



Thème 1B TP 3 : Épaississement de la croûte continentale

On cherche à déterminer des marqueurs d'un épaississement crustal



Lycée E. Delacroix *Tale S*

- Vous avez vu au TP2 que la croûte continentale pouvait présenter des reliefs fortement positifs (=chaînes de montagnes), compensés en profondeur par des racines crustales.
- **On cherche à déterminer des marqueurs d'un épaissement crustal.**

Des indices tectoniques de l'épaississement crustal

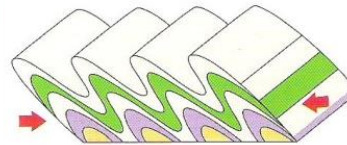
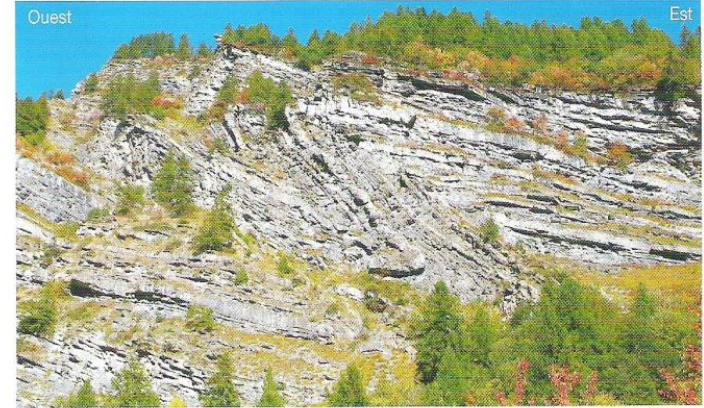
Au niveau des chaînes de montagnes, la croûte continentale présente une grande épaisseur. C'est le résultat d'une histoire tectonique complexe. Les observations de terrain permettent de retrouver des indices de cette histoire.

Activité 1 : indices tectoniques d'un épaississement crustal

A Des indices d'une compression des roches de la croûte

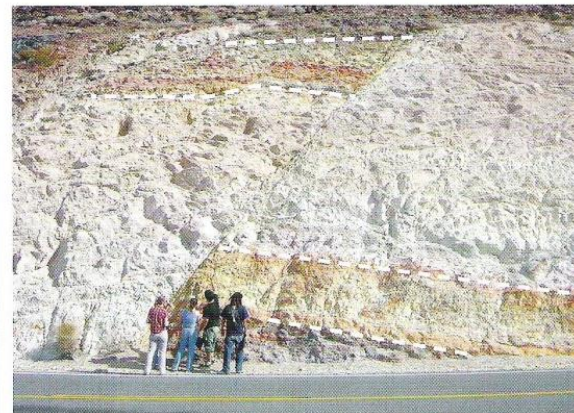


Situés au cœur des Alpes, à l'endroit même où deux plaques lithosphériques s'affrontent, les grès du Champsaur présentent des signes évidents de déformations : ils sont intensément plissés.

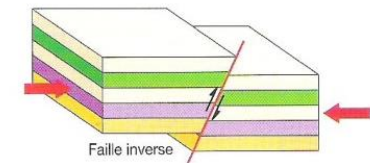


Sous l'effet des **contraintes tectoniques**, les roches se sont déformées de manière souple ; on dit qu'elles ont eu un comportement **plastique**. L'orientation générale des plis indique la direction dans laquelle les contraintes se sont exercées.

Doc. 1 Les plis, une déformation souple des roches.



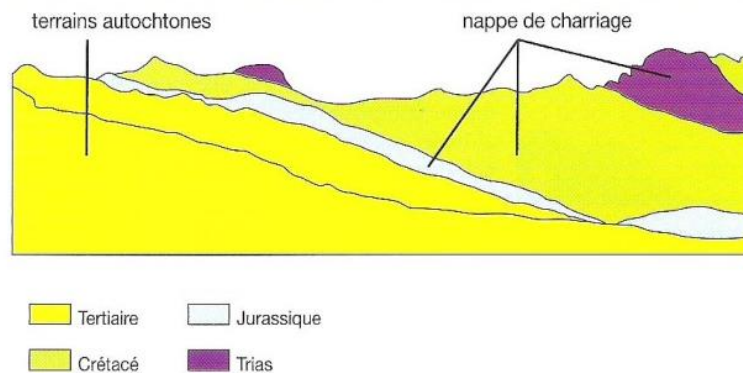
Cette photographie présente une faille remarquable, photographiée au Japon dans un talus fraîchement taillé pour la construction d'une route. C'est une **faille inverse** car le compartiment situé au-dessus du plan de faille (*à gauche sur la photographie*) a été surélevé et chevauche désormais l'autre compartiment. La série sédimentaire déformée par les contraintes tectoniques a eu ici un comportement cassant.



Doc. 2 Les failles, une déformation cassante des roches.



La série sédimentaire du Lautaret, dans les Alpes (près de Briançon), présente des contacts anormaux. Ils s'interprètent par des mouvements de grande ampleur amenant en superposition des roches initialement éloignées : on nomme **nappes de charriage**, ces formations géologiques « voyageuses ». Dans les Alpes, des couches plastiques de gypse datées du Trias ont souvent constitué un « plan de glissement » qui a facilité les déplacements imposés par les contraintes tectoniques.

