

SESSION 2004**BANQUE D'ÉPREUVES G2E****GÉOLOGIE**

Durée : 3 heures

Les calculatrices ne sont pas autorisées pour cette épreuve.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas.

LES TEXTURES DES ROCHES ; ORIGINE ET INTÉRÊT COMME CRITÈRES DE CLASSIFICATION

Les roches ne sont que très rarement parfaitement homogènes (par exemple, certains verres volcaniques). Au contraire, elles sont presque toujours hétérogènes et apparaissent, le plus souvent, **granulaires** (on pourrait dire aussi particulières), du moins à l'échelle d'observation appropriée : roches à grain (très) grossier (cm et plus), à grain moyen (mm), grain (très) fin (100-10 microns, visible au microscope optique mais non à l'œil nu), à grain ultra-fin (moins de un micron, invisible même au microscope optique). Les grains sont, ou non, reliés par une phase de liaison.

Les roches peuvent être caractérisées par leur composition chimique globale, par la nature des éléments qui les composent, ainsi que par l'agencement de ces éléments. L'agencement mutuel des éléments qui constituent une roche, mais aussi leur taille et leur forme, ainsi que les caractères de la phase de liaison, déterminent la **texture** de la roche. Les textures des roches sont très variées, leur origine aussi. On se propose ici d'en étudier un certain nombre, puis d'évaluer dans quelle mesure ces textures fournissent de bons critères pour classer les roches.

Note :

Heureusement que la « texture » est définie dans cette introduction, fort bien faite.

Dans le « Dictionnaire de géologie » (Foucault-Raoult, édition 2003), l'article « texture » renvoie à l'article « structure », et l'article « structure » indique qu'il y a souvent des ambiguïtés entre structure et texture.

Le programme officiel indiquait (partie TP : composition et structure des roches) : « structure s'entend ici au sens large (structure et texture) »

P. Dieumegard

1. Introduction (2 pt / 20)

Qu'est-ce qu'une roche ?

Une roche est un matériau solide, constituant de la lithosphère, d'origine naturelle.

Les roches peuvent être d'origine endogène (formées à l'intérieur de la Terre) et essentiellement constituées de silicates, ou bien d'origine exogène (à l'extérieur de la Terre), et constituées de silicates, de carbonates ou de sels. Normalement, les roches sont constituées de cristaux.

2. Étude de quelques exemples (10 pts / 20)

Habituellement, on distingue les grandes catégories de roches suivantes, en fonction de leur origine (classification génétique) :

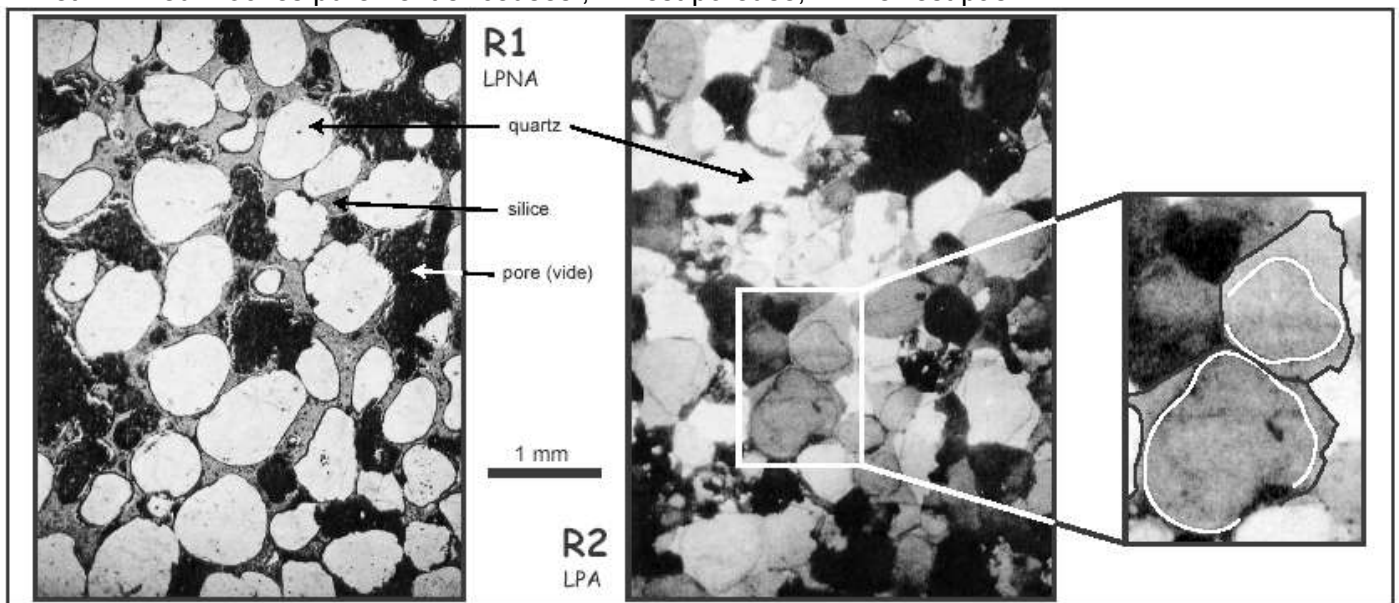
- roches sédimentaires (détritiques terrigènes, chimiques et biochimiques, etc.) ;
- roches magmatiques (plutoniques, volcaniques) ;

