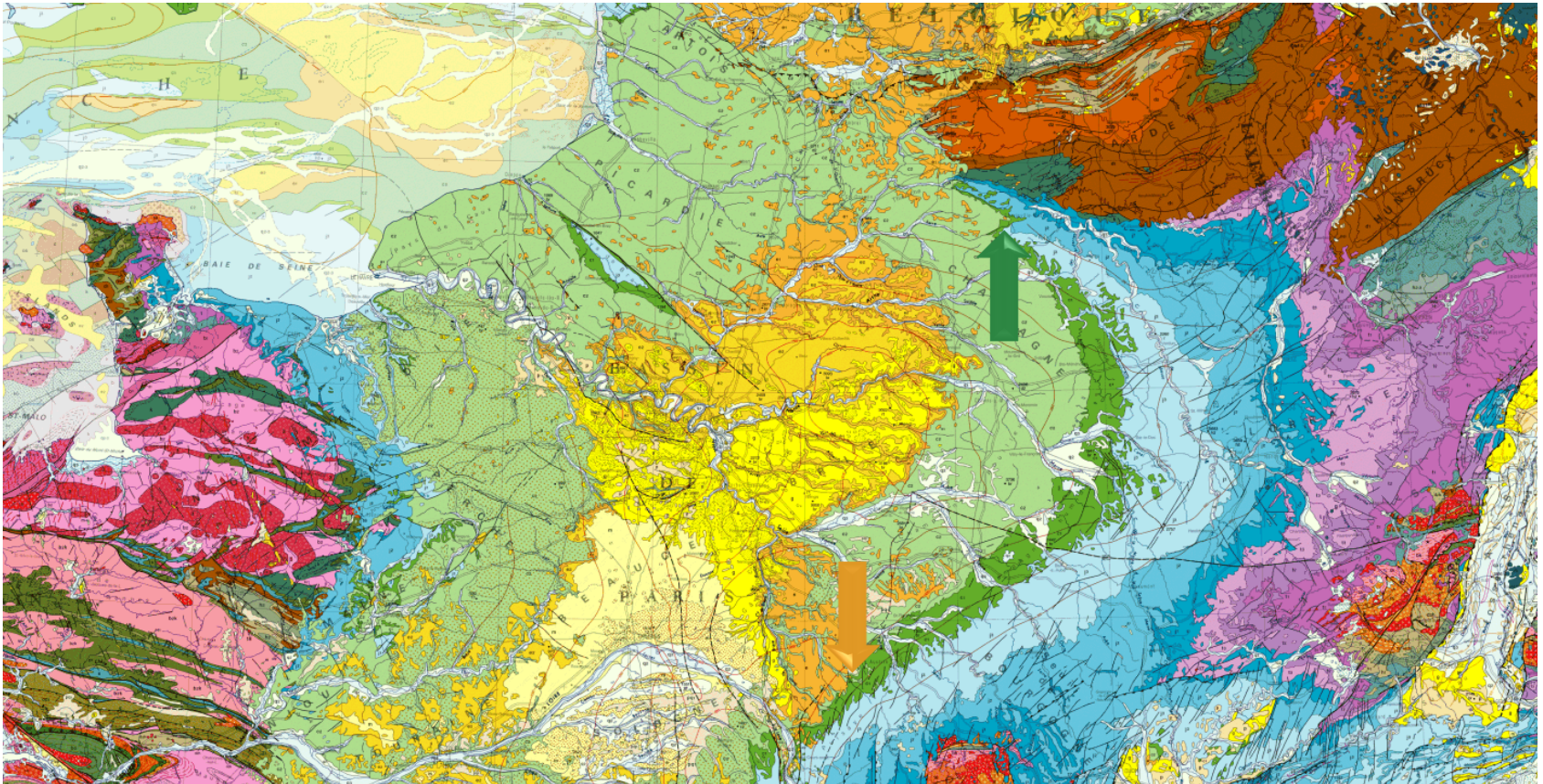


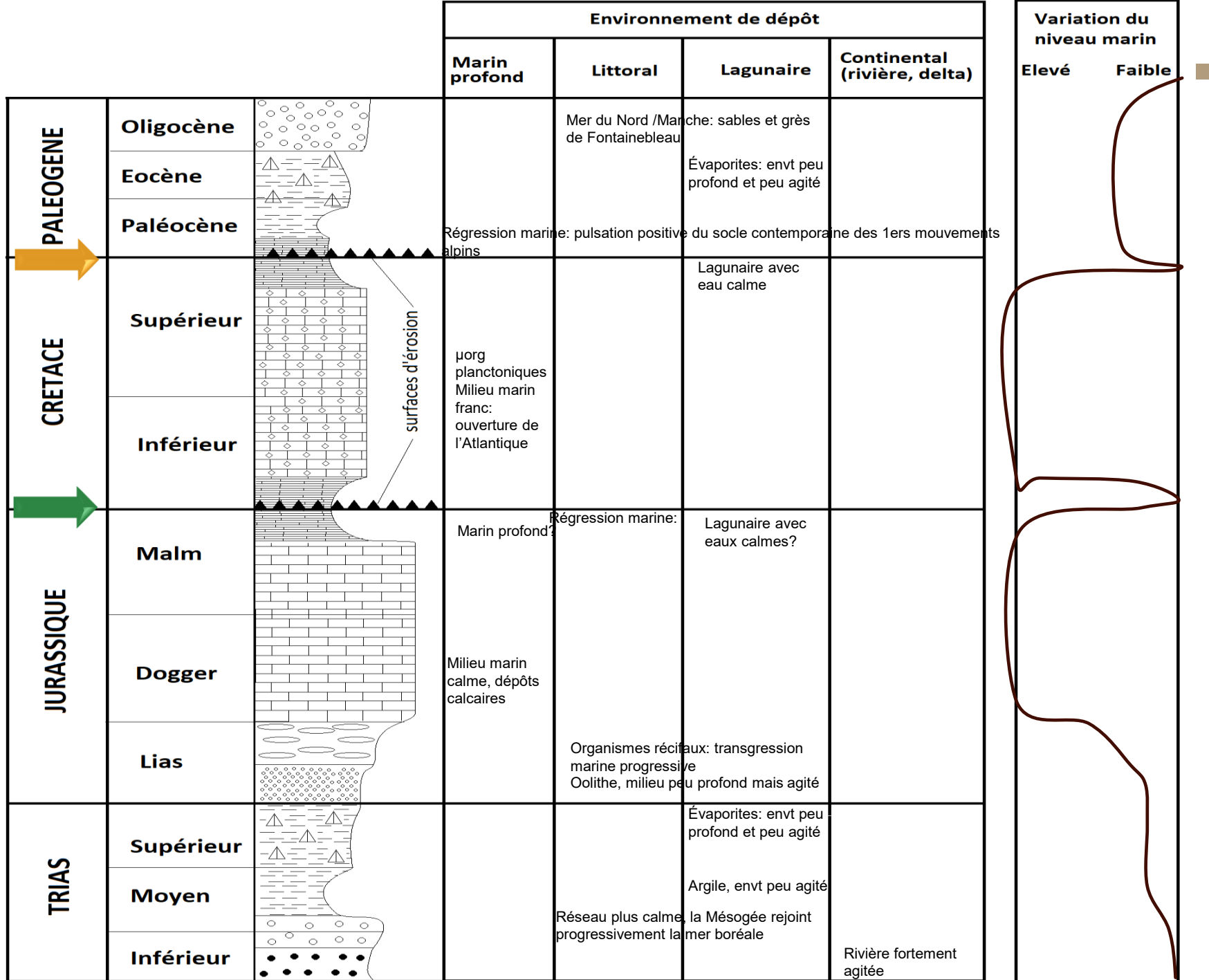
Grès

III. DIVERSITE DES ROCHES SEDIMENTAIRES ET DES CONTEXTES DE SEDIMENTATION

B. RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE D'UN BASSIN SÉDIMENTAIRE : EXEMPLE DU BASSIN PARISIEN

- Sur la carte de France au 1/1 000 000, repérer des indices d'une transgression (=élévation du niveau marin) au Crétacé. Repérer les sédiments les plus anciens et les plus récents du bassin.

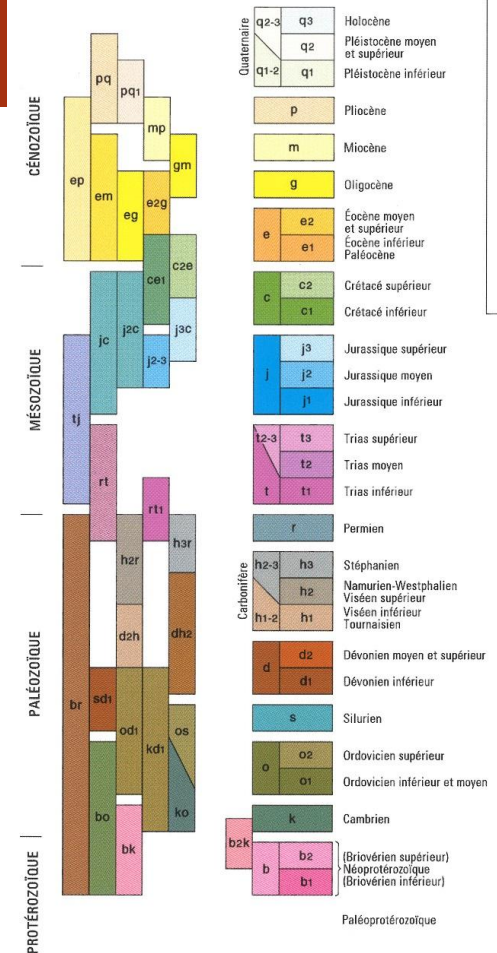




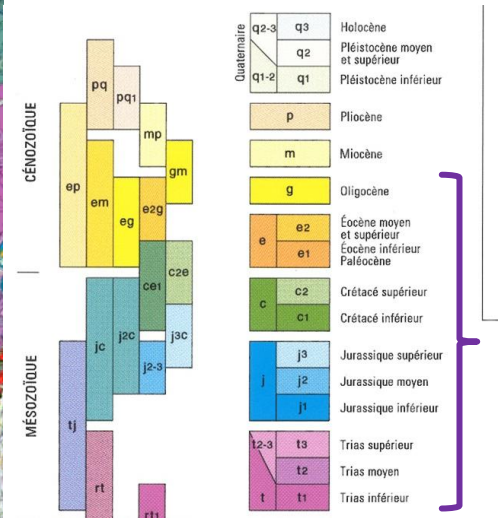
B. L'HISTOIRE D'UN BASSIN SEDIMENTAIRE

- Un bassin sédimentaire = **dépression topographique** remplie par des sédiments → **roches sédimentaires** après **diagenèse**.
- Dépôts **marins** ou **lacustres** : les sédiments se déposent **sous l'eau**.
- Le bassin est caractérisé par :
 - La **période** pendant laquelle il se remplit, donné par l'âge des sédiments qu'on y retrouve.
 - De potentielles **anomalies** dans le remplissage du bassin (par exemple une variation du niveau marin), repérables par des **points triples**.

STRATIGRAPHIE SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME

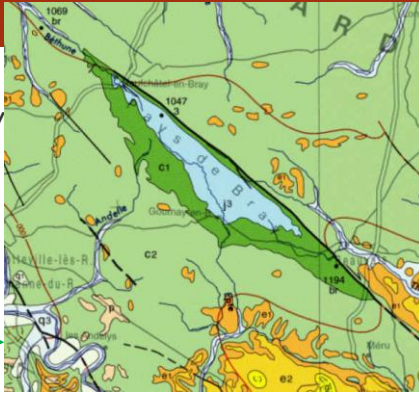


16. A quelle période le Bassin parisien est-il en activité ?

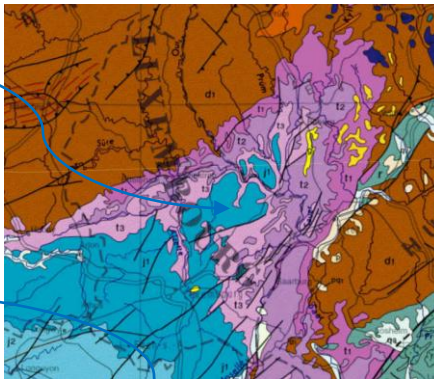


HISTOIRE DU BASSIN PARISIEN DÉFORMATIONS (PLIS, FAILLES)

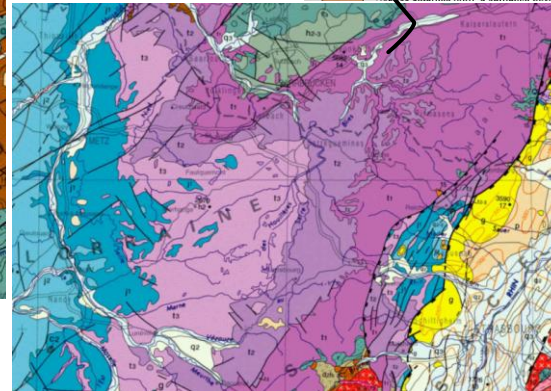
- Boutonnière du Pays de Bray déformation (pli de type anticlinal) héritée de l'orogénèse hercynienne et réactivée par le plissement alpin



- Synclinal du Luxembourg



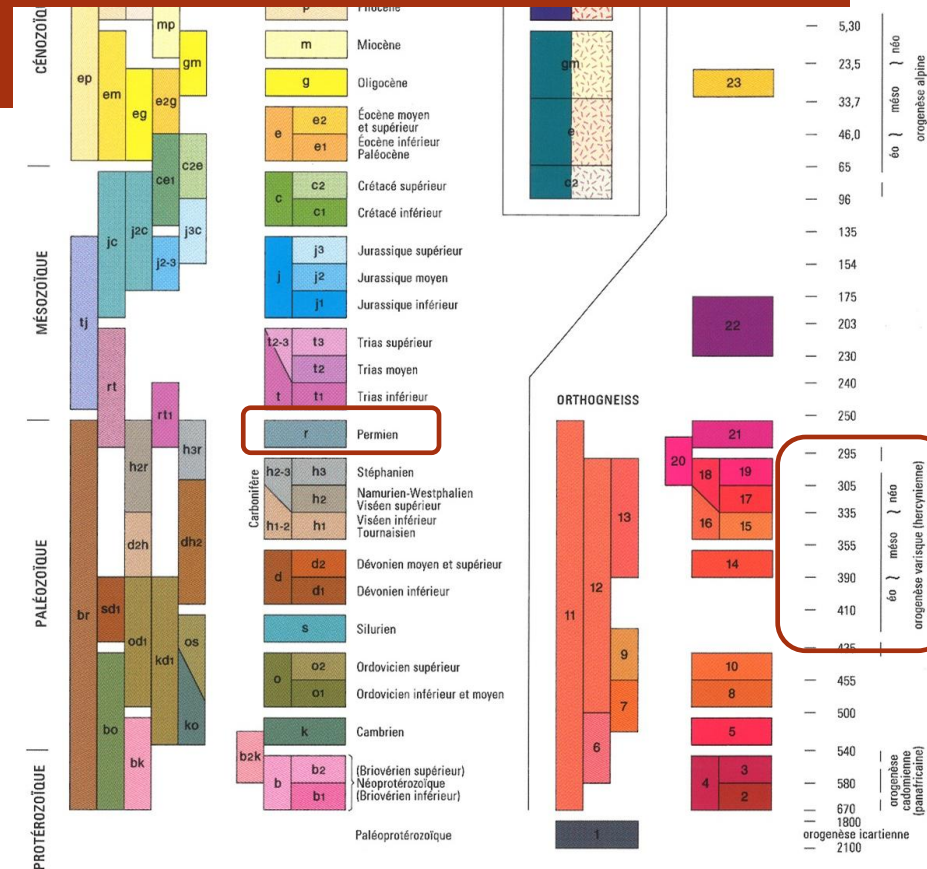
- Synclinal Sarreguemines-Savonnières-en-Perthois



*Héritage du socle varisque (hercynien)
Cf faille majeure de Metz et ses satellites*

HISTOIRE DU BASSIN PARISIEN LES CAUSES DE LA SUBSIDENCE DU BASSIN DATÉE DU PERMIEN

- Poids des sédiments? Non 1000 m de sédiments 500m d'affaissement isostatique
- Cause tectonique? Distension intense au Permien liée aux réajustements post-hercyniens



LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

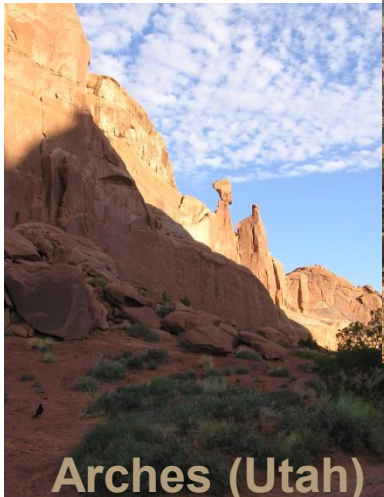
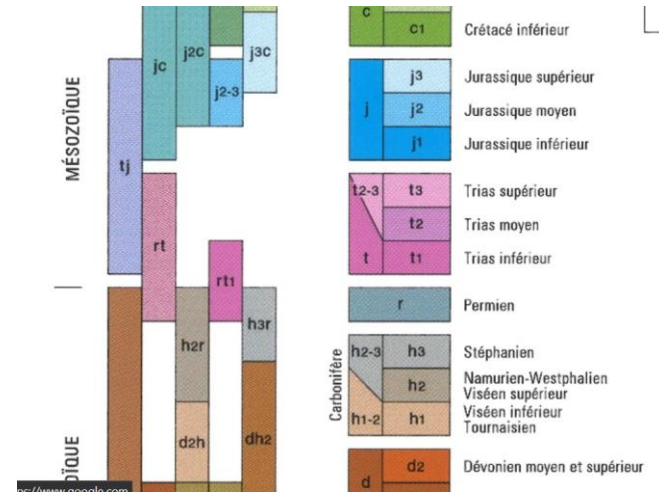
Définition: roche formée à la surface du globe, issue de divers phénomènes: érosion - sédimentation
activité d'organismes vivants, précipitation chimique...