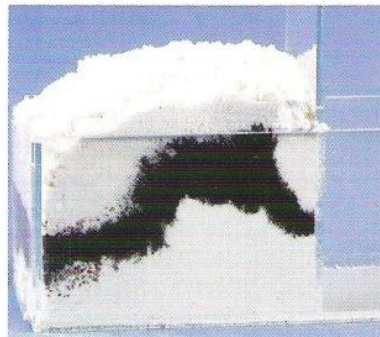


Doc. 3 Le massif du Lautaret, un ensemble rocheux « qui a voyagé ».

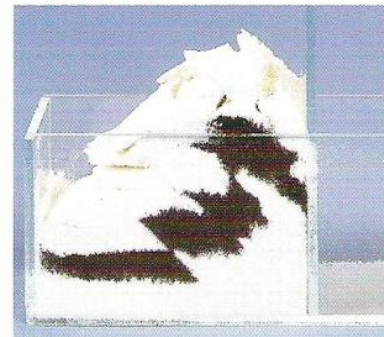
■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : modéliser la déformation des roches

Dans deux mini-aquariums faits de lames pour observations au microscope, et assemblées à l'aide de papier adhésif :

- placer une lame verticalement à une extrémité ;
- saupoudrer alternativement de la farine et du chocolat en poudre pour former des strates (tasser chaque strate dans un mini-aquarium, ne pas tasser dans l'autre) ;
- déplacer latéralement la lame verticale et observer.



Couches non tassées (souples)



Couches bien tassées (cassantes)

Doc. 4 Une modélisation pour comprendre l'épaississement de la croûte continentale.

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.

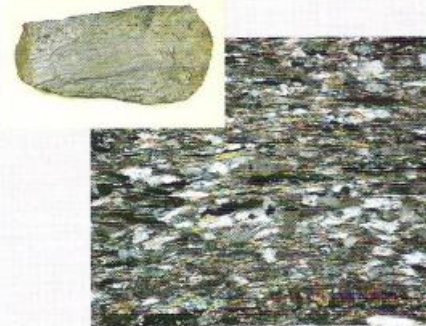
A Des transformations affectant les roches de la croûte continentale



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



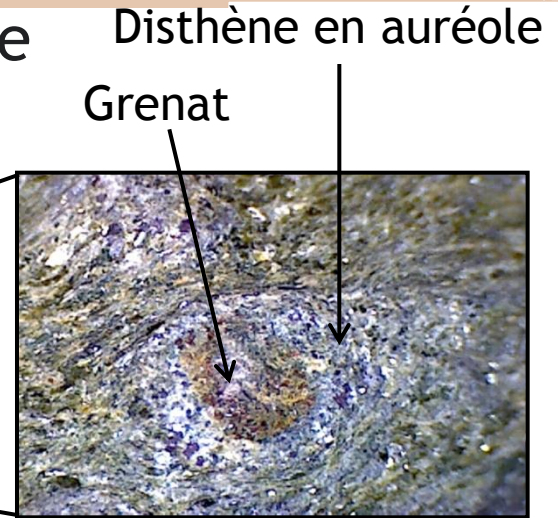
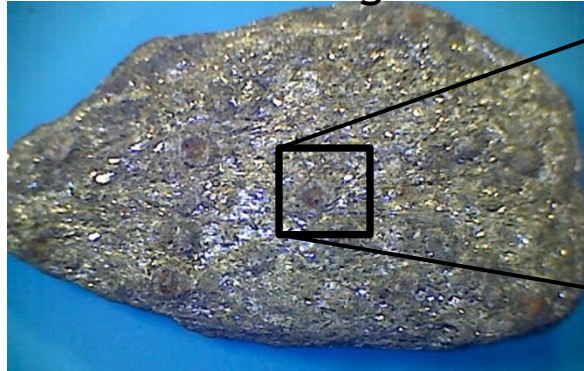
L'aspect lité de l'échantillon est dû à une alternance de lits clairs et de lits sombres. Au microscope, les feuilletts clairs apparaissent formés de quartz et de feldspaths alors que les feuilletts sombres sont formés de micas noirs.