- roches métamorphiques.

Voici quinze roches (ou ensembles de roches), notées R1 à R15, examinées au microscope optique (LPNA : lumière polarisée non analysée ; LPA : lumière polarisée analysée). Pour chacune d'entre elles, vous devez, avec précision :

- décrire la texture, en utilisant la terminologie scientifique dont vous disposez ou, à défaut, un vocabulaire descriptif courant ;
- déterminer son origine (à quel moment de l'histoire de la roche la texture est-elle acquise ? quels sont les processus - chimiques, physiques, tectoniques - mis en jeu ? etc.) ;
- nommer la roche (si le nom n'est pas déjà donné) et indiquer sa place dans la classification génétique rappelée ci-dessus.

• R1 et R2. Deux roches purement siliceuses ; R1 est poreuse, R2 ne l'est pas.



Pour R1, à mon avis, c'est de la lumière polarisée et analysée, sinon les pores n'apparaîtraient pas noirs ; en LPA, les zones isotropes apparaissent noires, car l'observation se fait avec deux polaroïds croisés, alors qu'en LPNA, les zones isotropes apparaissent claires, car l'observation se fait seulement avec le polaroïd polariseur, ce qui ne fait qu'absorber un peu de lumière.

L'existence de pores indique que c'est une roche de surface (en profondeur, les roches sont comprimées et les pores disparaissent).

Il n'existe qu'un seul type de constituants détritiques, des grains de quartz arrondis. La texture est poreuse et homogène (un seul type d'éléments figurés). L'origine est détritique bien triée (grains de sable de quartz après transport assez long par l'eau, puisque les grains sont émoussés (angles arrondis). Ensuite, il y a eu cimentation par de la silice en solution dans l'eau. Cette texture est d'origine sédimentaire, et la cimentation qui consolide cette structure est apparue pendant la diagenèse.

Nom : grès quartzeux

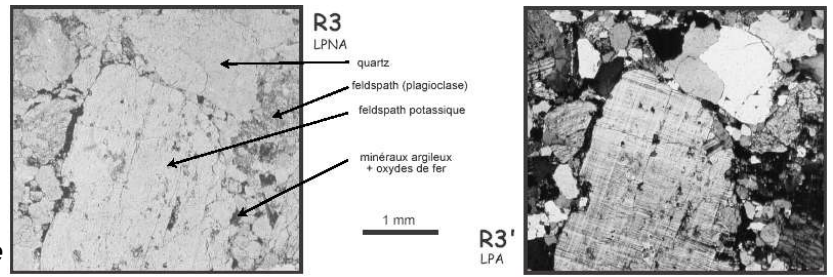
R2 a une structure assez semblable à R1 : grains de quartz de taille identique, mais avec une porosité nulle. Le cartouche de droite semble indiquer que la porosité a été comblée par de la silice. L'origine est aussi détritique, mais la forme des grains initiaux est moins arrondie, ce qui indique un transport moins long. Par contre, la diagenèse a été plus forte (temps plus long ? profondeur et pression plus grandes ? circulation d'eau plus chaude ?).

Nom : grès quartzite.

• R3 et R3'. Roche formée de quartz, de feldspaths et d'un peu de minéraux argileux associés à des oxydes de fer (en noir sur R3).