⇒ Strates superposées souvent de nature différente

⇒ cristaux visibles ou non à l'œil nu

⇒ fossiles fréquents

⇒ Échelle chronostratigraphique (datation relative)



ROCHES DÉTRITIQUES TERRIGÈNES GROSSIÈRES

- Ex: conglomérat de type poudingue



50% au moins de débris de roches de formes arrondies car émoussées par l'eau, débris pris dans une matrice

ROCHES DÉTRITIQUES TERRIGÈNES GROSSIÈRES

- Ex: conglomérat de type brèche



50% au moins de débris de roches
anguleux, pris dans une matrice

ROCHES DÉTRITIQUES TERRIGÈNES FINES

- Ex: grès de Fontainebleau



Carrière d'extraction pour réalisation de pavés

ROCHES DÉTRITIQUES TERRIGÈNES MEUBLES

- Ex: le sable
- Ici arène granitique



ROCHES DÉTRITIQUES TERRIGÈNES FINES CONSOLIDÉES

- Ex: argile



Bryce canyon (Utah)

Ex: argile



Ammonite fossilisée dans l'argile



Ex: glauconie grossière



=> mer agitée, bien oxygénée, >50 m

Roches biogènes carbonatées

Ex: le calcaire à Nummulites

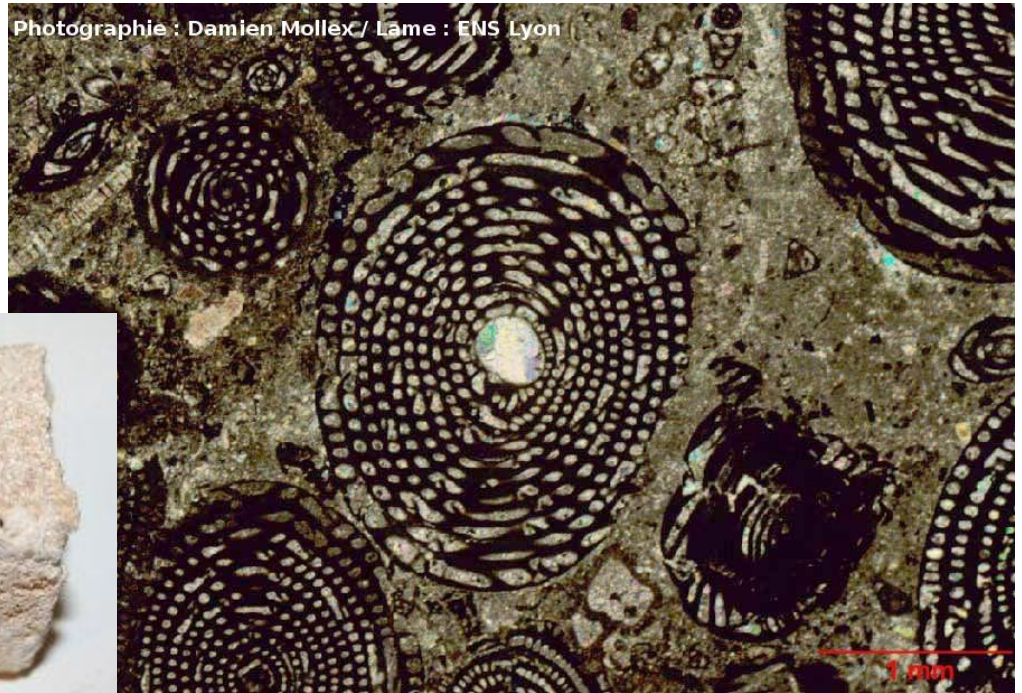


Paléoenvironnement: **milieu marin calme et profond de 50 mètres au maximum**



Calcaire grossier à Nummulite
(première transgression marine du lutétien inférieur) = « Pierre à Liards »

EX: Calcaire à milioles



Ces foraminifères vivent fixés sur de grands herbiers, hauts parfois d'une dizaine de mètres, véritables **prairies sous-marines** qui se développent sur les fonds marins baignés par la lumière du soleil => **mer chaude et peu profonde niveau de la mer <30 m**

Ex: calcaire à cérithes du lutétien supérieur



La diminution de profondeur s'accélère nettement, à tel point qu'apparaissent, dans la partie supérieure du « Banc royal » des carriers, des gastéropodes inconnus jusqu'alors, avec notamment les **cérithes**

Roches biogènes et/ou physico-chimiques carbonatées

Ex: calcaire oolithique

- Une oolithe est composée d'un noyau (nucléus) autour duquel s'est initié le développement concentrique par précipitation chimique (ou biochimique) du CaCO_3 .
- Il peut s'agir :
 - d'un bioclaste (débris d'origine biologique)
 - d'un lithoclaste (petit fragment de débris de roche)



Roches physico-chimiques non carbonatées

Ex: gypse



<http://www.boreally.org/fr/photographies/carrieres/carriere-violette-annet-marne-bloc-fer-lance-667.html>

De larges étendues temporairement asséchées. Les premiers **dépôts évaporitiques** se déposent dans les lagunes où l'eau de mer sursalée est en cours d'évaporation sous un soleil tropical. C'est le **gypse** qui précipite en premier.

III. DIVERSITÉ DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES ET DES CONTEXTES DE MÉTAMORPHISME

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

- Réaliser la diagnose de ces roches et émettre des hypothèses sur leur mode de formation.

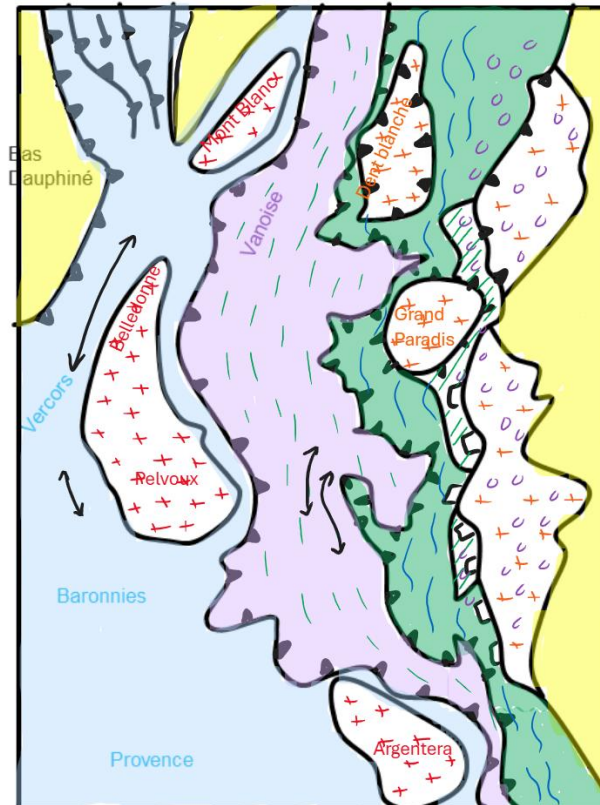
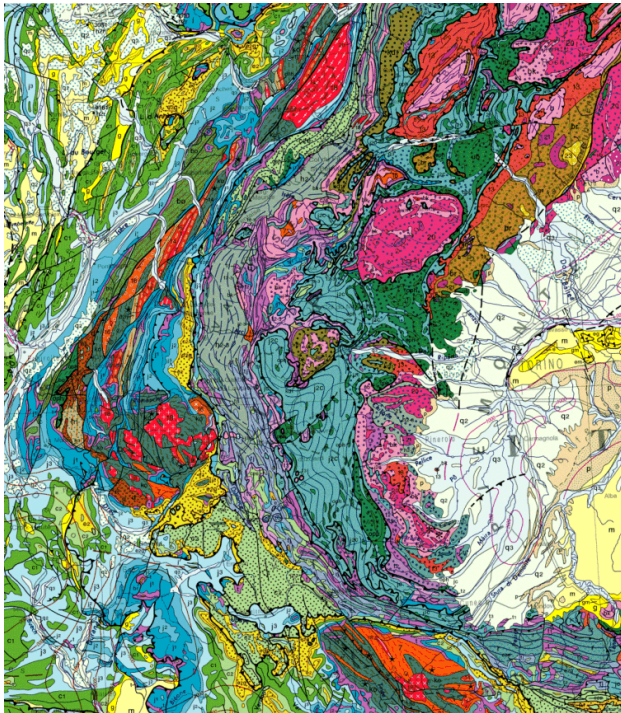
Nom de la roche	Éléments de diagnose	Conditions de formation
Roche 10 : Gneiss	- Roche foliée : déformations visibles et séparations de lits de minéraux clairs et sombres	- Enfouissement d'un protolithe et application d'une pression anisotrope. Le protolithe peut être magmatique (orthogneiss) ou sédimentaire (paragneiss)
Roche 11 : Micaschiste	- Roche à schistosités : plans parallèles induisant des plans de fragilité dans la roche - Roche riche en micas blancs métalliques	- Enfouissement d'un protolithe et application d'une pression anisotrope
Roche : Métagabbro en faciès schiste vert	- Roche peu déformée, contenant les minéraux typiques du gabbro - Patine verdâtre	- Refroidissement et hydratation d'un gabbro dans des conditions de P et T peu élevées
Roche : Métagabbro en faciès schiste bleu	- Roche déformée, contenant des minéraux en baguettes bleutées (glaucophanes)	- Enfouissement d'un gabbro à moyenne pression (MP, BT)
Roche : Métagabbro en faciès éclogite	- Roche riche en minéraux verts (omphacite) et rouges (grenats)	- Enfouissement d'un gabbro à haute pression, moyenne température (HP, MT)
Roche 6 : Péridotite	- Roche à texture grenue constituée de minéraux globulaires verts olive (olivine), verts bouteille (clinopyroxène) et noirs (orthopyroxène)	- Refroidissement initial de la Terre lors de sa formation (roche mantellique)

Attention: la péridotite est le piège: ce n'est pas une roche métamorphique!!!!

III. DIVERSITÉ DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES ET DES CONTEXTES DE MÉTAMORPHISME

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

- Sur la carte géologique de France au 1/1 000 000^{ème}, repérer dans les Alpes des roches ayant subi un métamorphisme d'âge alpin en différents faciès. Réaliser un schéma structural des Alpes mettant en évidence :
 - grandes familles de roches (distinction entre massifs cristallins magmatiques et couverture sédimentaire)
 - Les différentes ceintures métamorphiques
 - Les principaux accidents tectoniques

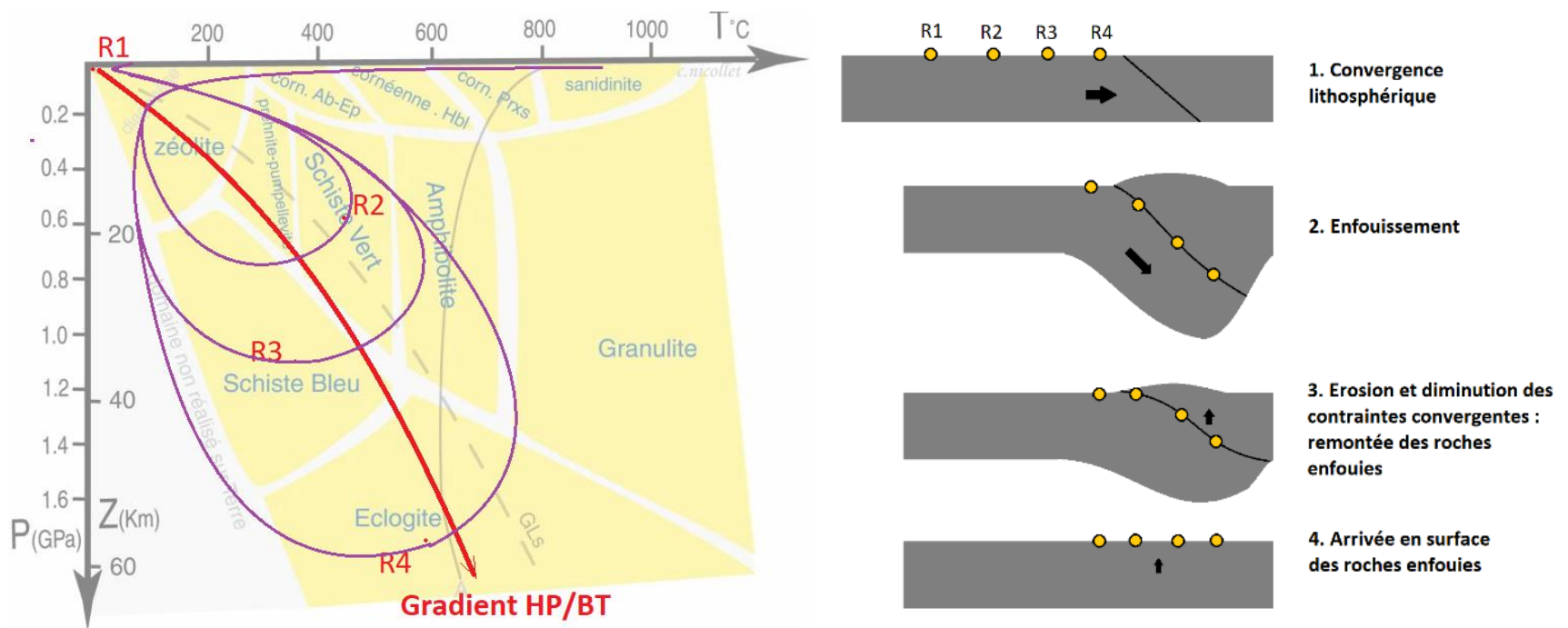


- Sédiments récents: bassins associés à la chaîne alpine
- Couverture sédimentaire Mésozoïque plissée
- Sédiments de la marge de l'océan alpin métamorphisés
- Sédiments océaniques de l'océan alpin métamorphisés
- Ophiolite
- Massifs cristallins internes
- Massifs cristallins externes
- Pli
- Chevauchement
- Faille normale
- Métamorphisme, faciès SV
- Métamorphisme, faciès SB
- Métamorphisme, faciès Eclogites

III. DIVERSITÉ DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES ET DES CONTEXTES DE MÉTAMORPHISME

A. IDENTIFICATION DE QUELQUES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

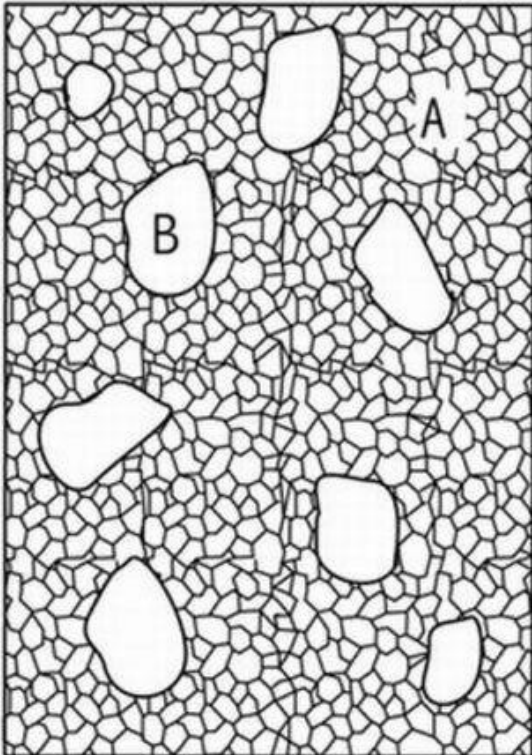
- Replacer les 4 échantillons de roches alpines (R1 à R4) dans le diagramme Pression/Température ci-dessous. Relier ces roches pour identifier un gradient métamorphique.
- A partir du schéma retraçant l'histoire simplifiée des roches alpines présentées, reconstituer via des flèches un trajet pour chacune des roches R1 à R4 dans le diagramme Pression/Température ci-dessous.



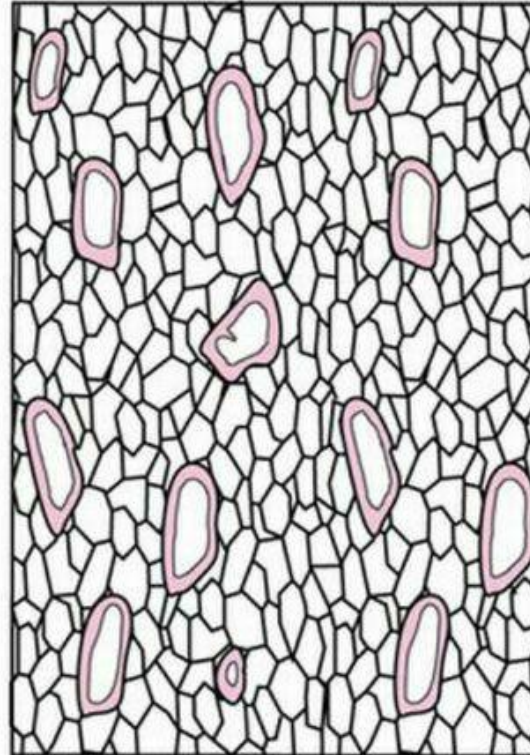
DÉFINITION DU MÉTAMORPHISME

Transformation d'une roche à l'état solide suite à une variation de pression et/ou de température entraînant la formation de nouveaux minéraux

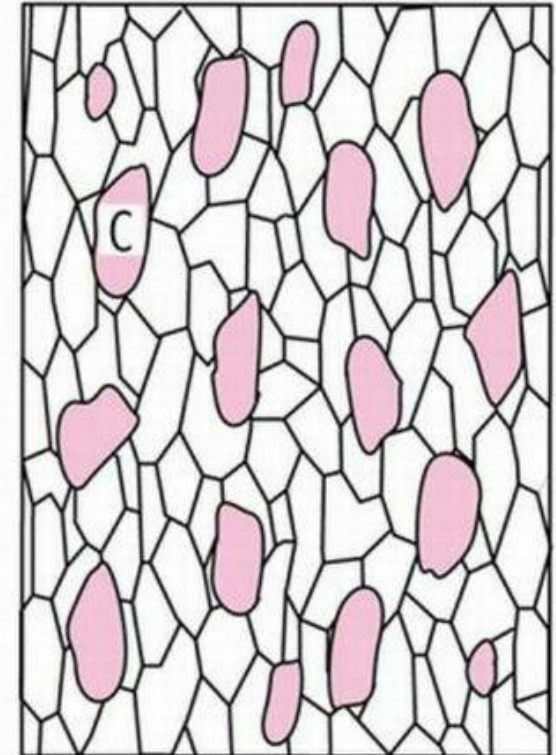
A P₀-T₀ la roche
contient les minéraux A+B



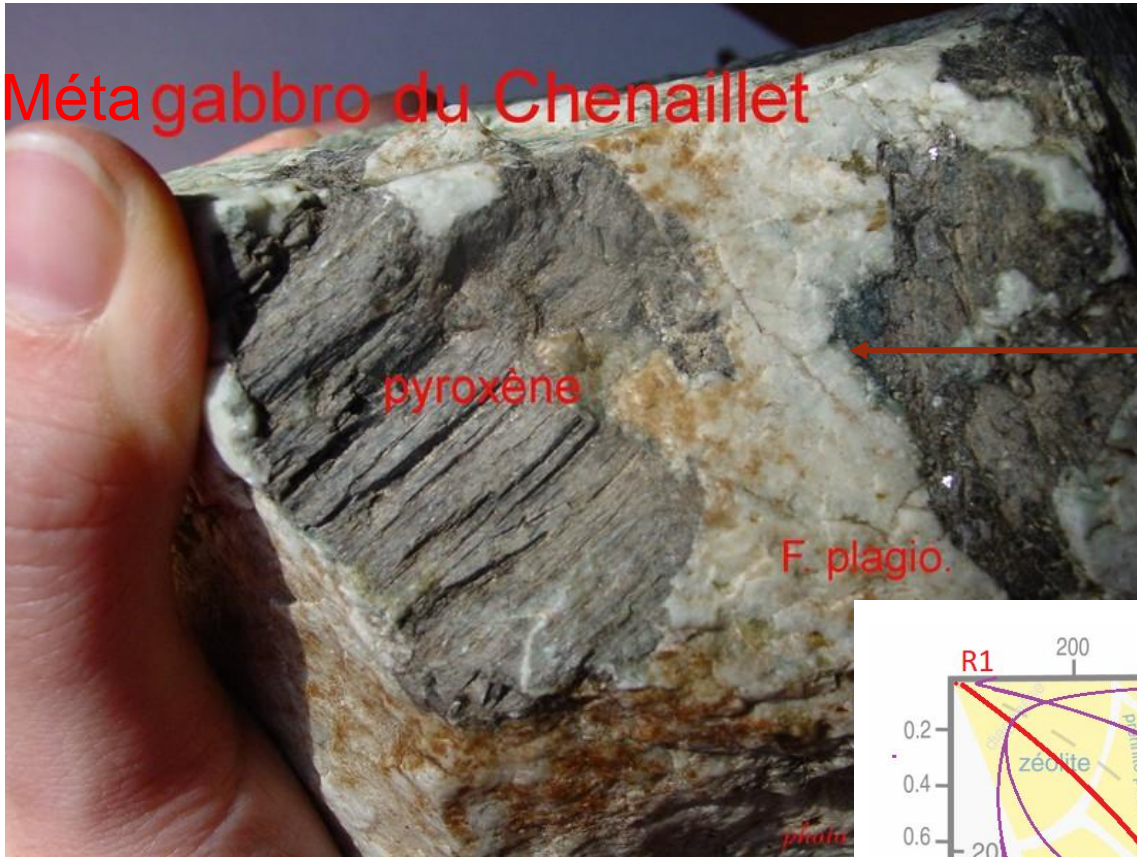
A P₁-T₁, la réaction
A+B=C intervient ...