Gradient métamorphique dans un contexte d'épaississement crustal

Micaschiste à chlorite

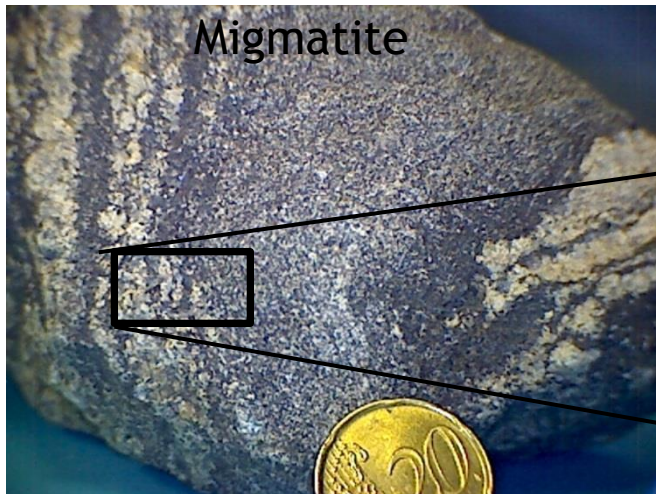


Micaschiste à grenat



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

solidus

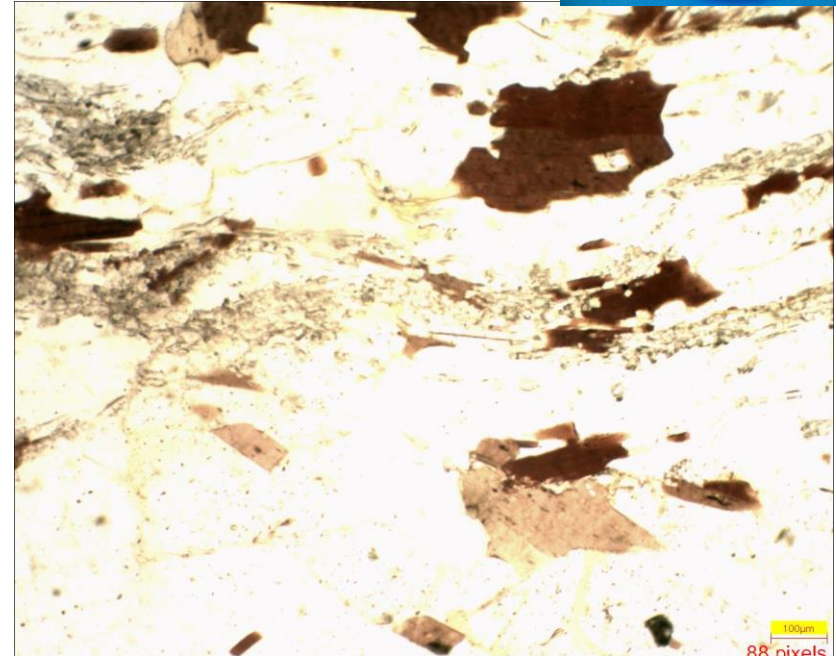
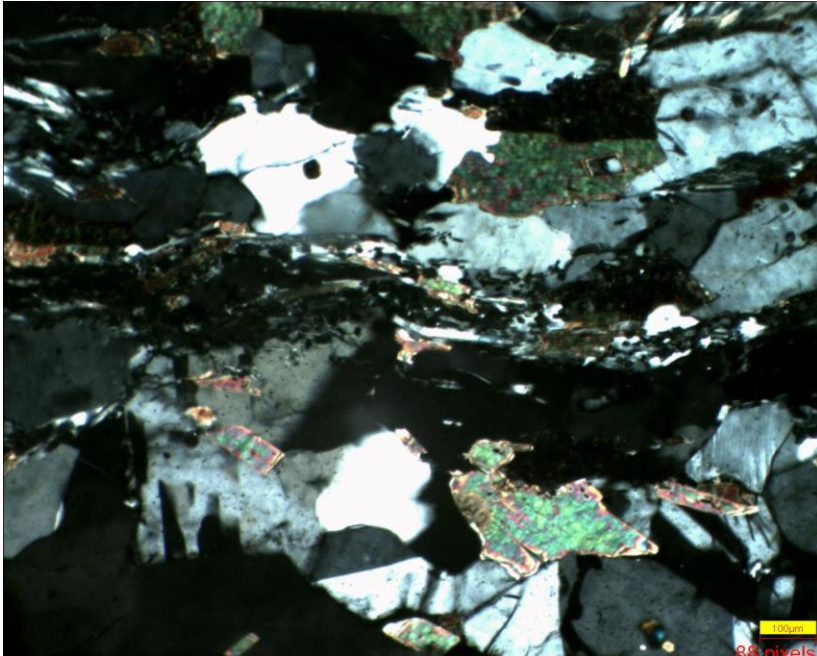


Gneiss

Granite d'anatexie



Observation d'une lame mince de micaschiste à chlorite au MO en LPA et LPNA



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

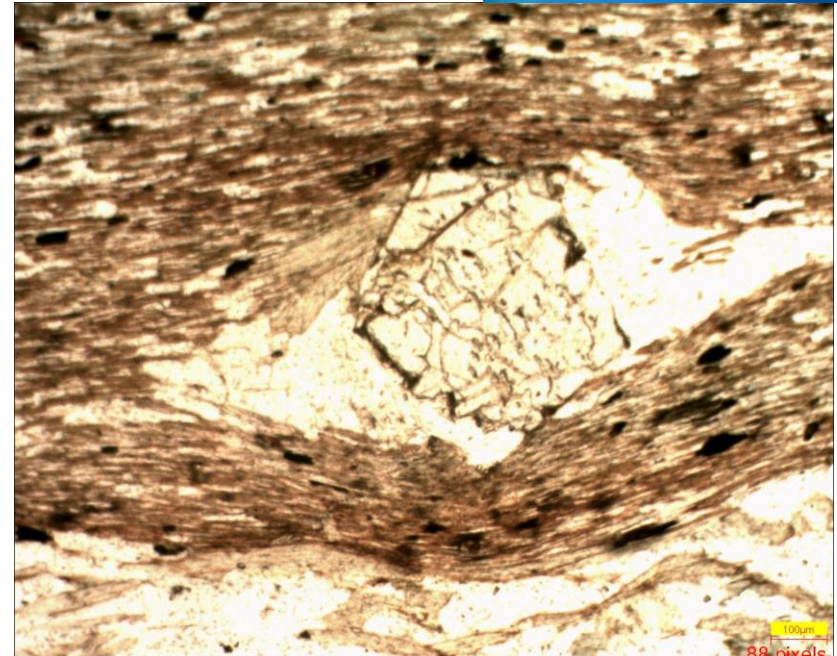
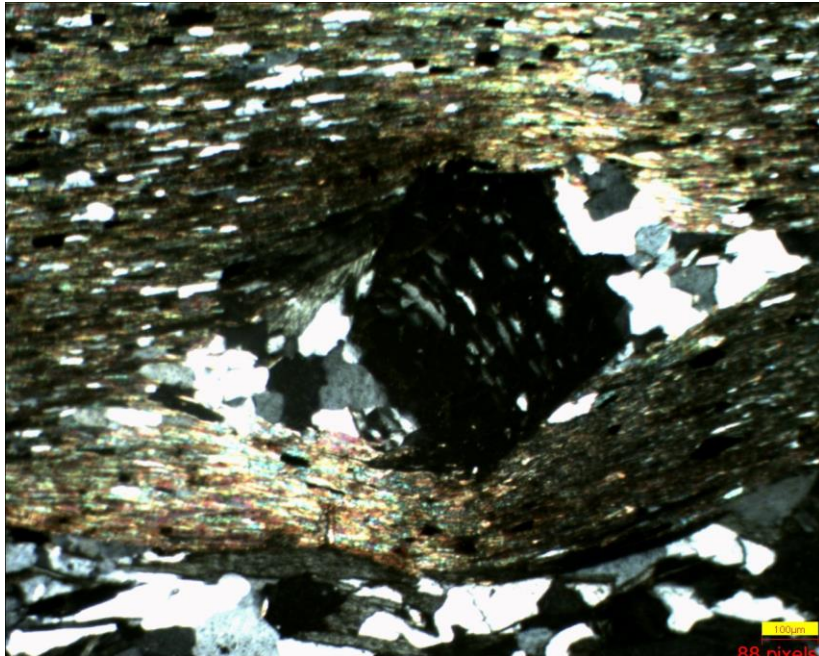
Feuillet