La roche est hétérogène, avec des minéraux de tailles différentes :

- phénocristal de feldspath potassique (orthose)
- petits cristaux de quartz et feldpaths plagioclases
- cristaux minuscules d'argile et d'oxyde de fer

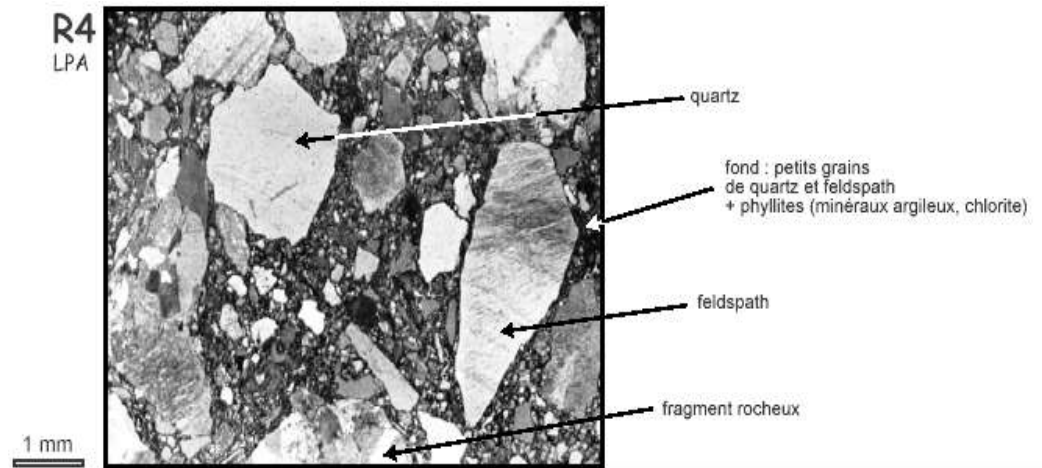


L'origine de ces minéraux est différente :

- Feldspaths d'origine endogène (roches magmatiques)
- argiles et oxydes de fer d'origine exogène par latération (hydrolyse) des minéraux précédents. L'oxyde de fer se forme par précipitation surperficielle.

Nom : granite à phénocristaux d'orthose, partiellement altéré.

• R4. Roche formée de grains (quartz, feldpaths, fragments rocheux) dispersés dans un fond phylliteux à grain très fin (en gris) fait de minéraux argileux, chlorites et micas.



Roche très hétérogène :

- cristaux de quartz et feldspaths, mais aussi fragments rocheux anguleux (donc transport très court). Les minéraux eux-mêmes sont d'origine endogène,

mais une telle fragmentation s'observe dans les parties périphériques du globe.

- Le fond est constitué de cristaux minuscules, certains d'origine endogène (Quartz et Feldspaths), mais d'autres d'origine exogène (argile, chlorite).

Origine : on peut imaginer qu'une roche endogène (type granite) a subi des chocs violents, ce qui a abouti à des morceaux anguleux. Ensuite, il y a eu la cimentation à faible profondeur par des débris encore plus fins, mais aussi par des phyllosilicates néoformés (argiles, chlorite).

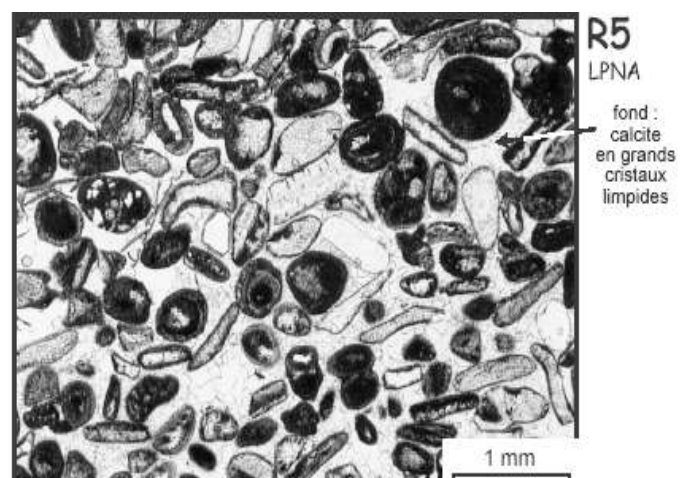
Nom : brèche (peut-être d'origine volcanique : une explosion de type éruption péleénne a donné des cendres volcaniques ; dans ce cas, on pourrait l'appeler pyroclastite).

• R5. Roche presque entièrement carbonatée (nombreux grains carbonates clairs à sombres, rares grains de quartz très clairs). Les grains sont liés par de la calcite en grands cristaux limpides (d'où l'aspect clair du fond).