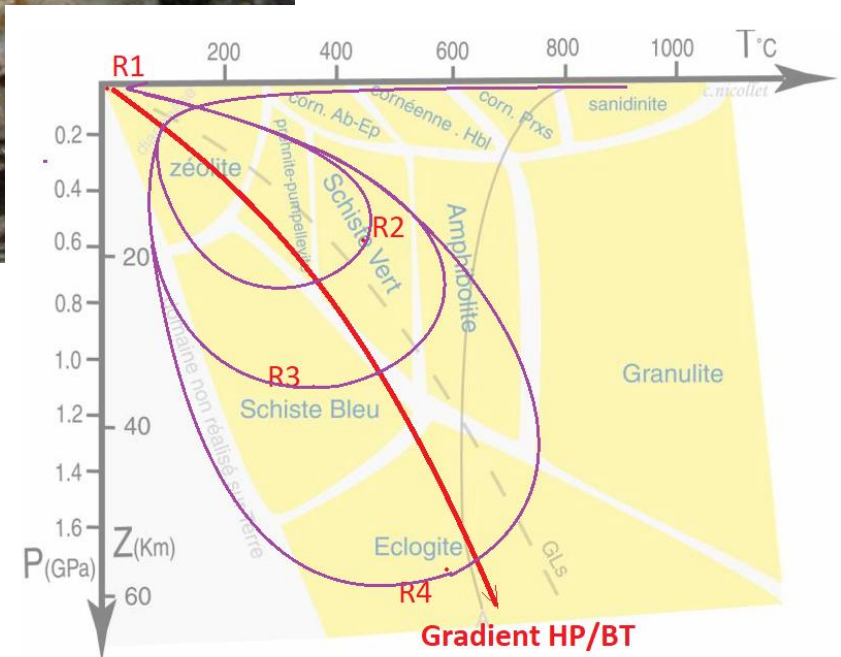
... jusqu'à disparition
de B.



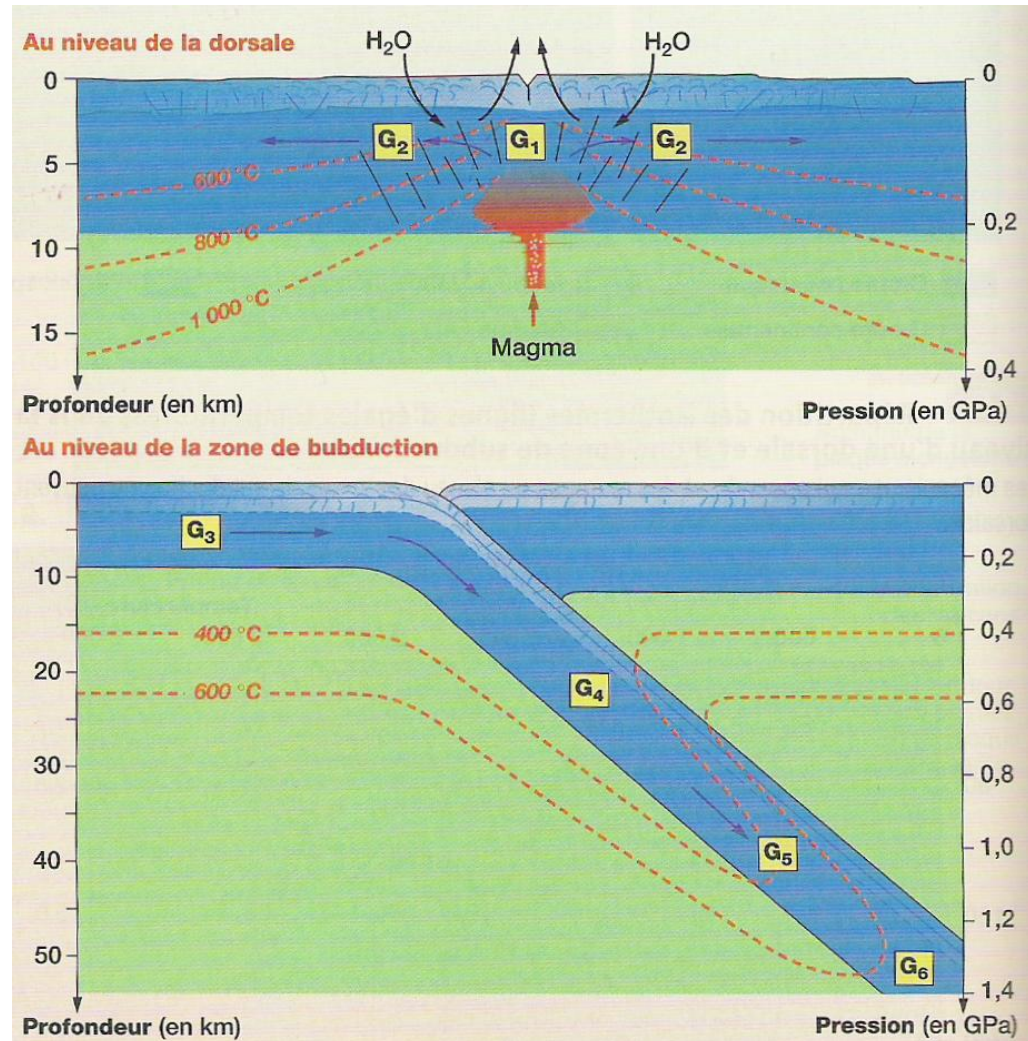
Métagabbro du Chenaillet



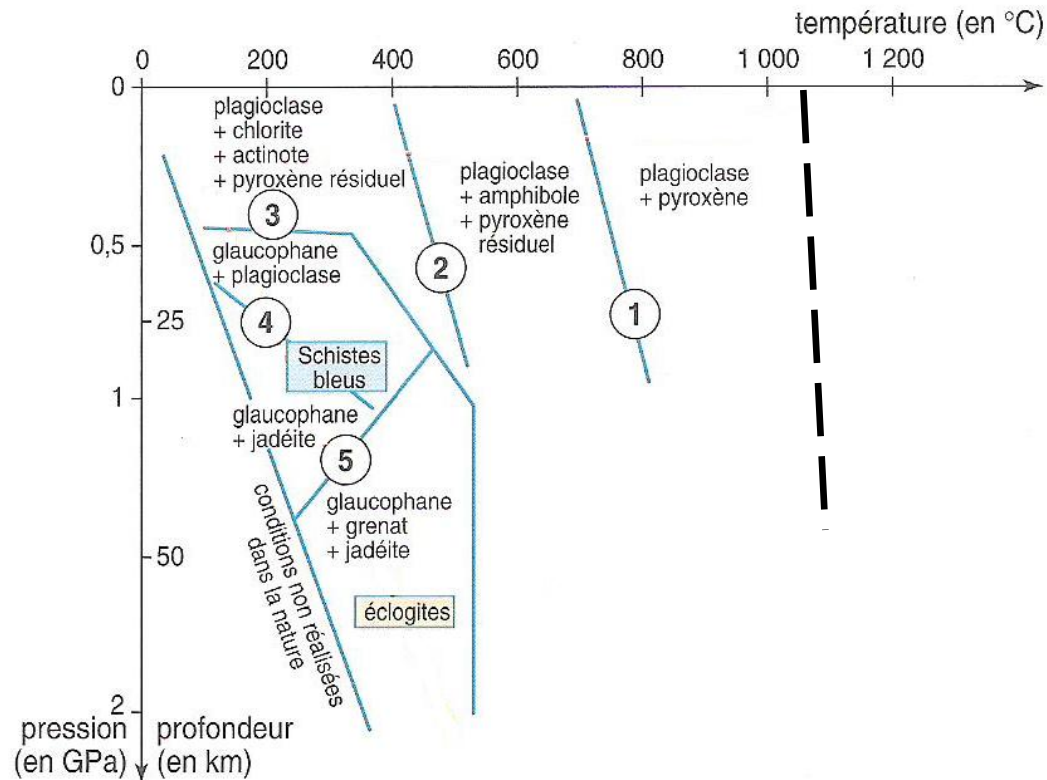
Auréole de métamorphisme: minéral de type Hornblende stable dans un faciès amphibolites (MT-BP)



LES DIFFÉRENTS FACIÈS DE PT TRAVERSÉS PAR UN GABBRO AU COURS DU TEMPS



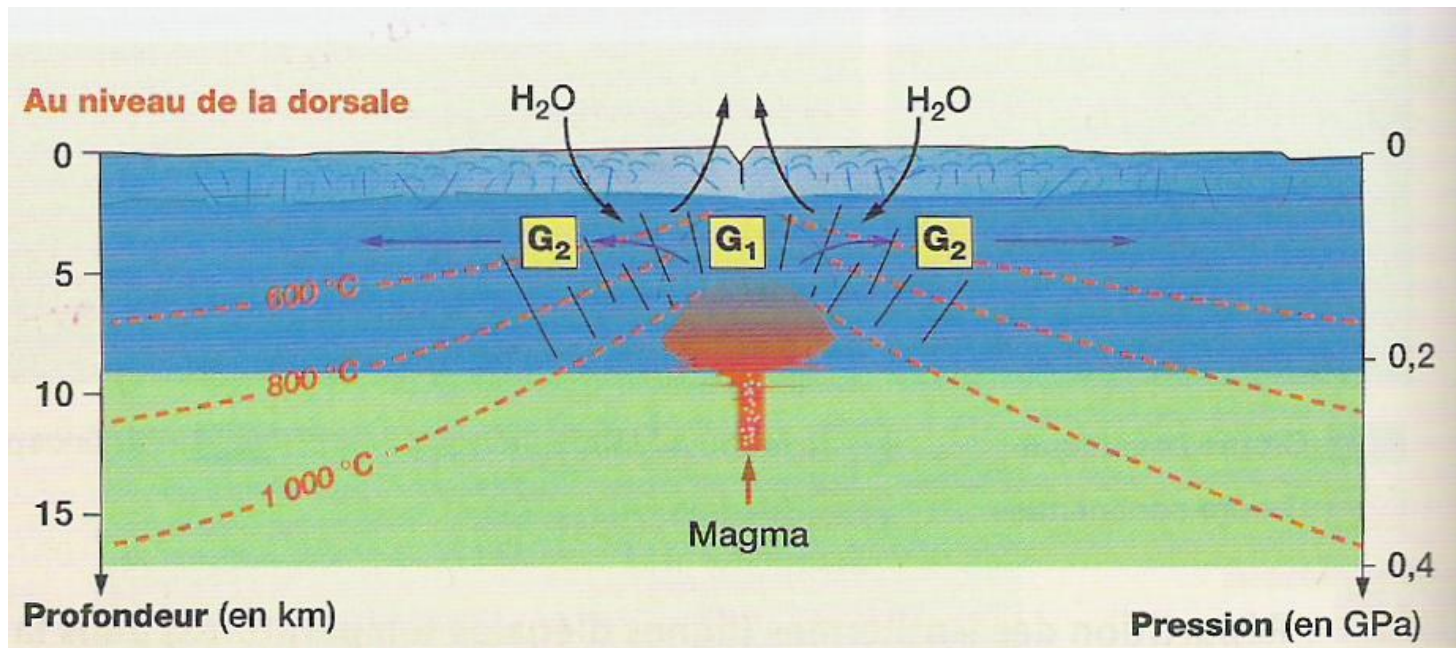
LE DIAGRAMME PRESSION-TEMPÉRATURE ET FACIÈS MÉTAMORPHIQUES



Quelques réactions du métamorphisme

1. Plagioclase + Pyroxène + eau → Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau → Chlorite + Actinote
3. Albite + Chlorite + Actinote → Amphibole Glaucophane + eau
4. Albite → Pyroxène Jadéite + Quartz
5. Albite + Glaucophane → Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

GI: GABBRO VENANT DE CRISTALLISER $T^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ET PROFONDEUR ~ 5 KM



GABBRO NON TRANSFORMÉ DE LA CROÛTE OcéANIQUE



Texture grenue, entièrement cristallisée présentant deux types de minéraux: - **le pyroxène, sombre**

- **le plagioclase blanc** de forme rectangulaire

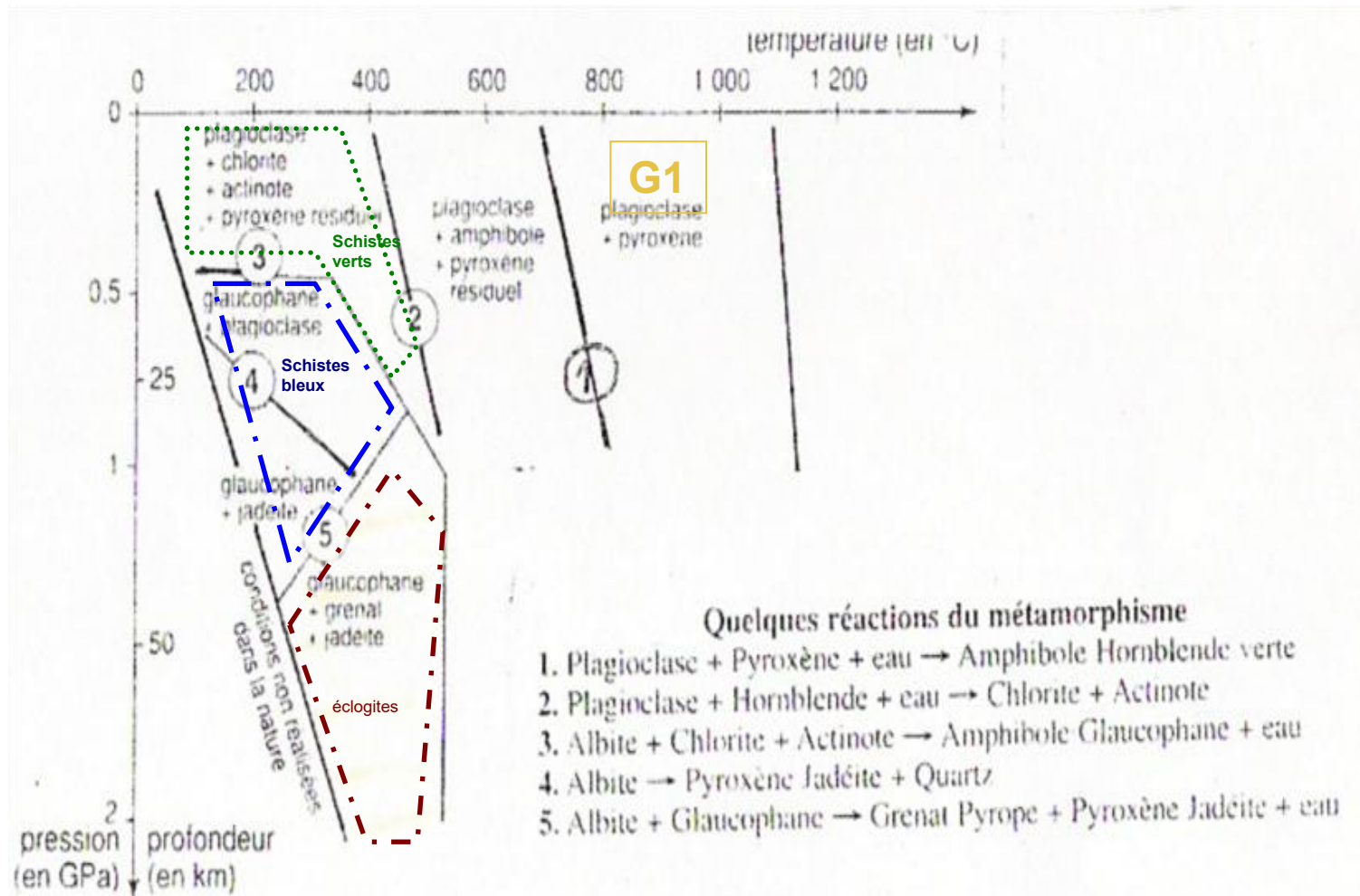
La roche est entièrement cristallisée et ne présente aucune déformation = roche magmatique plutonique.

=> GABBRO

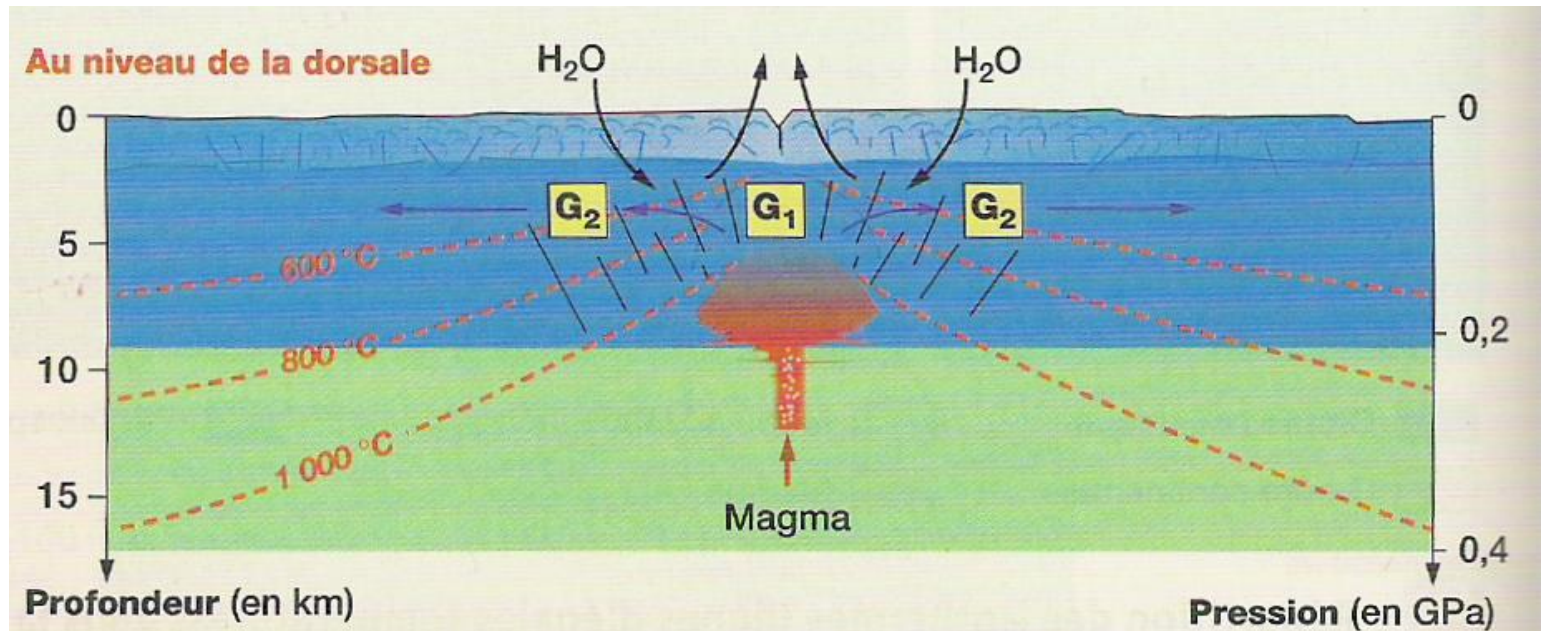
LAME MINCE DE GABBRO



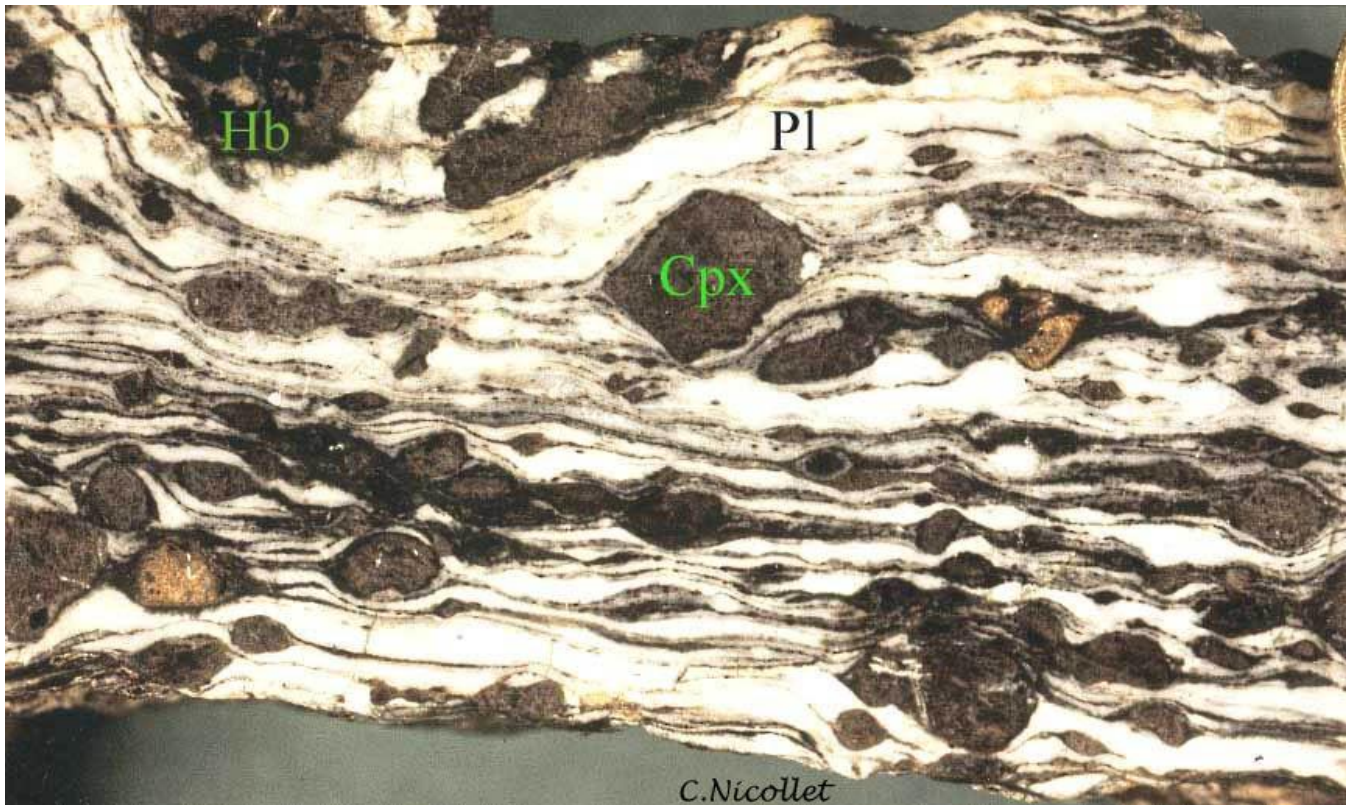
LOCALISATION DU GABBRO SUR LE DIAGRAMME PT