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

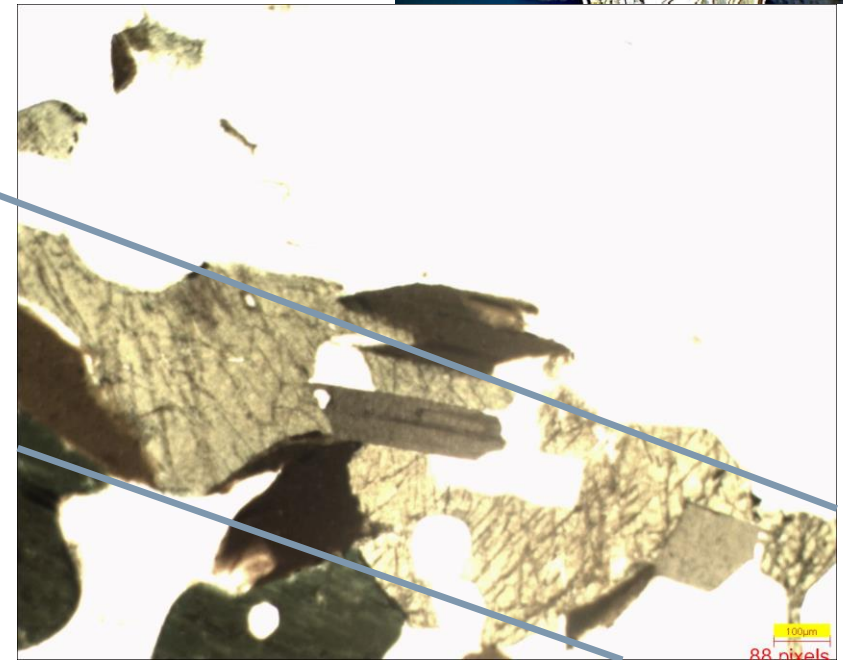
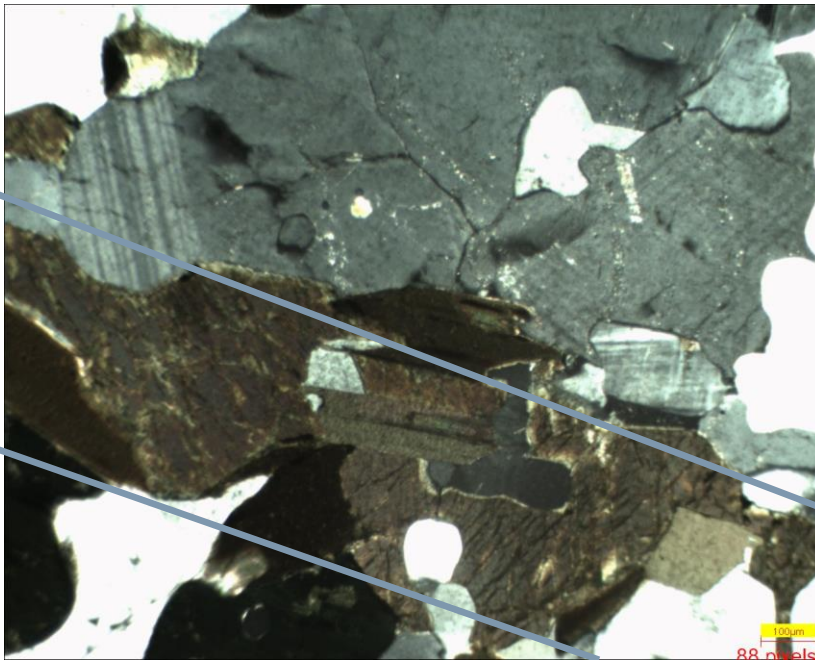


Feuillets plus comprimés => déformation métamorphique plus intense
Petits minéraux à fort pléochroïsme en LPA incolores ou verdâtres en LPNA:
chlorite