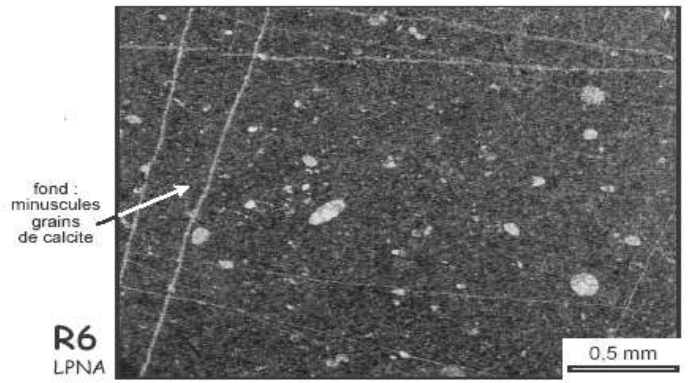
Roche constituée d'éléments figurés (taille inframillimétrique) et d'un ciment calcitique homogène. Certains éléments figurés sont arrondis, ce qui indique un transport assez long, probablement par l'eau, alors que d'autres sont anguleux et allongés. Les débris calcaires ne sont pas reconnaissables, sauf certains, comme certains débris de Foraminifères. Les grains de quartz doivent être d'origine détritique.

Cette texture a été acquise lors de la sédimentation et de la diagenèse : transport détritique (+ tests et débris d'organismes calcaires) suivi de cimentation par cristallisation (par l'eau circulante).

Conclusion : c'est un calcaire organodétritique, avec quelques grains de quartz d'origine continentale.



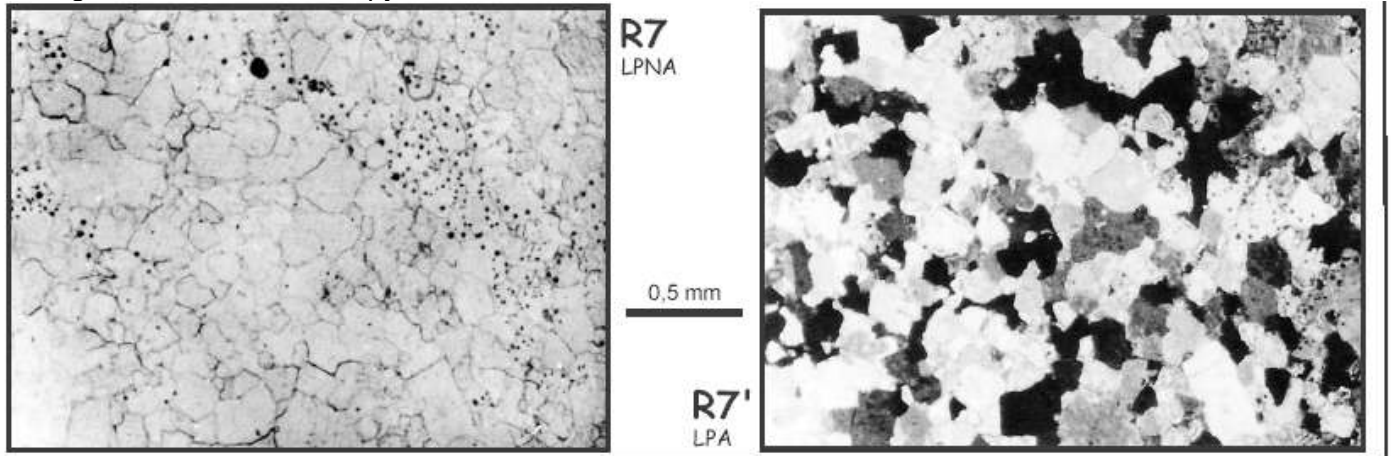
- R6. Roche entièrement carbonatée. Des microforaminifères et de rares fantômes de radiolaires flottent dans un fond formé de minuscules cristaux de calcite (d'où l'aspect très sombre de la lame mince).



De rares éléments figurés d'origine biologique (Radiolaires et Foraminifères : vie océanique pélagique) au milieu d'un fond microgranulaire de calcite ayant précipité (chimiquement ?) dans un milieu calme.

La texture a été acquise lors de la sédimentation, dans un milieu calme (confiné) et chaud, avec précipitation de calcaire microgranulaire, avec de temps à autre des tests pélagiques apportés par les courants. Cette texture a été légèrement modifiée ensuite, par des fissures qui ont été comblées par de la calcite blanche nouvellement cristallisée.

- R7 et R7'. Roche quasi entièrement formée d'anhydrite (minéral de composition chimique CaSO_4) ; les petits grains noirs sont de la pyrite.