G2 À T°C ~ 600°C ET PROFONDEUR ~ 5KM



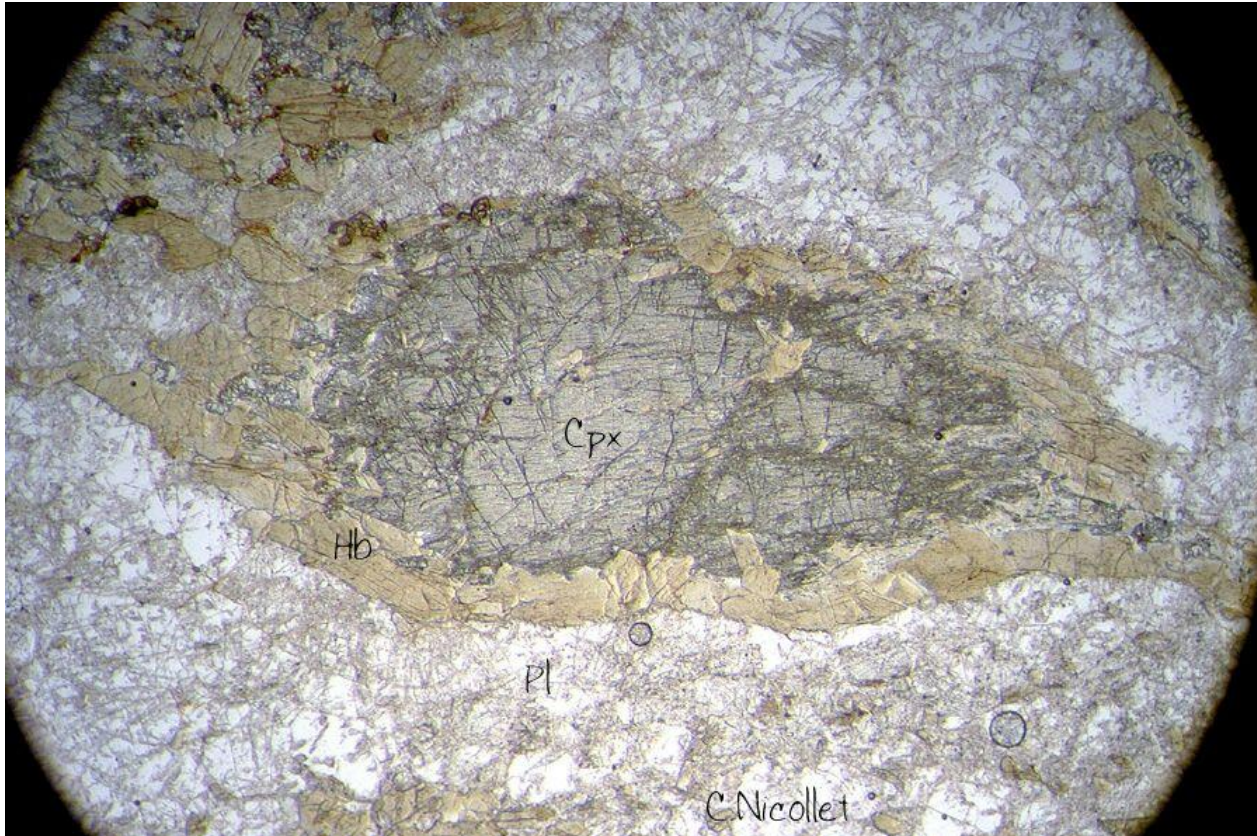
UN MÉTAGABBRO DANS LA CROÛTE OCÉANIQUE



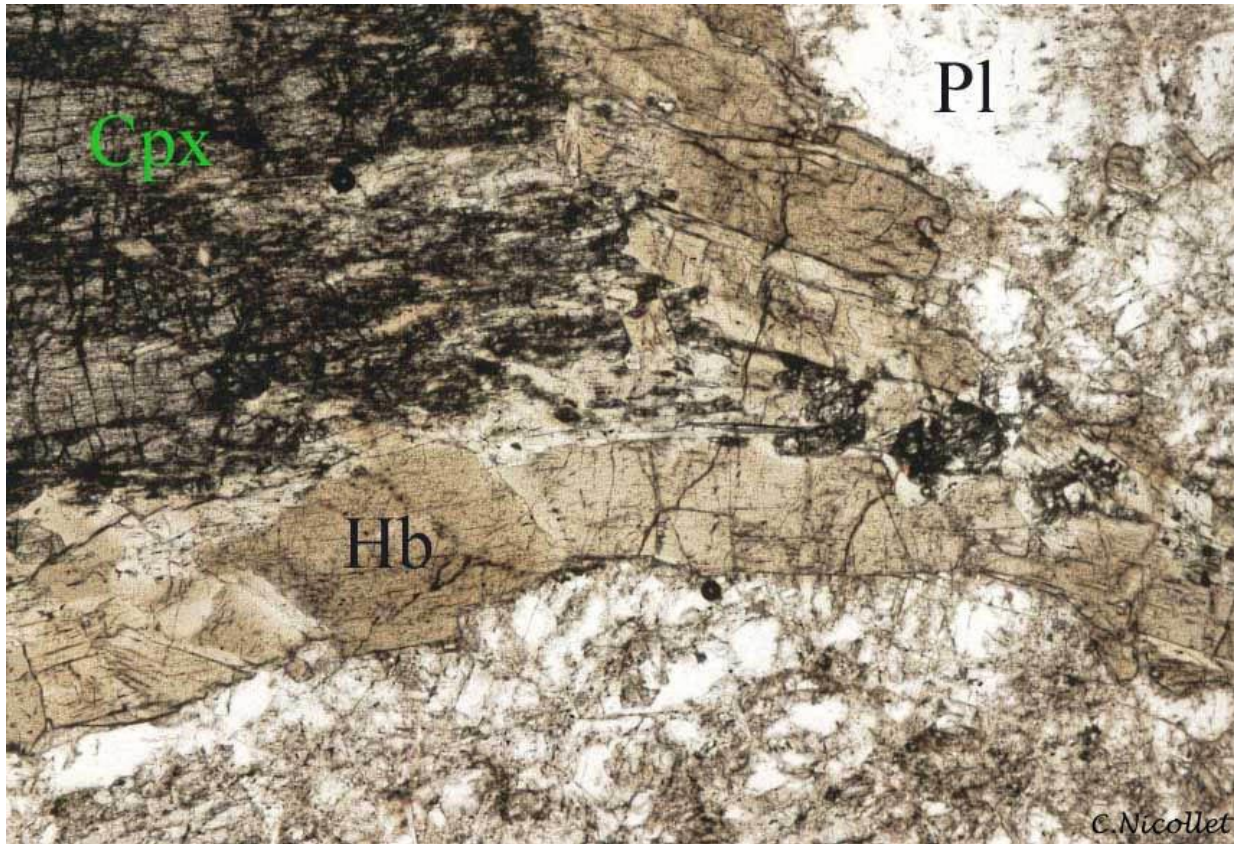
Roche entièrement cristallisée, à texture grenue présentant deux types de minéraux: pyroxène et plagioclase => gabbro

MAIS présence de déformations de type foliation, et d'auréole d'un nouveau minéral, la Hornblende (appartient à la famille des amphiboles) autour du pyroxène en relique => métagabbro

LAME MINCE D'UN MÉTAGABBRO À HORNBLÈNDE



La hornblende est une amphibole (= minéral hydraté) brune au microscope ; elle entoure complètement le pyroxène et l'isole du plagioclase.



(microphotographies en LN)

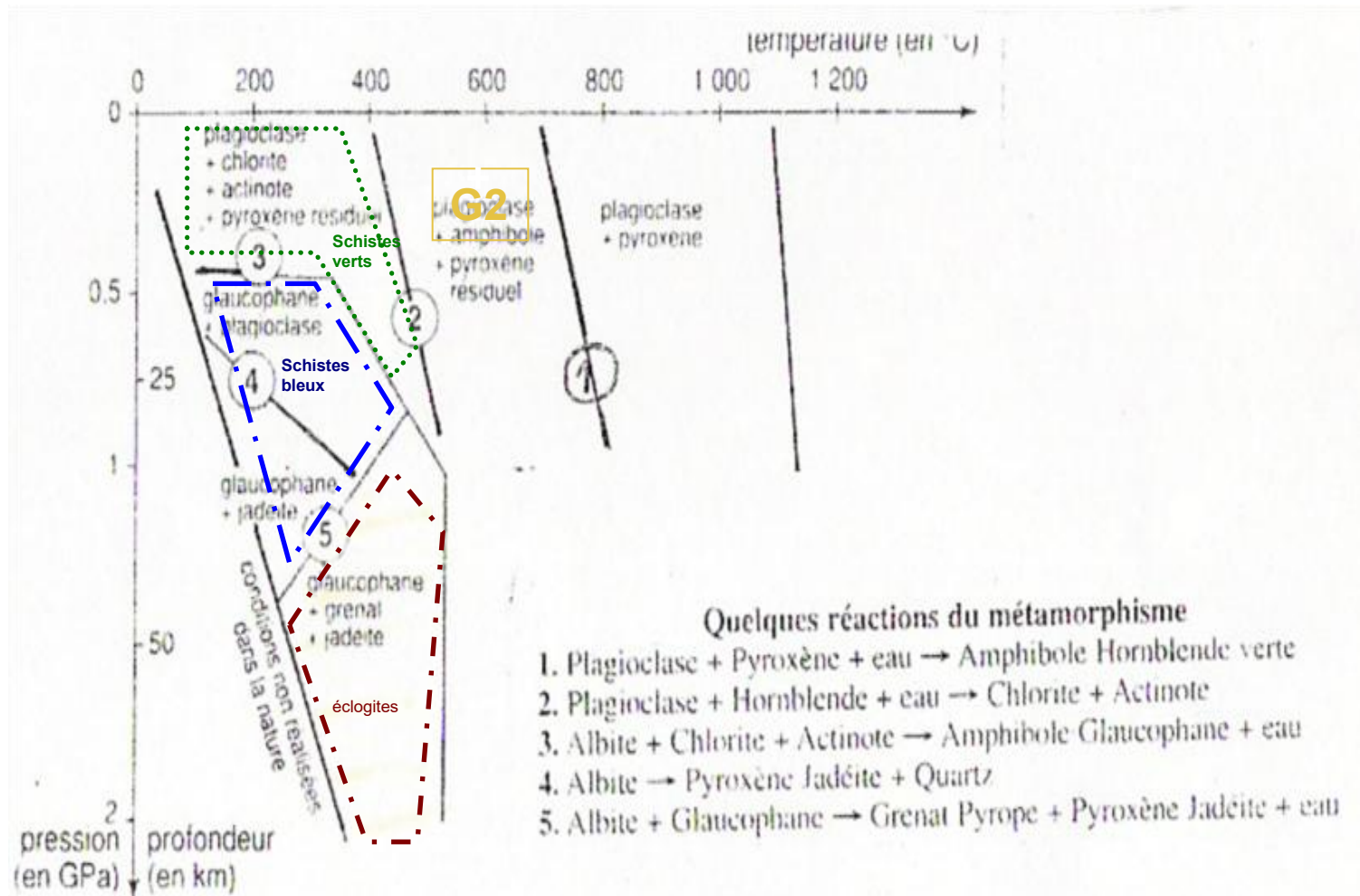


=> De l'eau (H₂O) est nécessaire, car l'amphibole est un **minéral hydraté**.

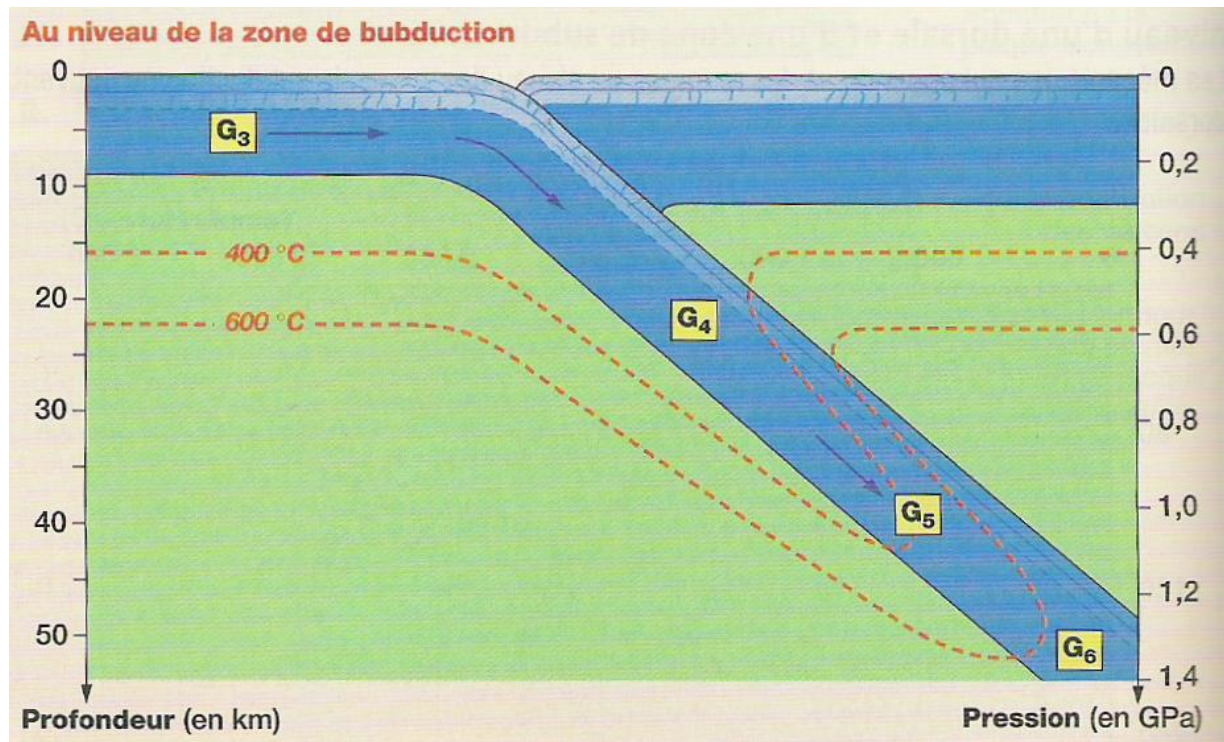


Les pyroxènes magmatiques gris sont enveloppés dans la foliation qui est marquée par une amphibole noire