Un minéral au centre, noir en LPA et craquelé à fort relief en LPNA = grenat

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

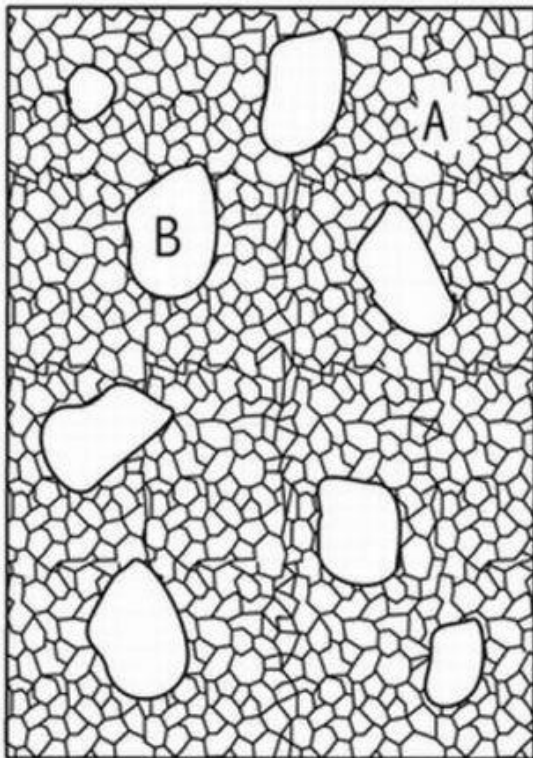
Un feuillet avec des minéraux présentant des clivages à 120° et visibles en LPNA: mica, amphibole

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

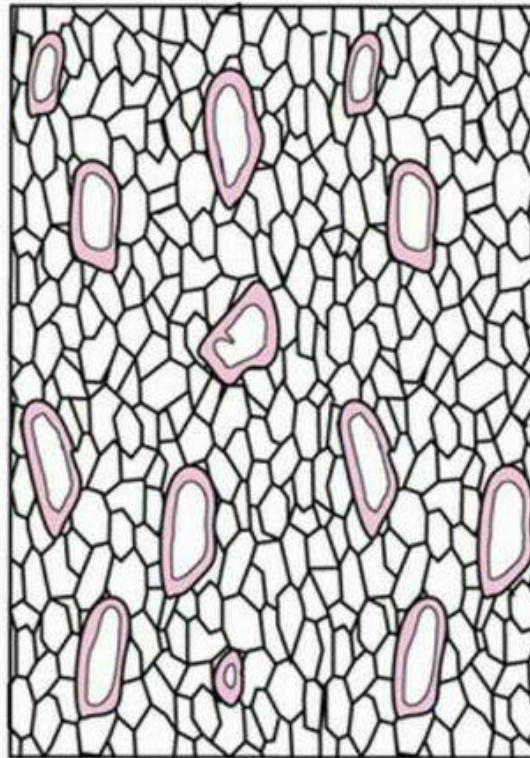
Définition du métamorphisme

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

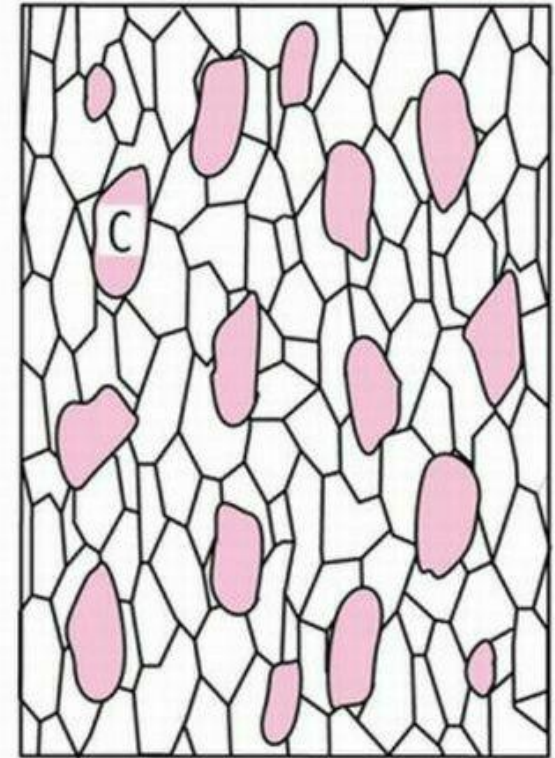
A P0-T0 la roche
contient les minéraux A+B



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



... jusqu'à disparition
de B.



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

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*).

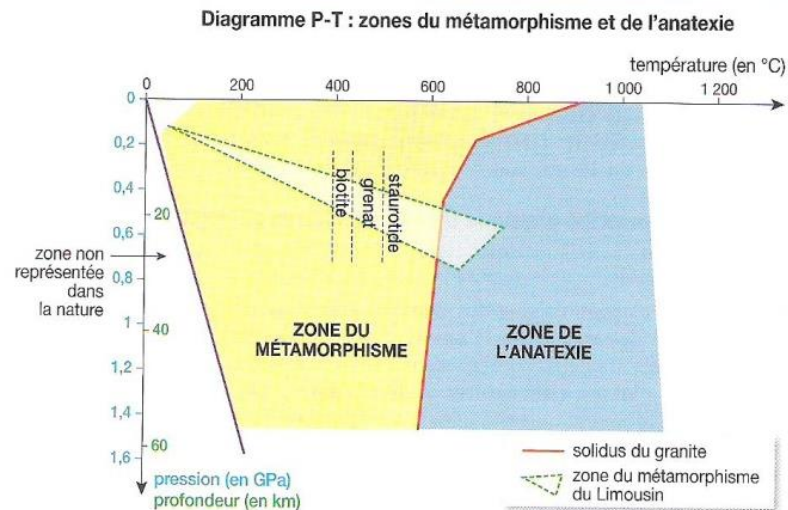
Les lentilles claires proviennent d'un liquide granitique résultant de la fusion partielle du gneiss. Les bordures sombres correspondent à des minéraux réfractaires à la fusion car la température était insuffisante.