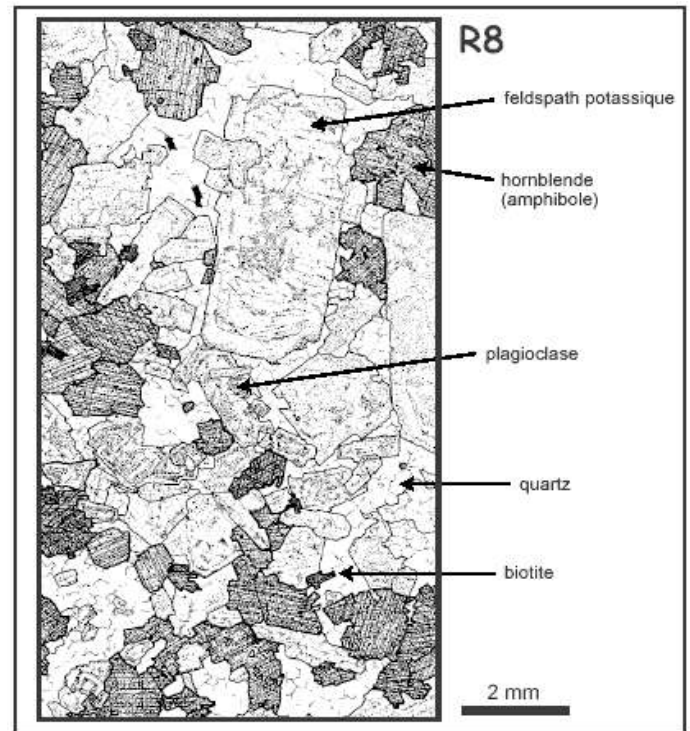
La texture est grenue, mais avec des minéraux exogènes :

- anhydrite Ca SO_4 : origine évaporitique (milieu sec et chaud)
- pyrite : sulfure de fer, caractéristique des milieux réducteurs

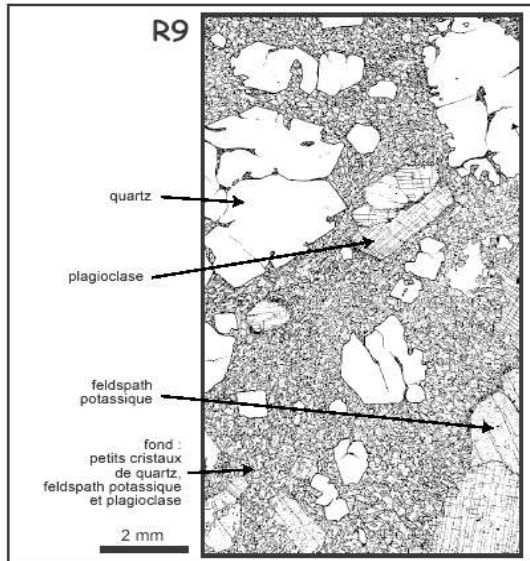
Ces minéraux sont en cristaux bien visibles et imbriqués.

Le dépôt a eu lieu en milieu confiné, sec et chaud (lagune ?), mais la texture a été acquise lors de la diagenèse, par recristallisation

- R8. Roche prélevée dans un vaste (plusieurs kilomètres) massif rocheux homogène.
La texture est grenue, avec des minéraux endogènes (de roches magmatiques). Il y existe un phénocrystal d'orthose (feldspath potassique).
Une telle roche s'est formée à partir d'un magma ayant cristallisé lentement (roche plutonique) :
 - d'abord le feldspath potassique (automorphe)
 - puis les autres cristaux plus petits.*Nom : granite à amphibole*



- R9. Roche prélevée dans un filon d'épaisseur métrique.



La texture est microgrenue, avec des phénocristaux de quartz (sub-automorphes). La formation a dû être dans un filon de bordure de massif granitique.

Les phénocristaux se sont formés lentement dans le magma, emportés par le liquide résiduel dans les filons, où ont cristallisé les microcristaux.

Nom : microgranite à phénocristaux de quartz et de feldspath.

- R10. Roche à leucite (la leucite est un feldspathoïde).
La texture est aussi microgrenue (dans la mesure où le document ne donne pas d'indication sur la forme des microcristaux : s'ils sont allongés, ce sont des microlithes, et la texture est microlithique).

Il existe des phénocristaux de feldspaths sodi-calciques (plagioclases) et de leucite (feldspathoïde), et un peu de pyroxène et amphibole : c'est une roche basique.

Le début de la cristallisation a été lent, en profondeur : formation des plagioclases et de la leucite (sub-automorphes). Ensuite se sont formés pyroxène et amphibole, et enfin assez rapidement, les microcristaux de feldspaths alcalins (plagioclases) et de ferro-magnésiens.