LOCALISATION DU GABBRO SUR LE DIAGRAMME PT



G3 À T < 400°C ET PROFONDEUR ~ 5 KM

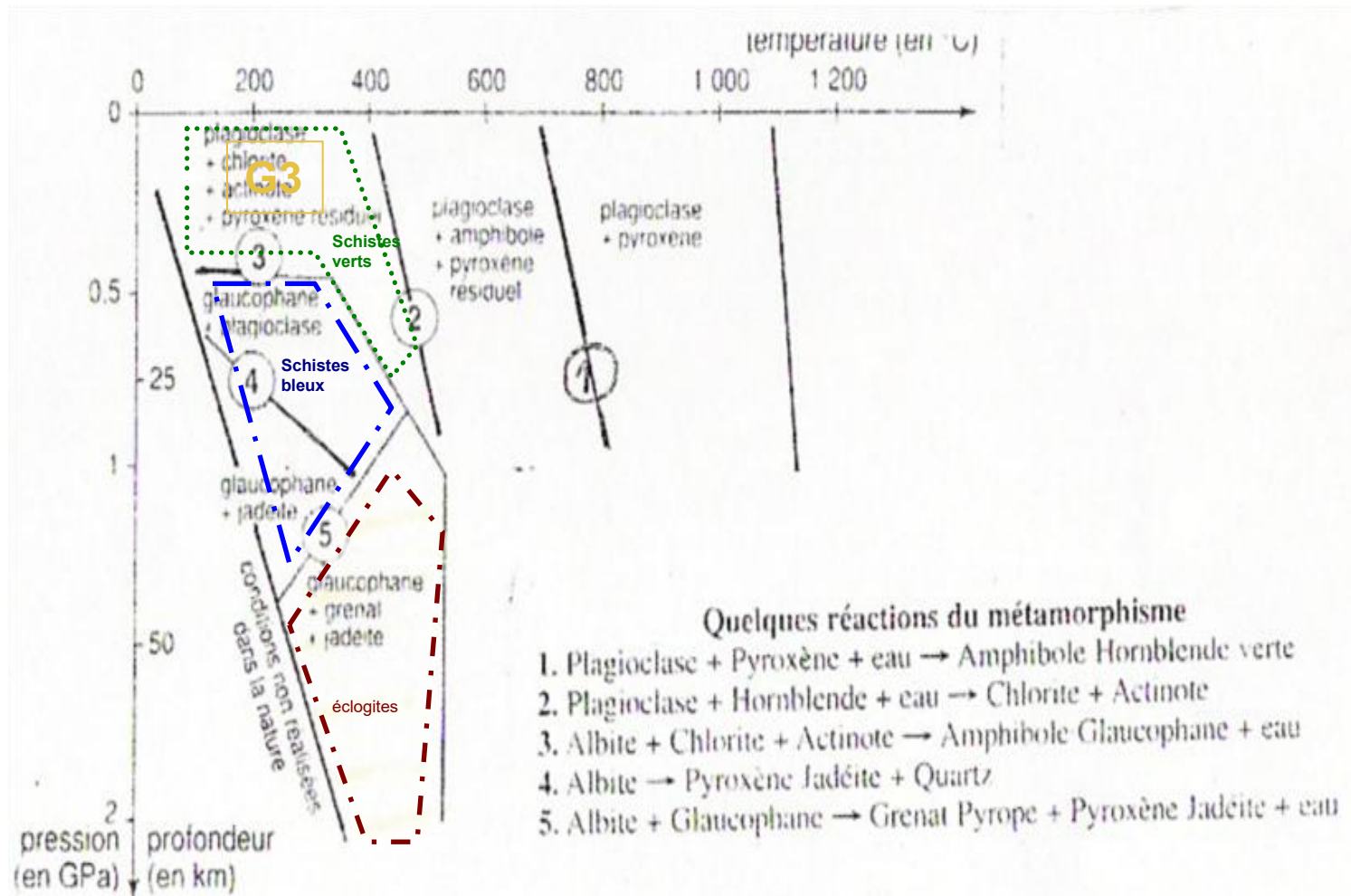


UN MÉTAGABBRO DANS LE FACIÈS SCHISTES VERTS

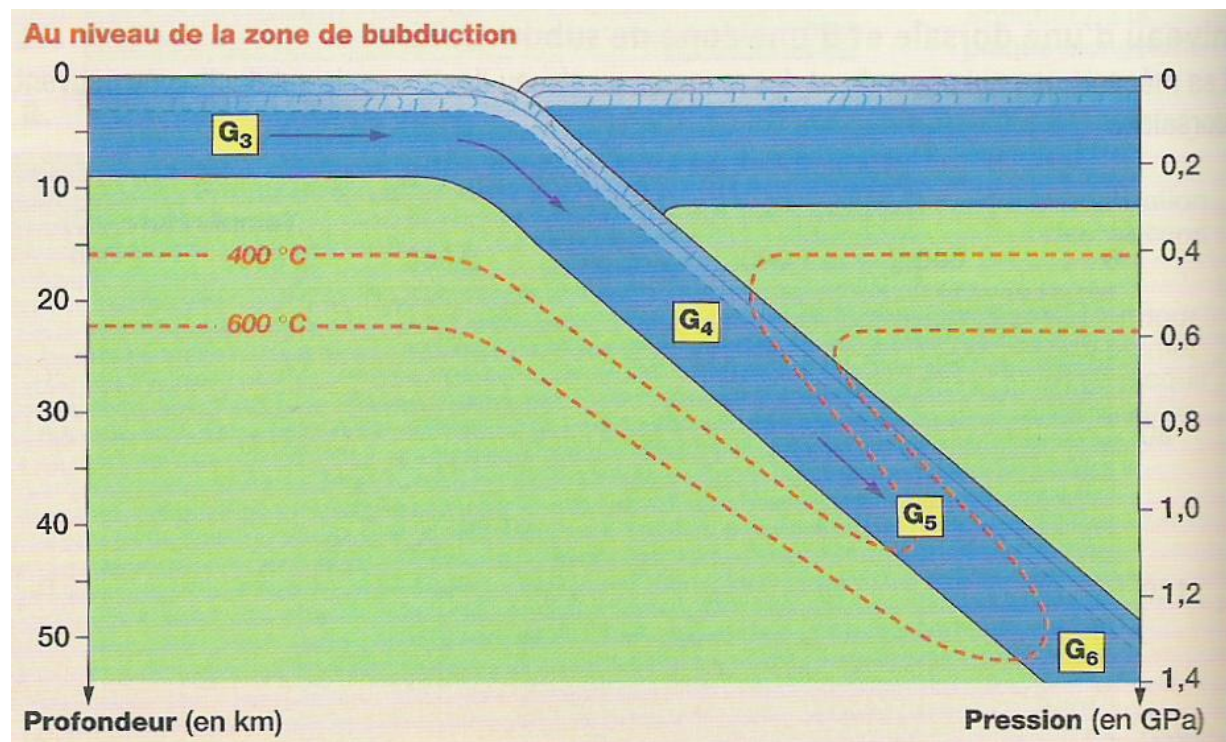


Les pyroxènes magmatiques bruns du métagabbro sont remplacés par une amphibole vert pâle, **l'actinote**.

G3 APPARTIENT AU FACIÈS DES SCHISTES VERTS



G4 À $T^{\circ}\text{C} < 400^{\circ}\text{C}$ ET PROFONDEUR ~ 20 KM



LES MÉTAGABBROS CORONITIQUES DU QUEYRAS



Echantillon macroscopique à dominante bleue.

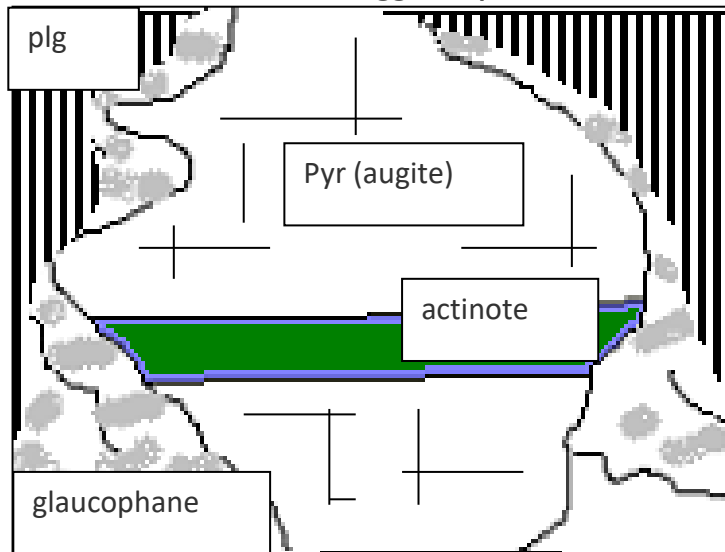
Présence de **phénocristaux de plagioclases et de pyroxènes**. Les **pyroxènes altérés sont entourés d'une auréole bleue de glaucophane**.

=> **Métagabbro appartenant au faciès des schistes bleus** <http://christian.nicollet.free.fr/>

LAME MINCE D'UN MÉTAGABBRO DU FACIÈS DES SCHISTES BLEUS

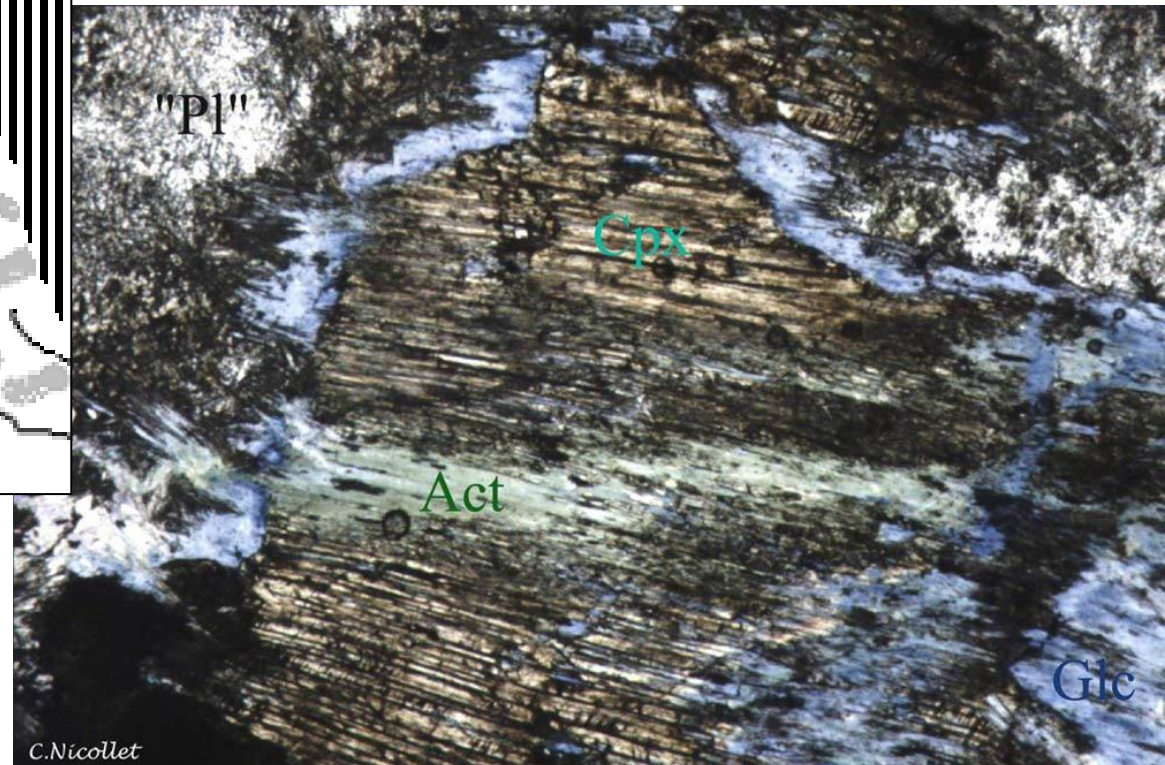
Le pyroxène magmatique (Cpx : brun) est parfois au cœur d'une couronne de Glaucophane (Glc : bleu marine), amphibole bleue, le séparant du Plagioclase, ou plutôt ce qu'il en reste ! Ces trois minéraux sont typiques du faciès **Schistes Bleus**

Par contre, l'Actinote (Act), une amphibole verte qui traverse le pyroxène magmatique et s'arrête à la couronne de Glaucophane, témoigne des conditions du faciès **Schistes Verts**. La position géométrique de cette Actinote suggère qu'elle s'est formée à partir du pyroxène magmatique, mais avant le Glaucophane.



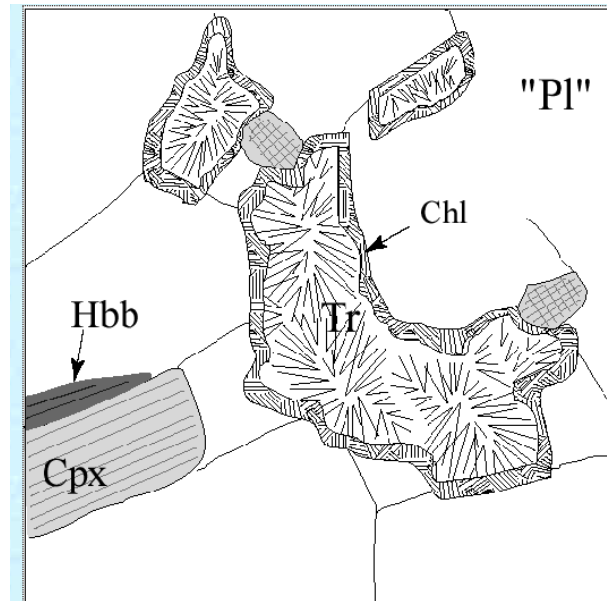
Métagabbro

Principe de recoupement
Principe d'inclusion

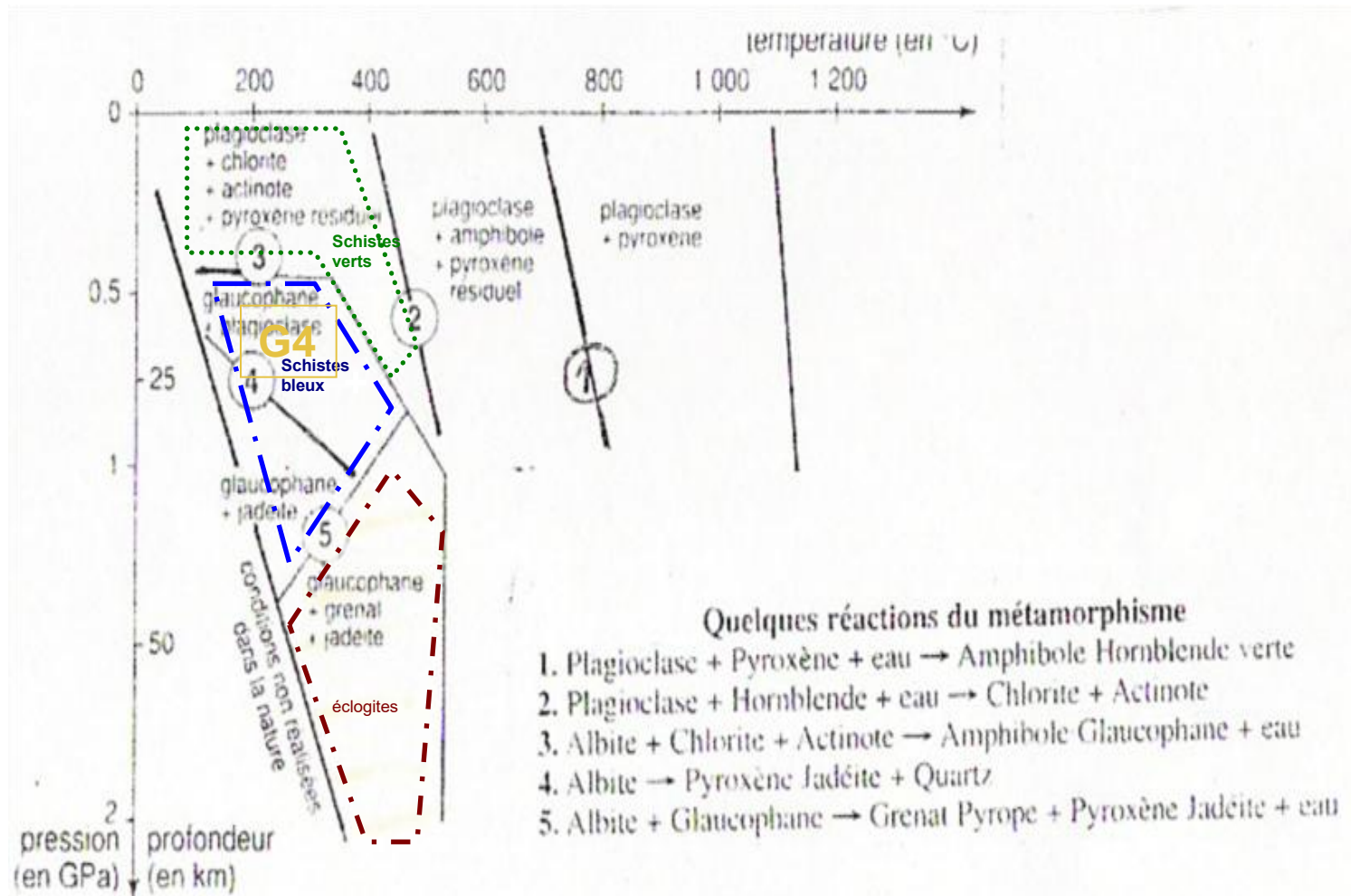


C.Nicollet

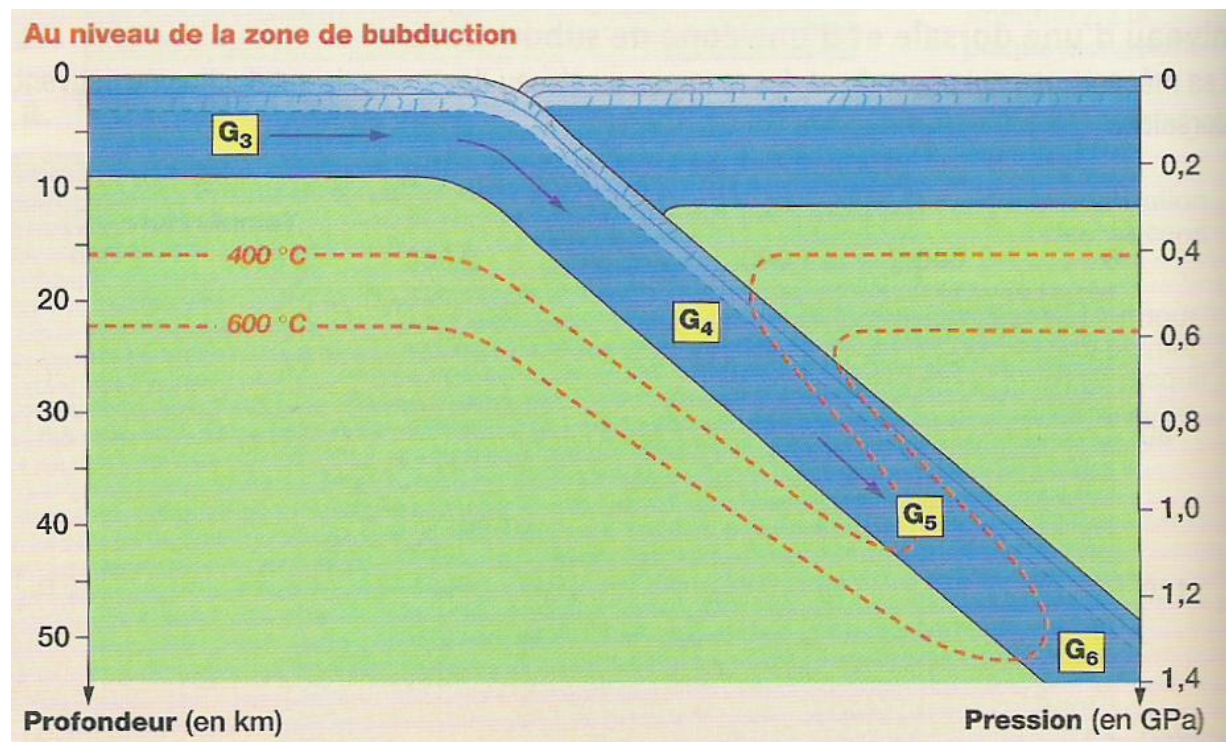
Au cours du refroidissement de la Lithosphère océanique, le clinopyroxène (Cpx) se transforme partiellement en amphibole brune (Hbb) en fonction de la disponibilité de l'eau (réaction Pyroxènes + Pl + Eau = Amphibole ; point 2 du Trajet du Gabbro). Au centre de la photo, l'amas de Trémolite, (une amphibole incolore, Tr) entouré de Chlorite (Chl), provient de la déstabilisation de l'olivine (+/- orthopyroxène) magmatiques à la transition Faciès Schistes Verts - Amphibolite (point 3 du Trajet du Gabbro) par le biais de la réaction $Ol + Opx + Pl + Eau = Tr + Chl$.



G4 APPARTIENT AU FACIÈS DES SCHISTES BLEUS



G5 À T°C ~ 400°C ET PROFONDEUR ~ 40 KM



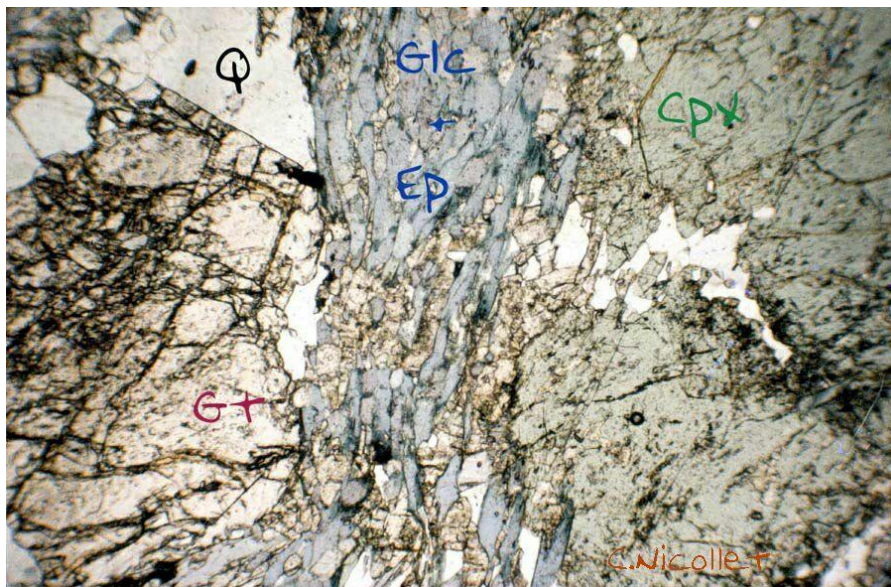
VUE MACROSCOPIQUE D'UNE ÉCLOGITE À GRENAT (ÎLE DE GROIX).