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.



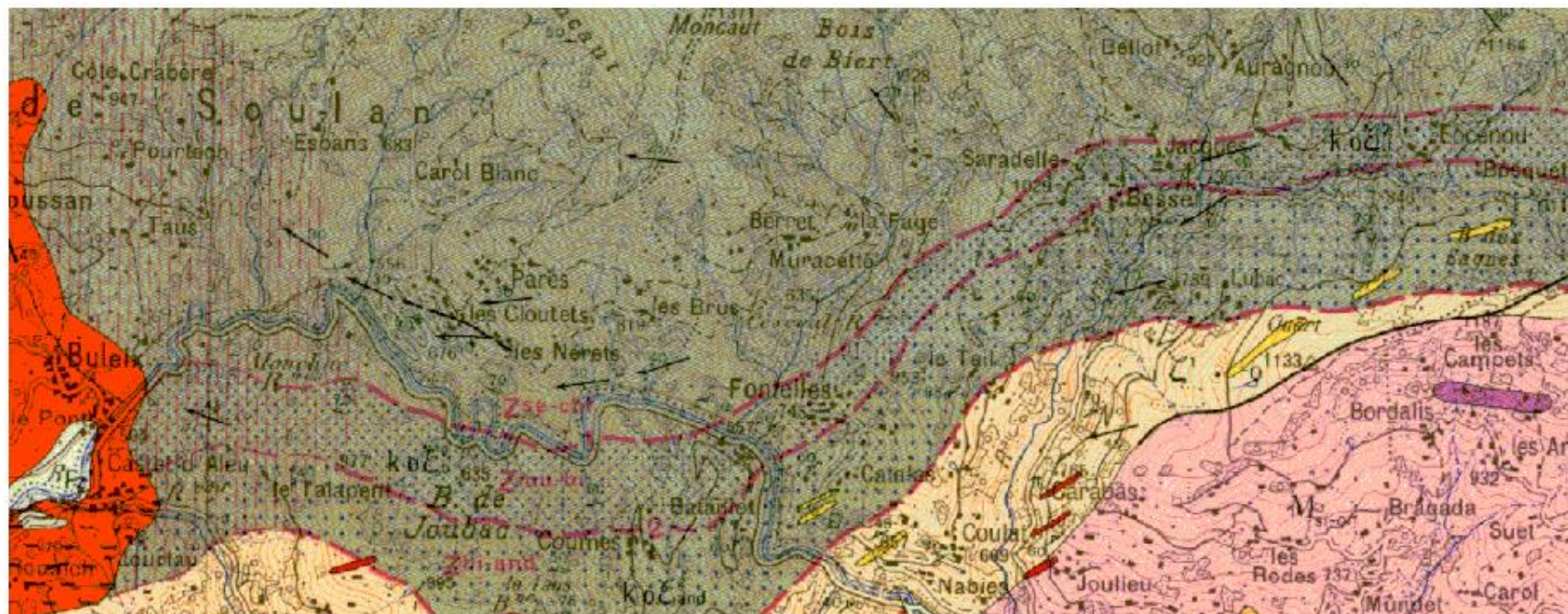
Particularités des roches du doc. 1

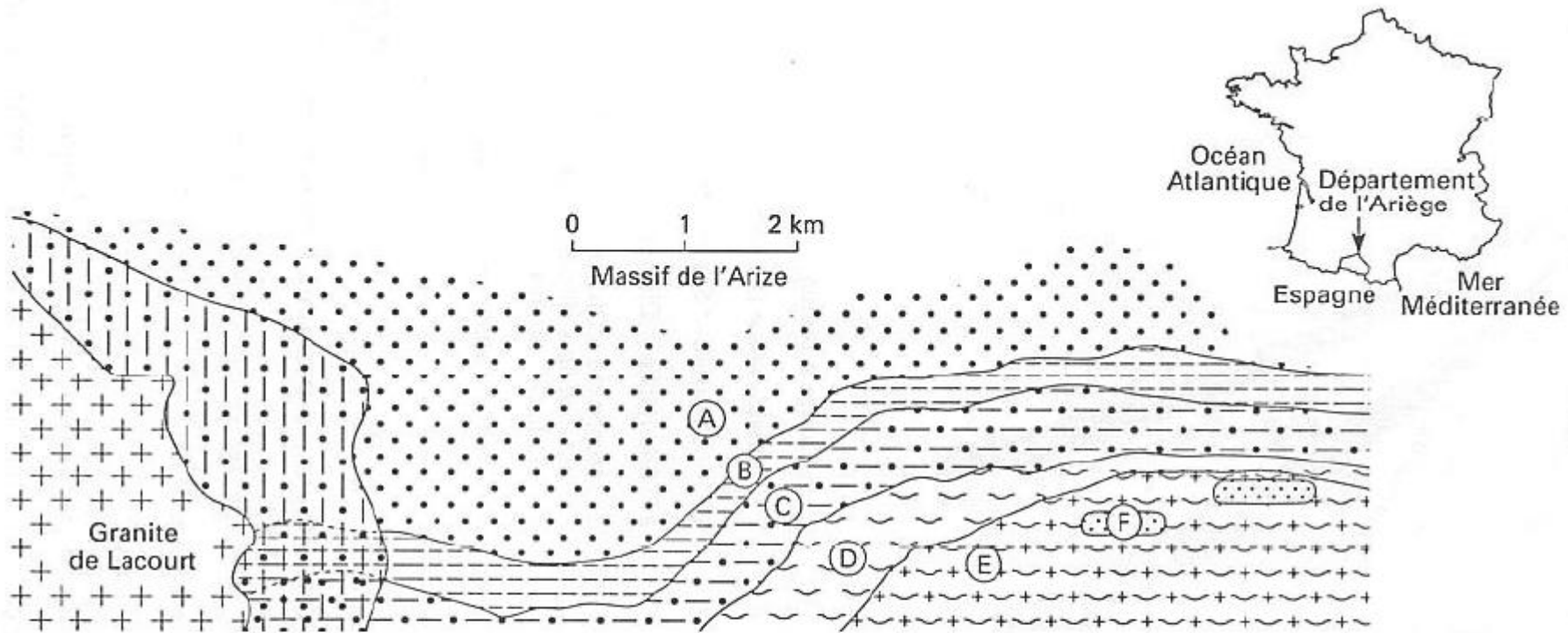
- La roche R1 ne contient pas de biotite.
- La roche R2 contient de la biotite et du grenat.
- La roche R3 contient du grenat et de la staurotide.