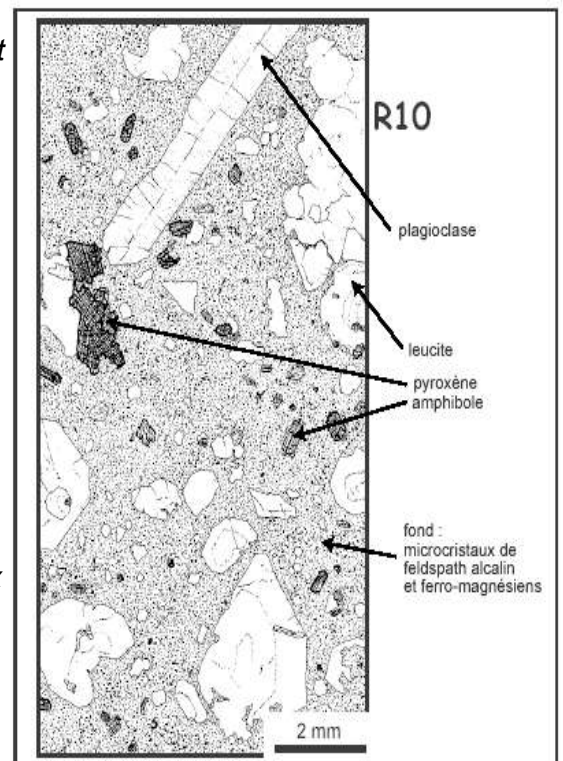
Nom :

- si la texture est microgrenue, c'est un microgabbro, ayant cristallisé dans un filon à faible profondeur, par exemple dans le complexe filonien d'une dorsale
- si la texture est microlithique, c'est un basalte, à phénocristaux de leucite et de plagioclases (appelé parfois basalte demi-deuil).

- R11a : andésite ; b : trachyte ; c : rhyolite (à grain hyper-fin) ; d : basalte bulleux.

Il s'agit de 4 roches volcaniques, à texture microlithique

(microcristaux allongés, indiquant la cristallisation dans un fluide en mouvement), avec des phénocristaux.



Dans tous les cas, il y a eu début de cristallisation en profondeur (lente), puis fin de cristallisation rapide en surface, après éruption. La texture a été obtenue lors de la cristallisation du magma. Les différences tiennent à la nature chimique du magma, ayant entraîné une différence de nature minéralogique de la roche.