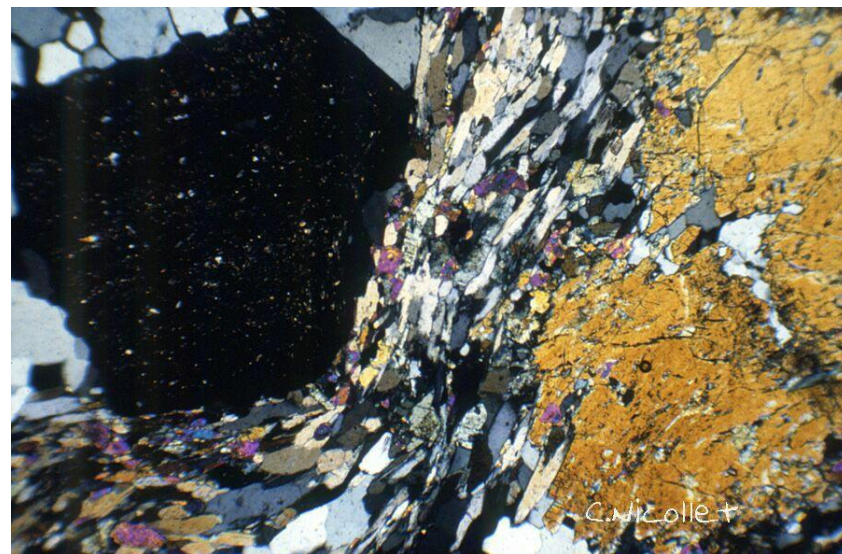
Le **minéral bleu est la glaucophane** (amphibole sodique bleue, $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$). Les minéraux globuleux rouges sont des **grenats**.

UNE ÉCLOGITE DE BASSES TEMPÉRATURES – HAUTES PRESSIONS

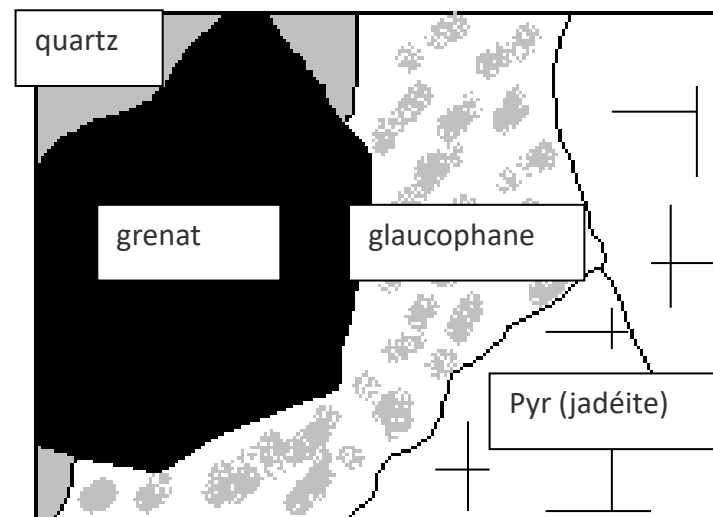
<http://christian.nicollet.free.fr/>



Lame mince au MO LPNA

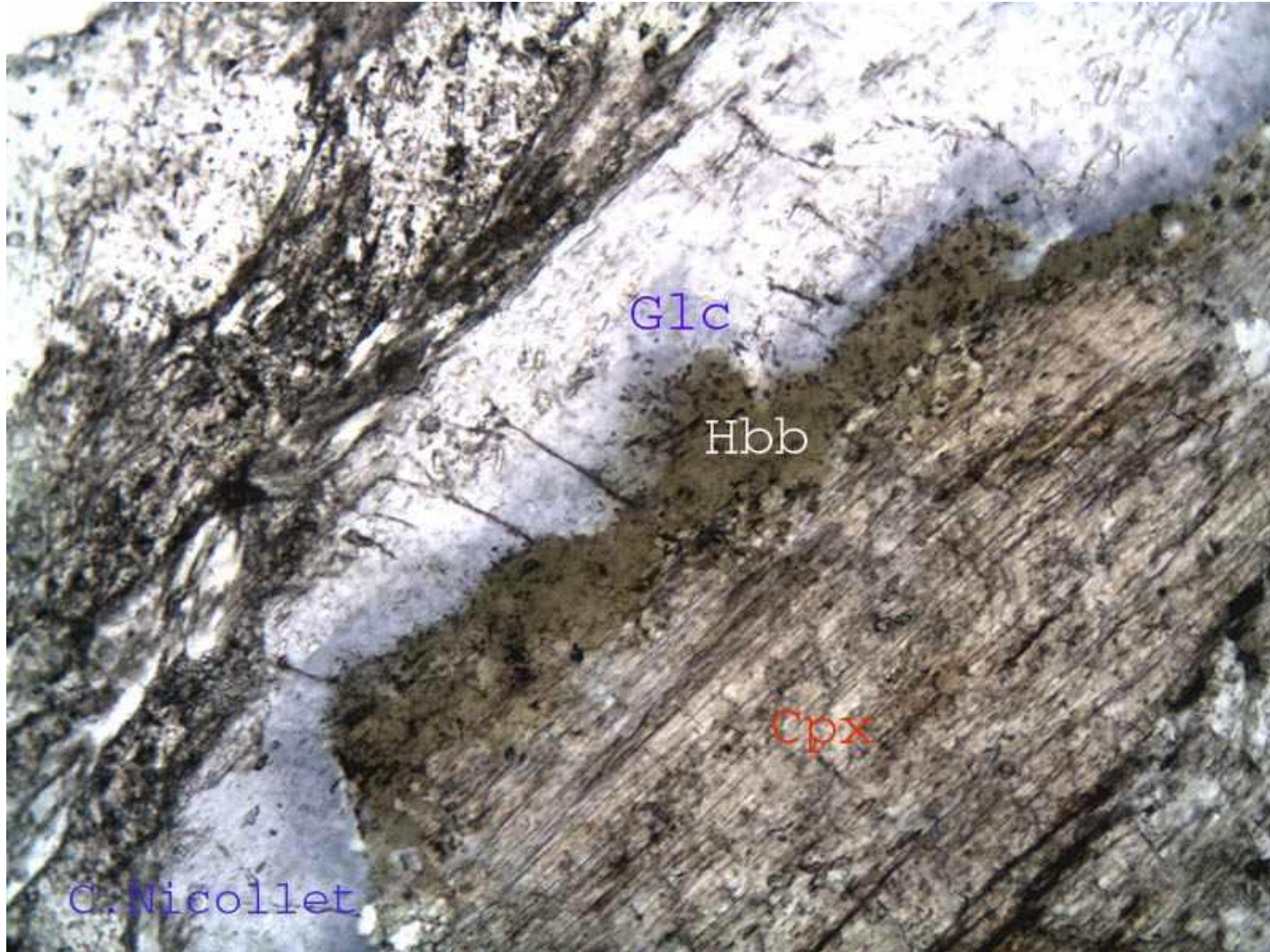


Lame mince au MO LPA

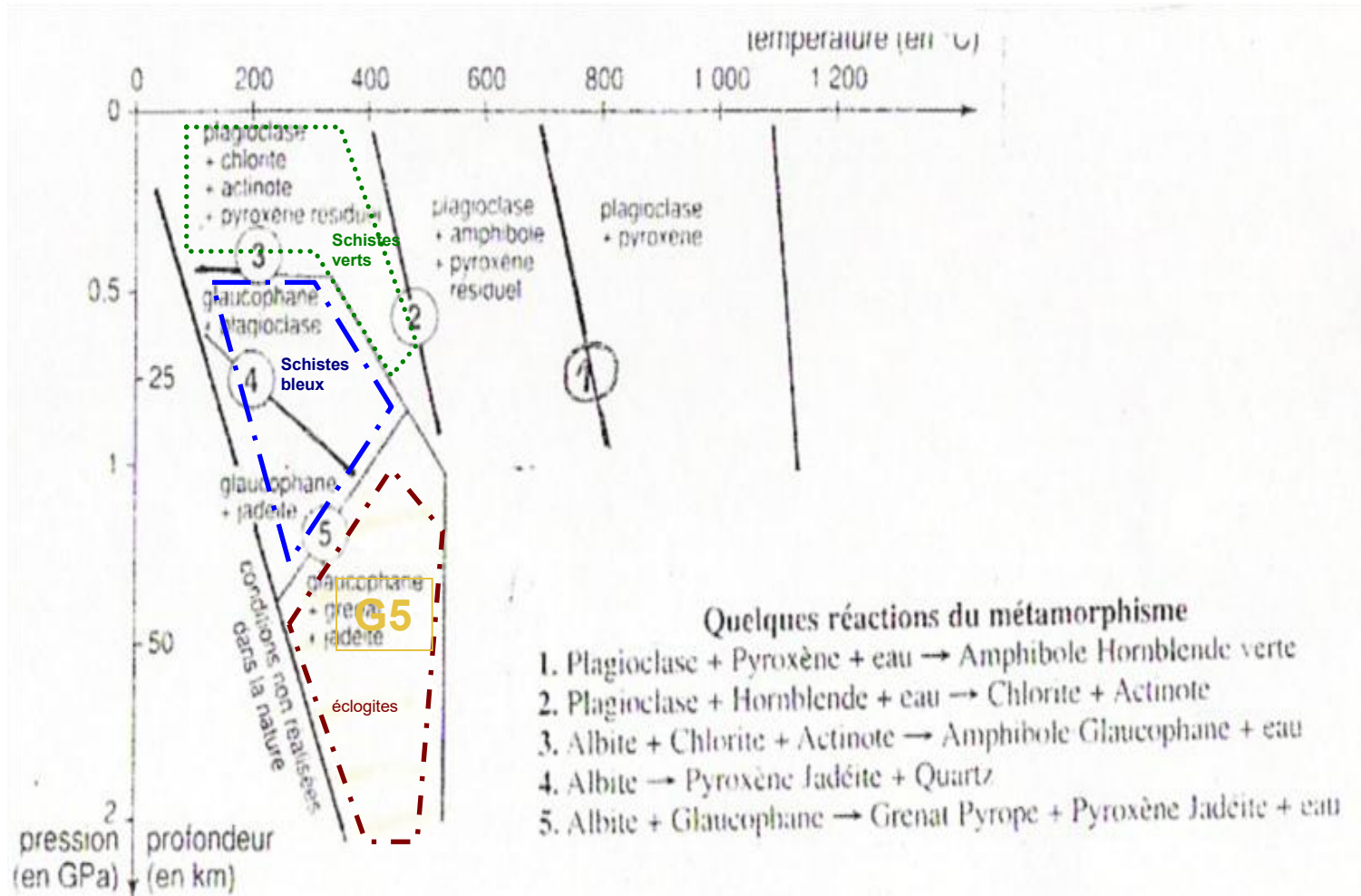


Métagabbro

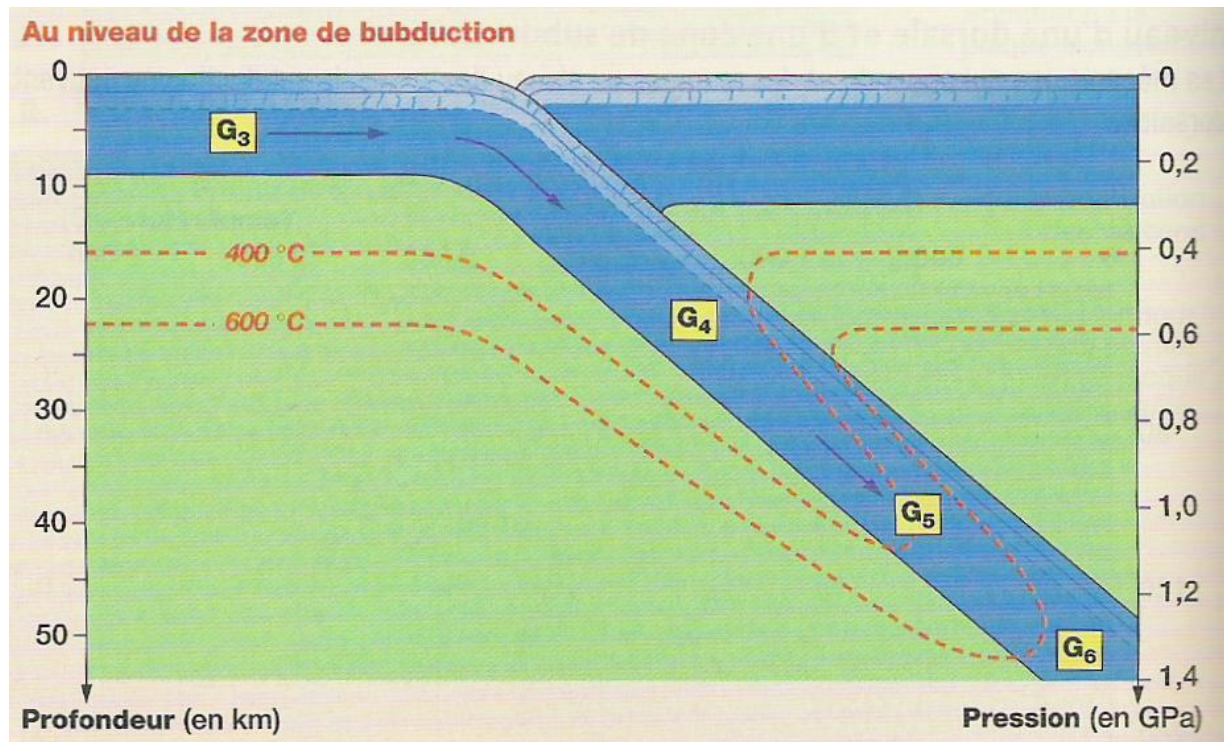
LAME MINCE EN LN D'UN MÉTAGABBRO



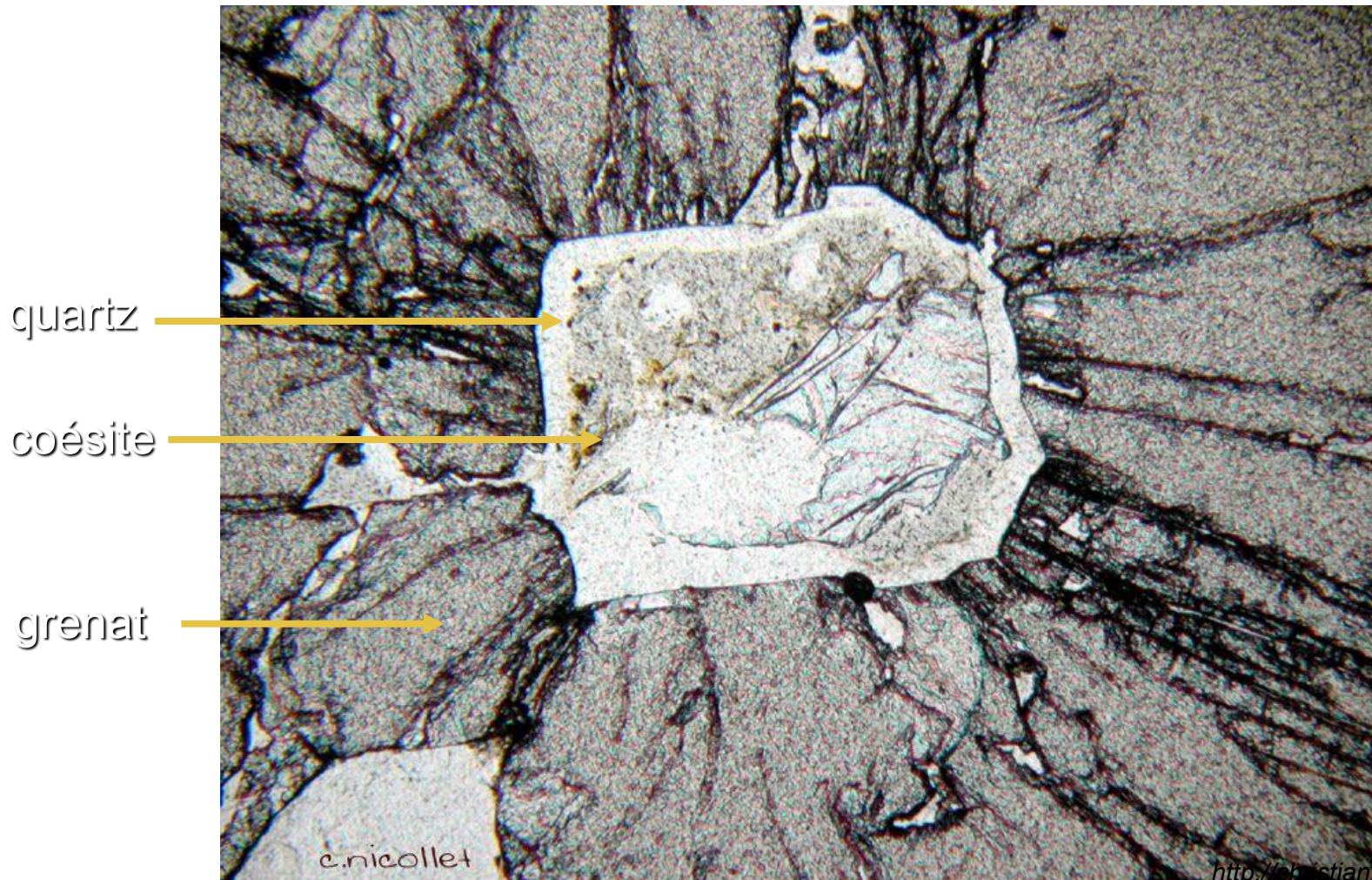
G5 APPARTIENT AU FACIÈS DES ÉCLOGITES (MÉTAMORPHISME: HP-BT)