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

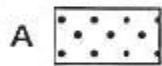
DOC 1 : Extrait de la carte géologique de France au 1/10⁶
N.B. Le rectangle jaune localise approximativement le
secteur de la carte au 1/50 000 de Saint Girons présenté ci-
dessous.

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.



A Schistes à séricite et à chlorite



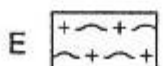
B Micaschistes à biotite, à muscovite



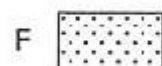
C Micaschistes à biotite, à muscovite et à andalousite



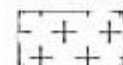
D Gneiss à sillimanite et à feldspaths potassiques



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



F Granite de Bousсенac à feldspaths potassiques

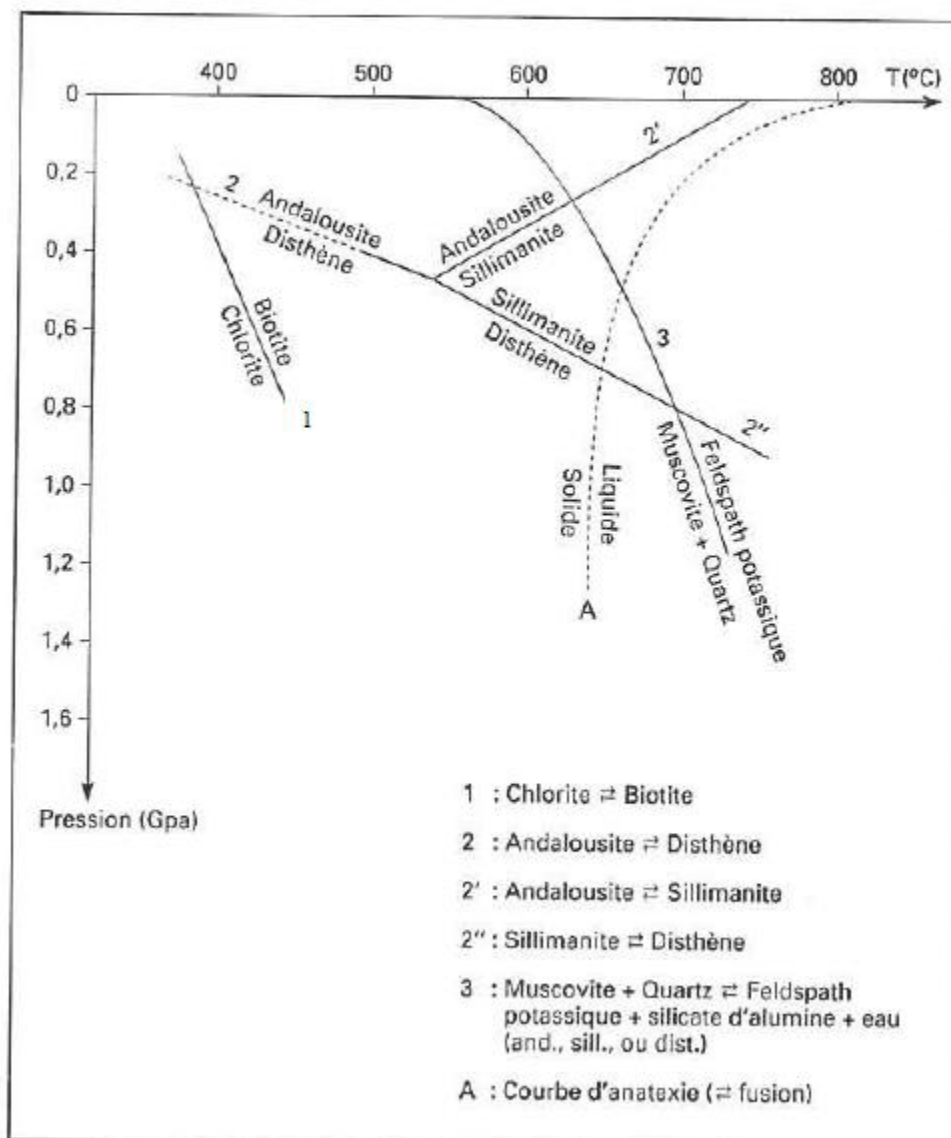


Granite de Lacourt

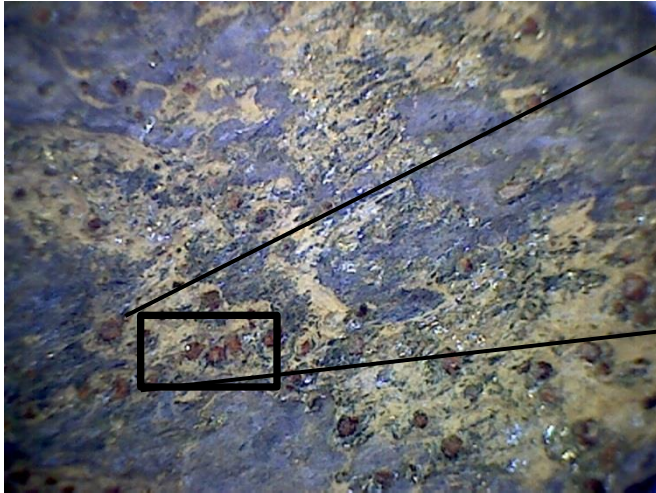


Auréole de métamorphisme

Domaines de stabilité des minéraux



Des exemples de minéraux métamorphiques (marqueurs de domaines de stabilité P et T)



Grenat entouré de glaucophane et d'omphacite



Grenat (HP)

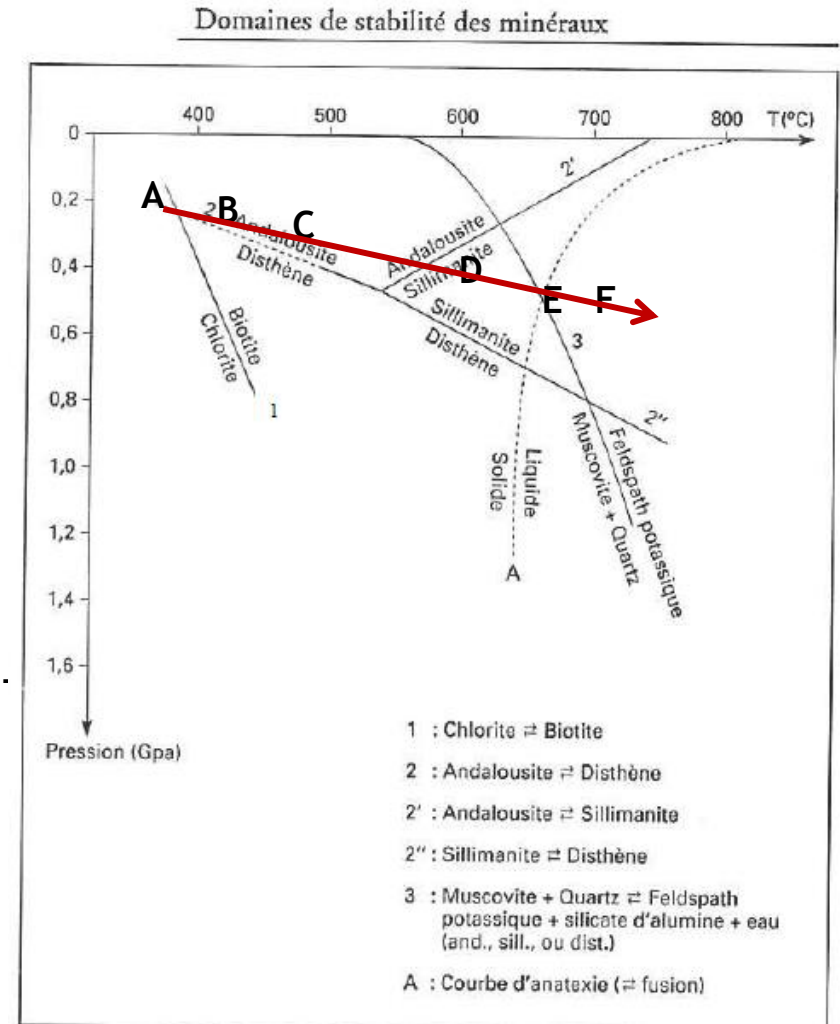
Staurotide (MP et surtout HT)



Disthène (MP)

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 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 pouvant conduire à une anatexie (=fusion). Les points alignés définissent le gradient de métamorphisme de la région.



Traces écrites