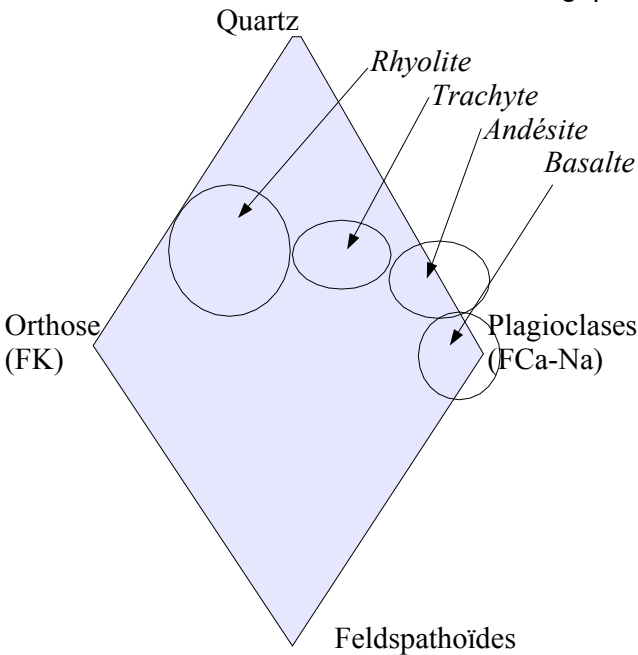


Diagramme de Streckeisen

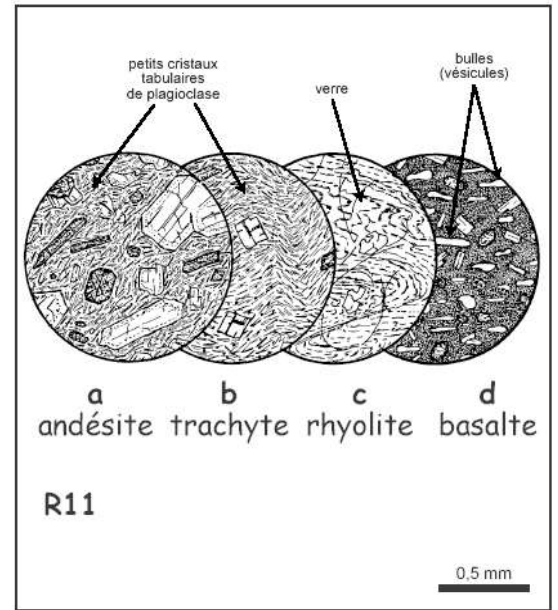
- Rhyolite : elle se forme à partir d'un magma granitique ayant fait éruption (zones tectoniques actives : subduction, collision, fractures continentales...)
- Basalte avec vésicules de gaz : les gaz sont passés de l'état dissous à l'état gazeux lors de la diminution de pression, au moment de la montée du magma (points chauds, dorsales, rifts continentaux...)

• R12a, b et G. Série de trois roches de même composition chimique prélevées (dans l'ordre a — b -c) à quelques centaines de mètres l'une de l'autre.

Ardoise : roche sédimentaire légèrement métamorphisée. Sa texture montre de fines couches de quartz intercalées entre des bandes plus épaisses d'autres minéraux, probablement des phyllosilicates (argiles métamorphisées).

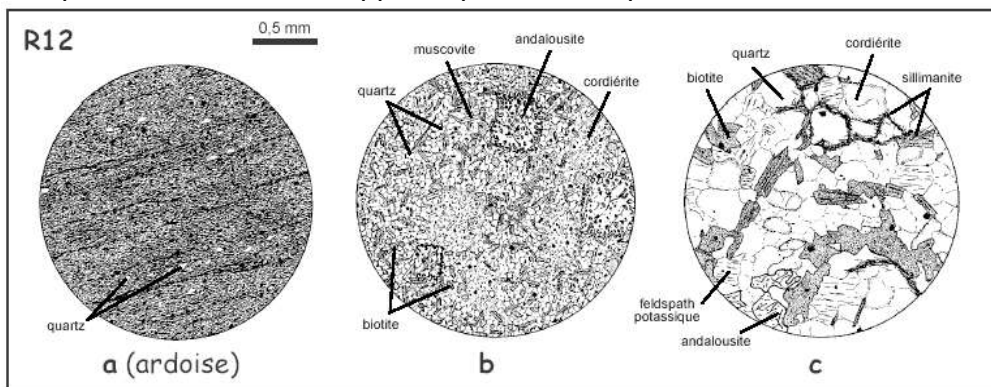
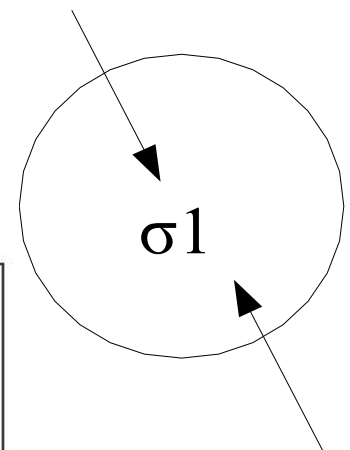
Si l'origine de ces bandes est sédimentaire, on peut dire que la texture est litée : lits de quartz intercalés entre des lits plus épais d'argiles ; dans ce cas, la texture serait acquise à la sédimentation.

Si l'origine de ces bandes est métamorphique, on peut dire que la texture est schisteuse : les bandes de quartz sont apparues secondairement par cristallisation. La schistosité est perpendiculaire à la direction de contrainte principale, et la texture est apparue par métamorphisme.



phénocristaux de plagioclases (FNa), roche fréquente dans les zones de subduction (ou par différenciation d'un magma basaltique).

- Trachyte : composition voisine, mais plus riche en silice et en potassium. Cette roche se forme souvent par différenciation de magma basaltique ou andésitique, ou par mélange de magmas (points chauds, rifts intracontinentaux...)



Pour R12b, on ne voit pas de structure litée ou foliée. On y constate des minéraux de métamorphisme

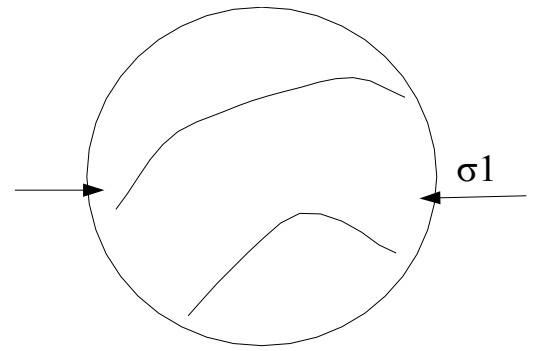
(muscovite et biotite, andalousite et cordiérite), provenant de plus fortes pression et/ou température que pour l'ardoise précédente. La texture a été acquise lors du métamorphisme. R12c a une texture grenue, mais avec une foliation visible. Les minéraux du métamorphisme sont cordiérite, sillimanite, andalousite, et il y a aussi des minéraux « de roche magmatique » quartz, feldspaths potassiques et biotite. On peut imaginer que la roche a subi un début de fusion partielle, et un métamorphisme plus fort que précédemment.