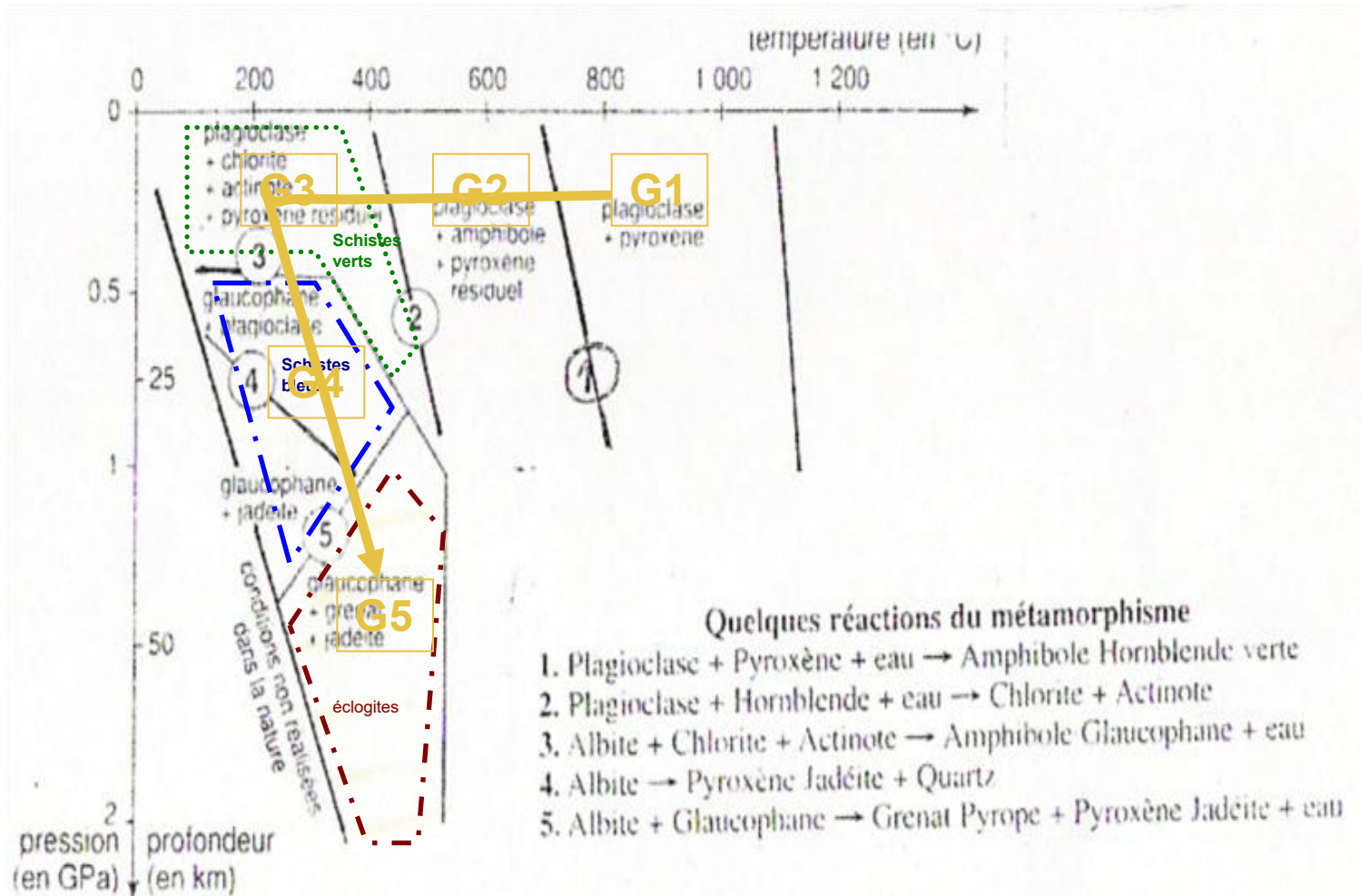
G6 À $T^{\circ}\text{C} > 600^{\circ}\text{C}$ ET PROFONDEUR $> 50\text{KM}$



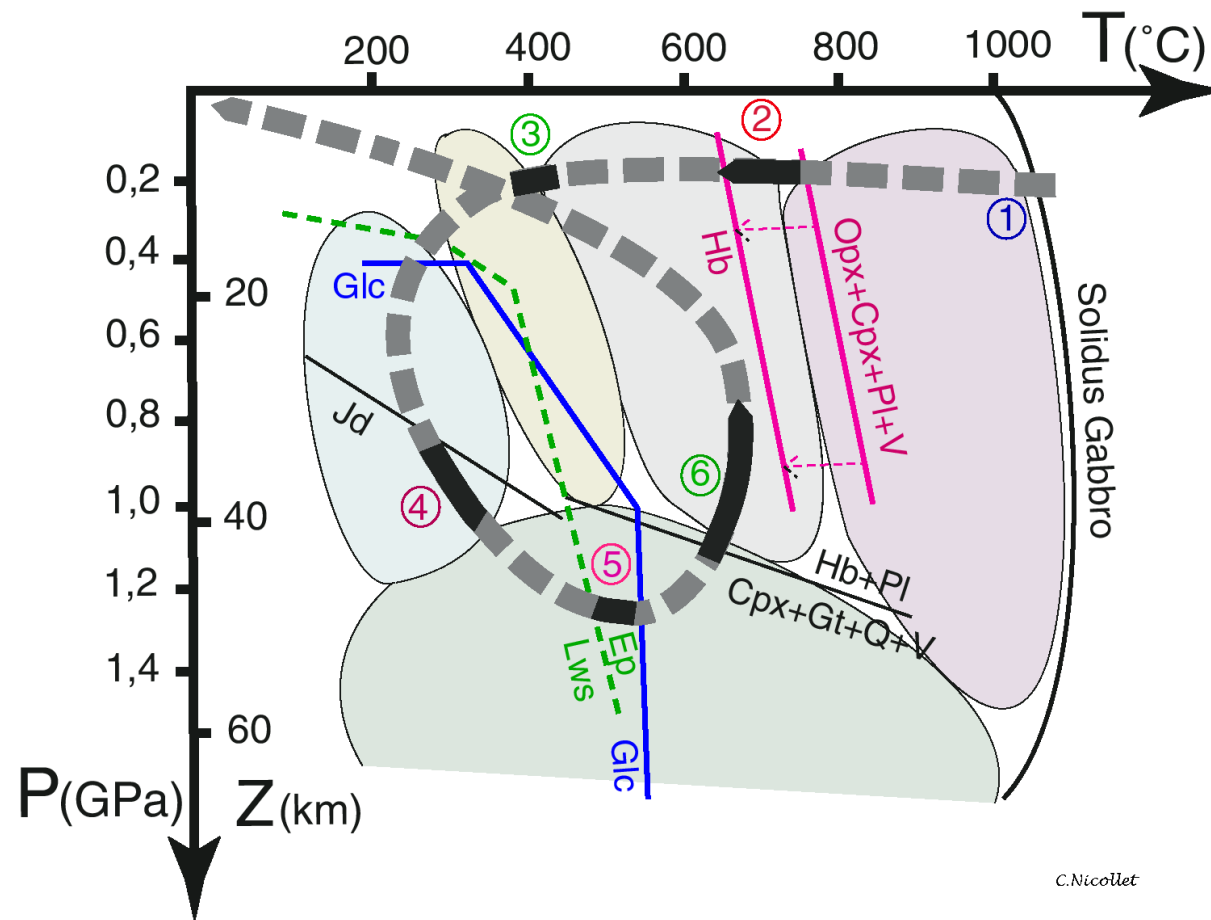
COÉSITE (TRANSFORMATION D'UN QUARTZ À UHP > 100KM)



BILAN SUR LES DIFFÉRENTS FACIÈS TRAVERSÉS PAR UN GABBRO



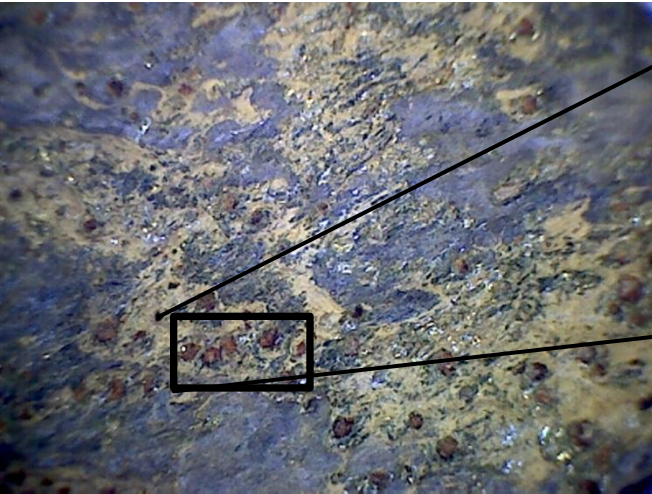
DOMAINES DE STABILITÉ DES MINÉRAUX DANS UN DIAGRAMME PT



C.Nicollet

SUPPLÉMENTS MÉTAMORPHISME : LYCÉE

DES EXEMPLES DE MINÉRAUX MÉTAMORPHIQUES (MARQUEURS DE DOMAINES DE STABILITÉ P ET T)



Grenat entouré de
glaucophane et
d'omphacite



Grenat (HP)

Staurotide (MP et surtout HT)



Disthène (MP)

Des indices pétrographiques de l'épaississement crustal

L'épaississement de la croûte continentale a pour conséquence de soumettre des roches à de nouvelles conditions de température et de pression. L'objectif est de montrer les modifications pétrographiques associées à ces nouvelles conditions.

A Des transformations affectant les roches de la croûte continentale



Les trois roches présentées proviennent de sites distants de 10 à 15 km et situés dans le bas Limousin (Massif central). Ces roches possèdent toutes une même composition chimique globale qui est la même que celle de roches sédimentaires argileuses appelées **pélites**.

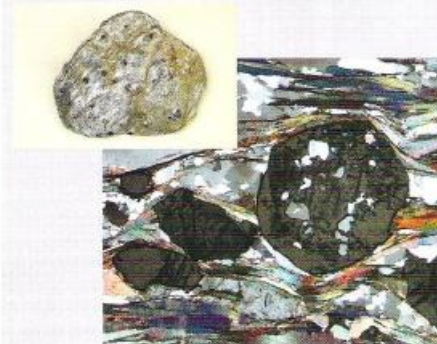
L'observation des roches en place, sur le terrain, montre le passage très progressif des schistes aux micaschistes puis des micaschistes aux gneiss. Cette succession de roches est interprétée par les géologues comme une transformation progressive des roches sédimentaires (pélites) soumises à des conditions de pression et de température différentes. On nomme **métamorphisme** ces modifications de texture et de composition minéralogique qui se déroulent à l'état solide.

Roche R1 : schiste à séricite et chlorite



L'observation au microscope montre un alignement de petites paillettes de séricite et de chlorite (minéraux voisins des micas) qui détermine une **schistosité**. L'aspect satiné de l'échantillon est dû à la séricite, sa couleur verdâtre à la chlorite.

Roche R2 : micaschiste à grenat



La roche est essentiellement formée de micas noirs (biotite) vivement colorés en lumière polarisée analysée et de quartz de teinte grise. La schistosité est très marquée malgré les déformations dues à la présence de gros cristaux de grenat.

Roche R3 : gneiss gris



L'aspect lité de l'échantillon est dû à une alternance de lits clairs et de lits sombres. Au microscope, les feuilletés clairs apparaissent formés de quartz et de feldspaths alors que les feuilletés sombres sont formés de micas noirs.

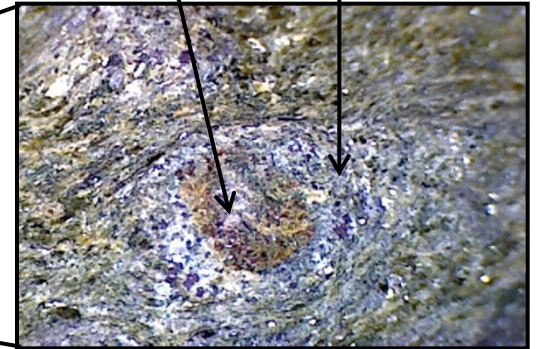
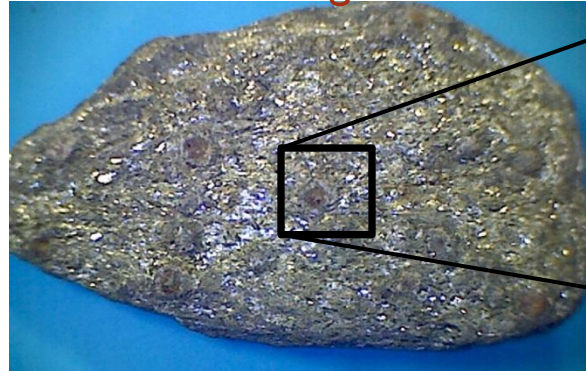
GRADIENT MÉTAMORPHIQUE DANS UN CONTEXTE D'ÉPAISSISSEMENT CRUSTAL

Disthène en auréole

Micaschiste à chlorite

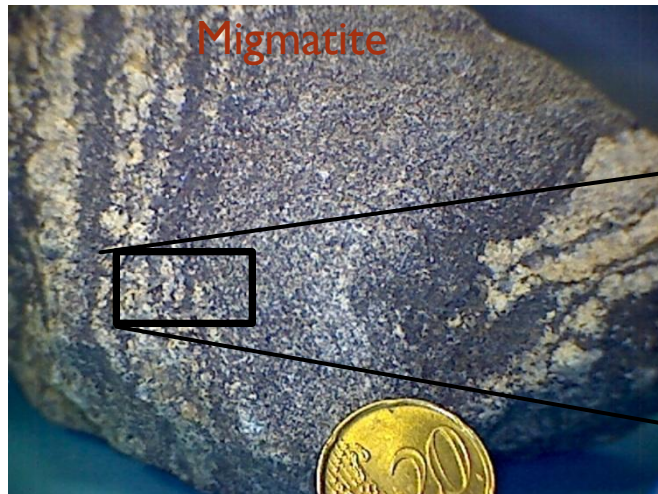


Micaschiste à grenat



Gradient métamorphique (augmentation de T surtout, et un peu P) lié à l'épaississement et participant à l'épaississement

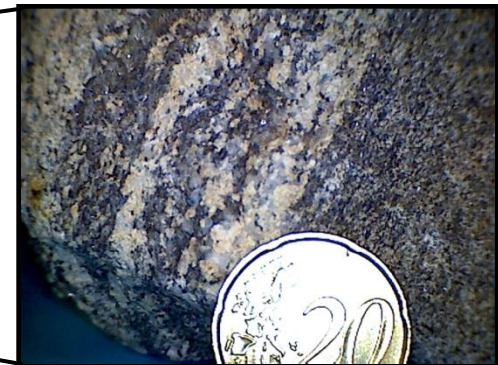
solidus



Migmatite

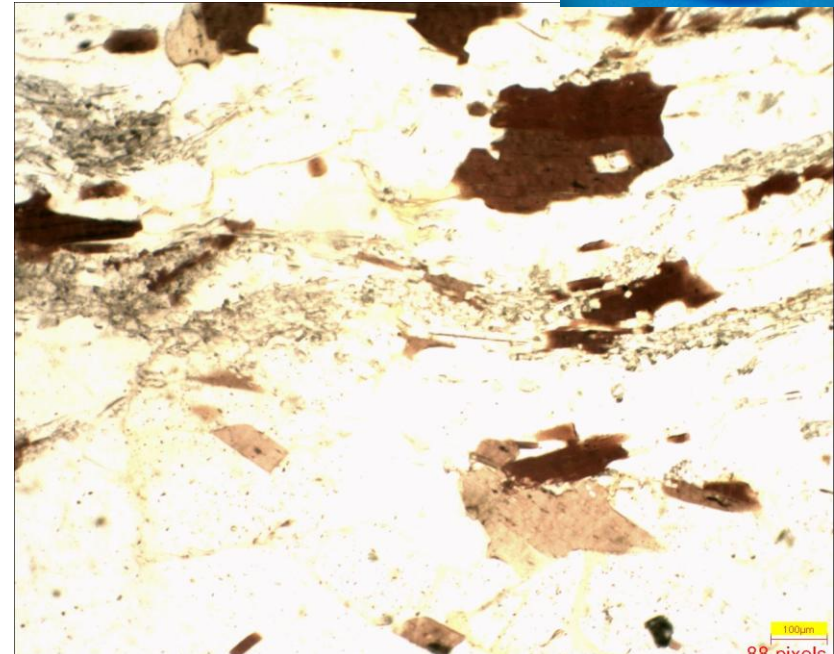
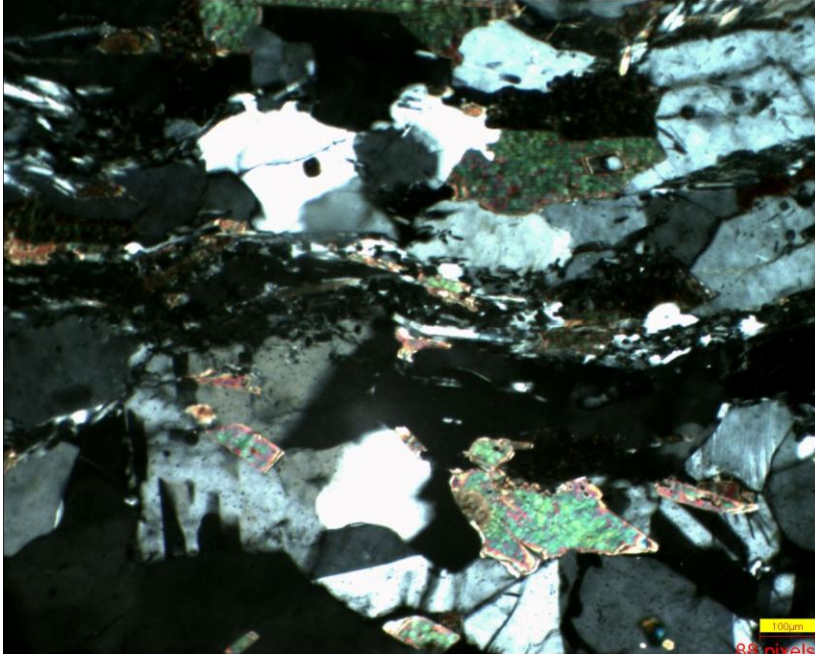
Gneiss

Granite d'anatexie





OBSERVATION D'UNE LAME MINCE DE MICASCHISTE À CHLORITE AU MO EN LPA ET LPNA



Les cristaux apparaissent « organisés » selon des feuilletés => roche métamorphique

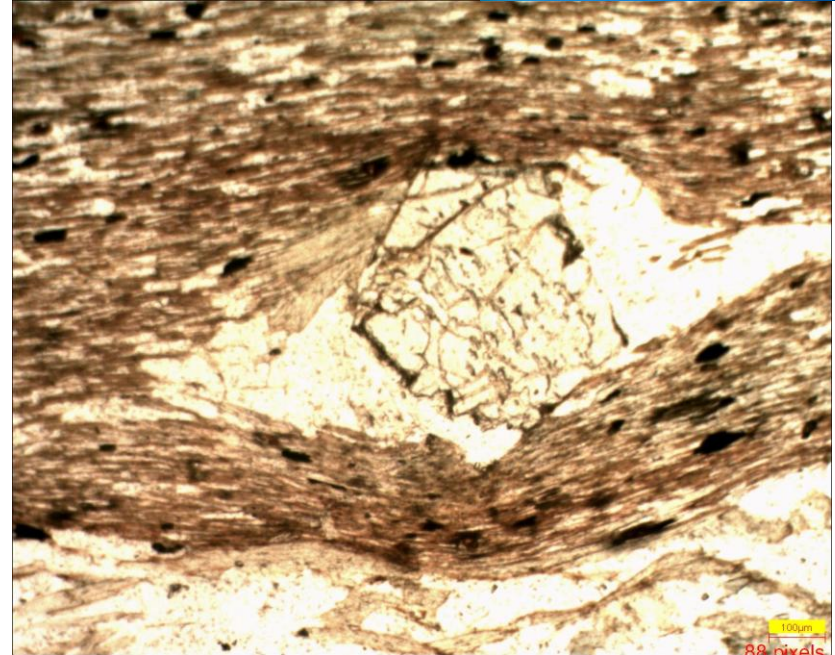
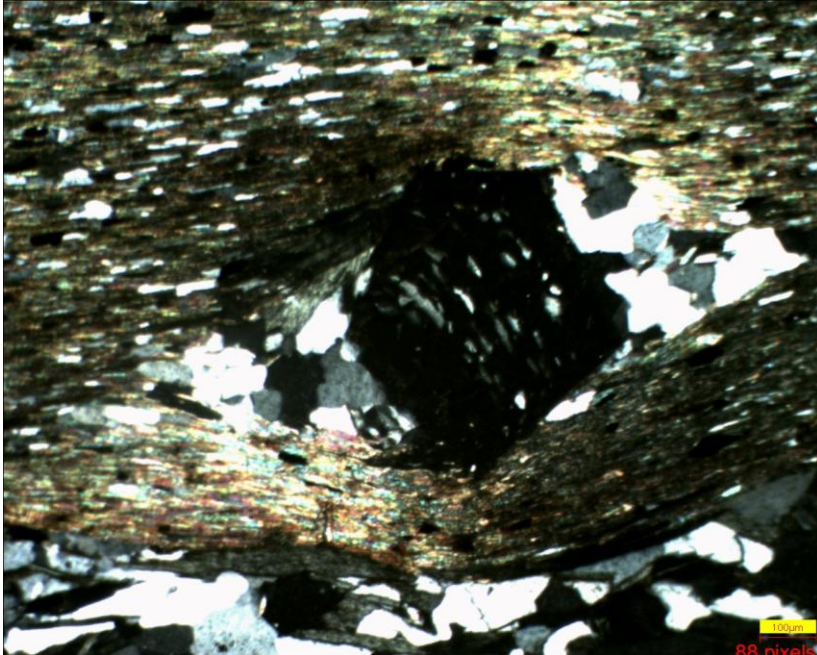
Feuilletés présentant des minéraux à fort pléochroïsme en LPA et verdâtres en LPA = chlorite