- Les reliefs positifs que constituent les chaînes de montagnes sont dus à un épaississement crustal. Les marqueurs de cet épaississement sont de nature tectonique et pétrographique.
- En effet, l'observation d'affleurements rocheux révèle des déformations de type **pli** (lorsque la roche a un comportement ductile face à la contrainte compressive) ou de type **faille inverse** (dans le cas d'un comportement cassant). A grande échelle d'observation, on observe, par exemple dans les Alpes, des pans entiers de sédiments empilés les uns sur les autres, on parle de **nappes de charriage**. Une modélisation en laboratoire, confirme que les forces compressives associées au mouvement de convergence à l'origine des chaînes de montagnes, induit ces **déformations tectoniques**.
- Les roches soumises aux **orogènes** (=formation de montagnes) voient leur condition de $T^{\circ}C$ et ou de P varier. Ceci induit des déformations des roches et des réactions **métamorphiques**, à l'état solide. Ainsi, des roches sédimentaires de type pélite, peuvent se transformer en **schistes** à séricite et chlorite, suite à une augmentation de T , puis en micaschiste à grenat, toujours en augmentant T , puis en **gneiss**. Si la T augmente encore, la roche métamorphique peut alors passer la droite de fusion (dite solidus) du granite, engendrant un magma qui après refroidissement donnera du granite: un gneiss à inclusion de granite est appelé **migmatite**.