Minéraux à fort pléochroïsme en LPA et marron en LPNA = mica noir (=biotite)

Minéraux à extinction roulante en LPA absents en LPNA = quartz

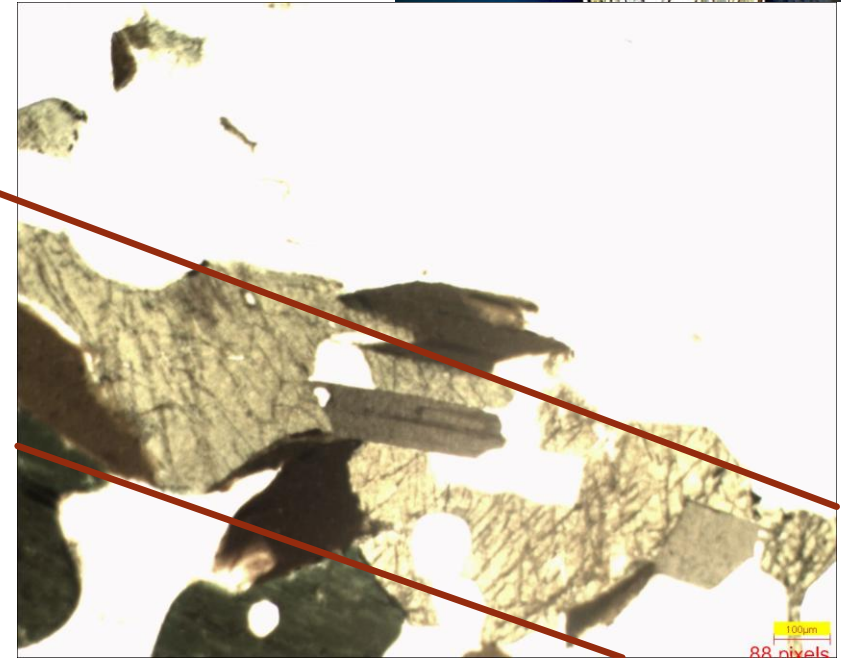
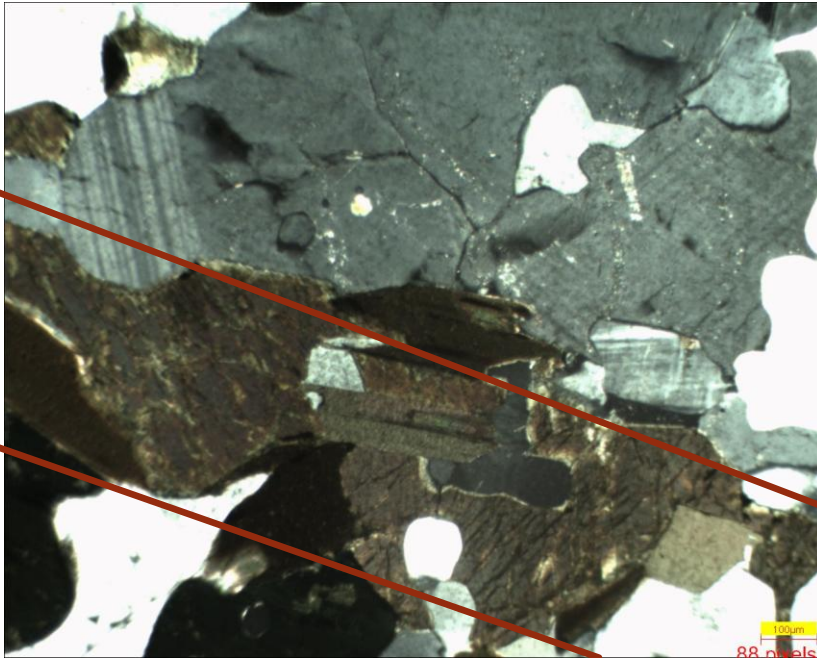
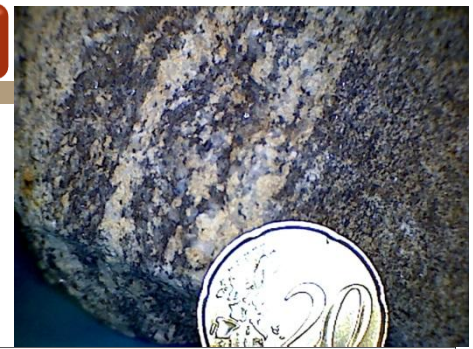


OBSERVATION D'UNE LAME MINCE DE MICASCHISTE À GRENAT AU MO EN LPA ET LPNA



Feuillets plus comprimés => déformation métamorphique plus intense
 Petits minéraux à fort pléochroïsme en LPA incolores ou verdâtres en LPNA: chlorite
 Un minéral au centre, **noir en LPA et craquelé à fort relief en LPNA** = **garnat**
 Dans les zones de « moindre pression » présence de minéraux à extinction roulante en LPA et non visibles en LPNA = quartz

OBSERVATION D'UNE LAME MINCE DE GNEISS AU MO EN LPA ET LPNA



Organisation en feuillets = roche métamorphique

Un feuillet avec des minéraux présentant une mâcle polysynthétique en LPA non visibles en LPNA = feldspaths plagioclases

Un feuillet avec des minéraux présentant des clivages à 120° et visibles en LPNA: mica, amphibole

Un feuillet avec des minéraux à extinction roulante en LPA non visibles en LPNA = quartz

B Les conditions d'une fusion partielle de la croûte continentale

Rappels Lycée

Dans de nombreuses régions du Limousin, on peut observer sur le terrain des roches qui présentent un aspect bien particulier. En effet, ces roches sont constituées de parties gneissiques et de parties granitiques : elles sont appelées migmatites (*photographies ci-contre*).

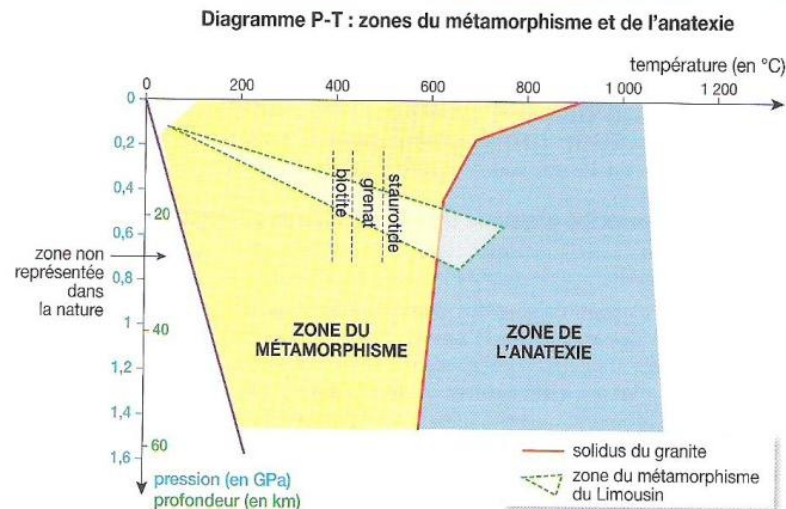
Les lentilles claires proviennent d'un liquide granitique résultant de la fusion partielle du gneiss. Les bordures sombres correspondent à des minéraux réfractaires à la fusion car la température était insuffisante.



Doc. 2 Les migmatites, des roches présentant des indices de fusion partielle.

- En soumettant expérimentalement des roches à des températures et des pressions qui règnent en profondeur, les scientifiques ont défini différents domaines. En portant sur le diagramme Pression-Température l'ensemble des couples P-T pour lesquels se produit l'anatexie (fusion partielle de la roche), on obtient une courbe (**solidus**) qui sépare le domaine du métamorphisme, roches ayant subi une transformation à l'état solide, de celui du magmatisme, roche résultant d'une fusion partielle (les migmatites, par exemple).

- En utilisant la même technique expérimentale pour des minéraux, il est possible de définir un champ de stabilité dans un domaine de pression et de température pour chaque minéral.



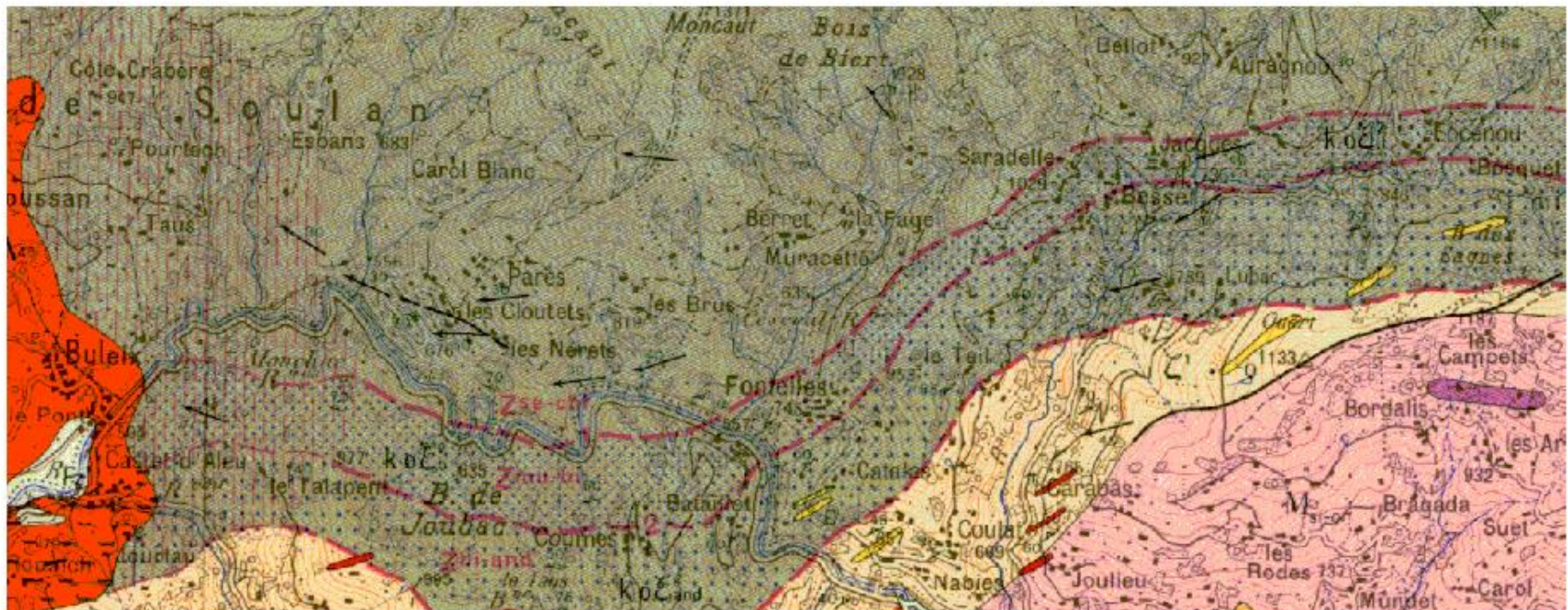
Particularités des roches du doc. 1

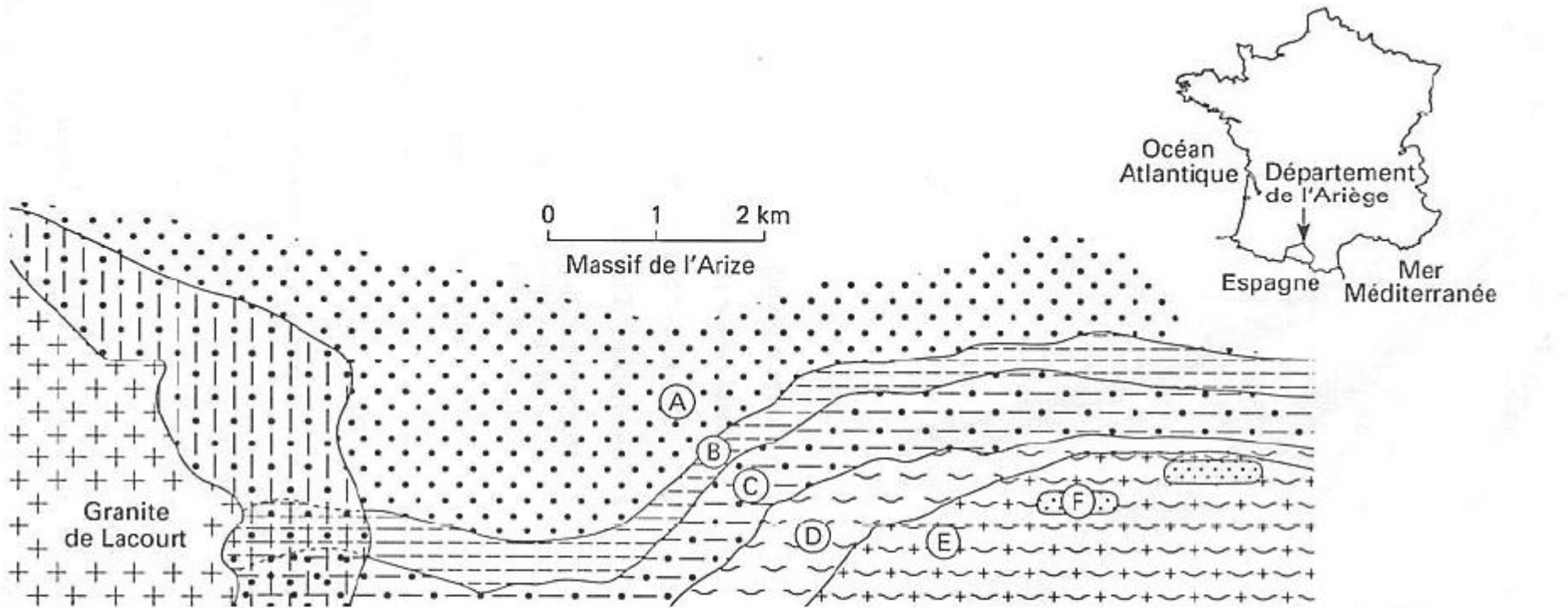
- La roche R1 ne contient pas de biotite.
- La roche R2 contient de la biotite et du grenat.
- La roche R3 contient du grenat et de la staurotide.

Doc. 3 Des roches et des minéraux soumis expérimentalement à différentes conditions de pression et de température.

DOC 1 : Extrait de la carte géologique de France au 1/10⁶
 N.B. Le rectangle jaune localise approximativement le
 secteur de la carte au 1/50 000 de Saint Girons présenté ci-
 dessous.

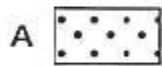
DOC 2 : Extrait de la carte de Saint GIRONS accompagné
 d'un schéma d'interprétation.





De A à F :

- la composition chimique des roches varie peu,
- la teneur en eau diminue progressivement.



Schistes à séricite et à chlorite



Gneiss à sillimanite et à feldspaths potassiques



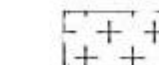
Granite de Bousсенac à feldspaths potassiques



Micaschistes à biotite, à muscovite



Mélange de gneiss et de granite - migmatite à sillimanite et feldspaths potassiques



Granite de Lacourt

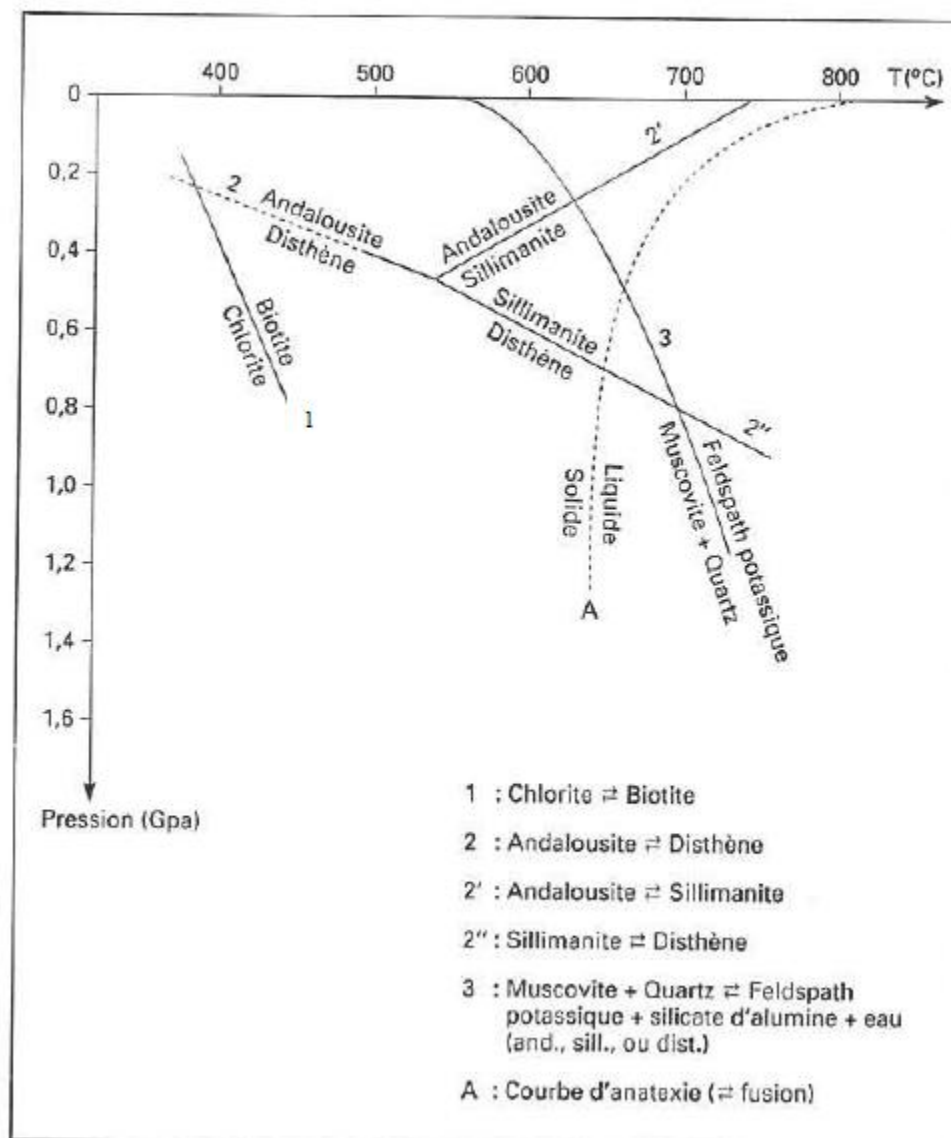


Micaschistes à biotite, à muscovite et à andalousite



Auréole de métamorphisme

Domaines de stabilité des minéraux



ANALYSE DE LA CARTE DE SAINT-GIRONS, MASSIF DE L'ARIZE ET DES 3 SEIGNEURS

- Les roches de A à F ont la même composition chimique: schistes à séricite et à chlorite => On peut donc supposer qu'elles résultent de la transformation **d'une même roche initiale**. Leur composition minéralogique différente résulte de leur mise en présence de **conditions de pression et de température différentes** de leurs conditions de formation, c'est du **métamorphisme**.
- Age hercynien : Il s'agit de socle (croûte continentale métamorphisée lors de l'orogénèse hercynienne = varisque entre -400 et -300 millions d'années) (couleur orange sur le millionième).
- Ici le métamorphisme observé est lié à une augmentation de la T°C (thermométamorphisme) pouvant conduire à une anatexie (=fusion). Les points alignés définissent le gradient de métamorphisme de la région.