Nom : gneiss

On peut voir la direction de contrainte principale, qui correspondrait au plan axial du pli

Conclusion pour R12 : ce sont trois roches montrant un degré différent de métamorphisme. Comme la distance n'est que de quelques centaines de mètres, on peut imaginer que le gradient de température était assez fort : métamorphisme de contact.

Les roches R12b et R12c seraient donc des cornéennes.



• R13a, b, c et d. Série de quatre roches de même composition chimique, représentatives de quatre zones (se succédant dans l'ordre a - b - c - d) de quelques kilomètres de large et de quelques centaines de mètres d'épaisseur chacune. a : grauwacke. La texture est hétérogène ; on ne voit pas d'orientation préférentielle.

– cristaux ou débris de roches anguleux : c'est une roche sédimentaire de type « brèche », mais avec des éléments de taille millimétrique : c'est donc un grès.

– le fond est constitué de minuscules cristaux et de minéraux phylliteux (donc des phyllosilicates, minéraux de faible profondeur : peut-être des argiles ?)

La formation a dû être sédimentaire, par sédimentation détritique d'éléments assez fins (débris d'explosion volcanique, par exemple, au voisinage d'une zone de subduction).

La texture a été acquise lors de la sédimentation.

R13b : la texture montre des plans de cisaillement, donc cette texture a été acquise lors de phénomènes tectoniques. On peut imaginer une roche de type 13a, déformée par des phénomènes tectoniques (failles ==> coulissement).

R13c : on voit des minéraux de métamorphisme : la chlorite (minéral de métamorphisme assez faible), et de l'épidote, ainsi que du quartz, des feldspaths, de la muscovite, qui sont des minéraux de roches magmatiques, mais qui peuvent aussi apparaître par métamorphisme assez poussé.

La texture de R13c a été acquise lors du métamorphisme. Pour cette vue microscopique, la contrainte principale devait être de direction Nord-Sud, car les feuilletts ont une orientation Est-Ouest (les feuilletts de phyllosilicates s'accroissent perpendiculairement à la contrainte principale).

Nom : schiste

R13d : On observe une texture grenue, à cristaux de micas orientés (schistosité ou foliation).

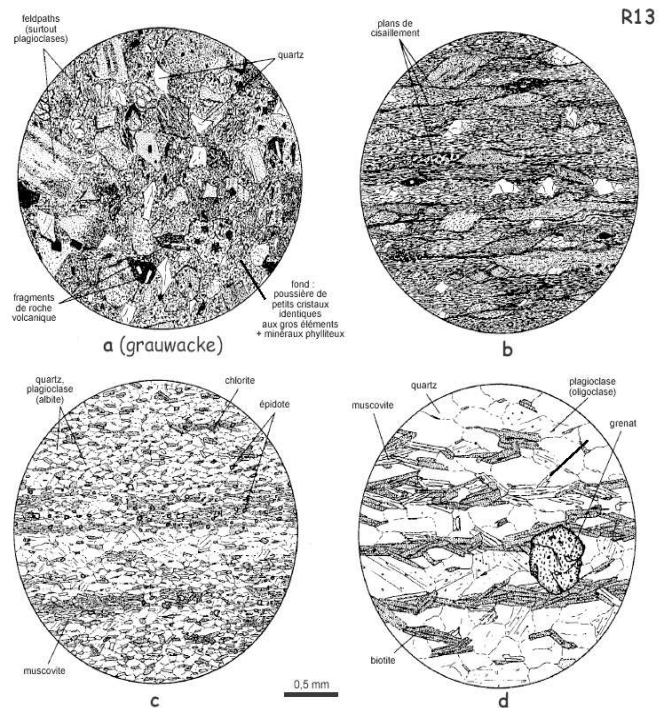
Le grenat est un minéral de métamorphisme.

L'alternance de bandes de micas et de bandes de quartz et feldspaths indique qu'il s'agit d'un gneiss.

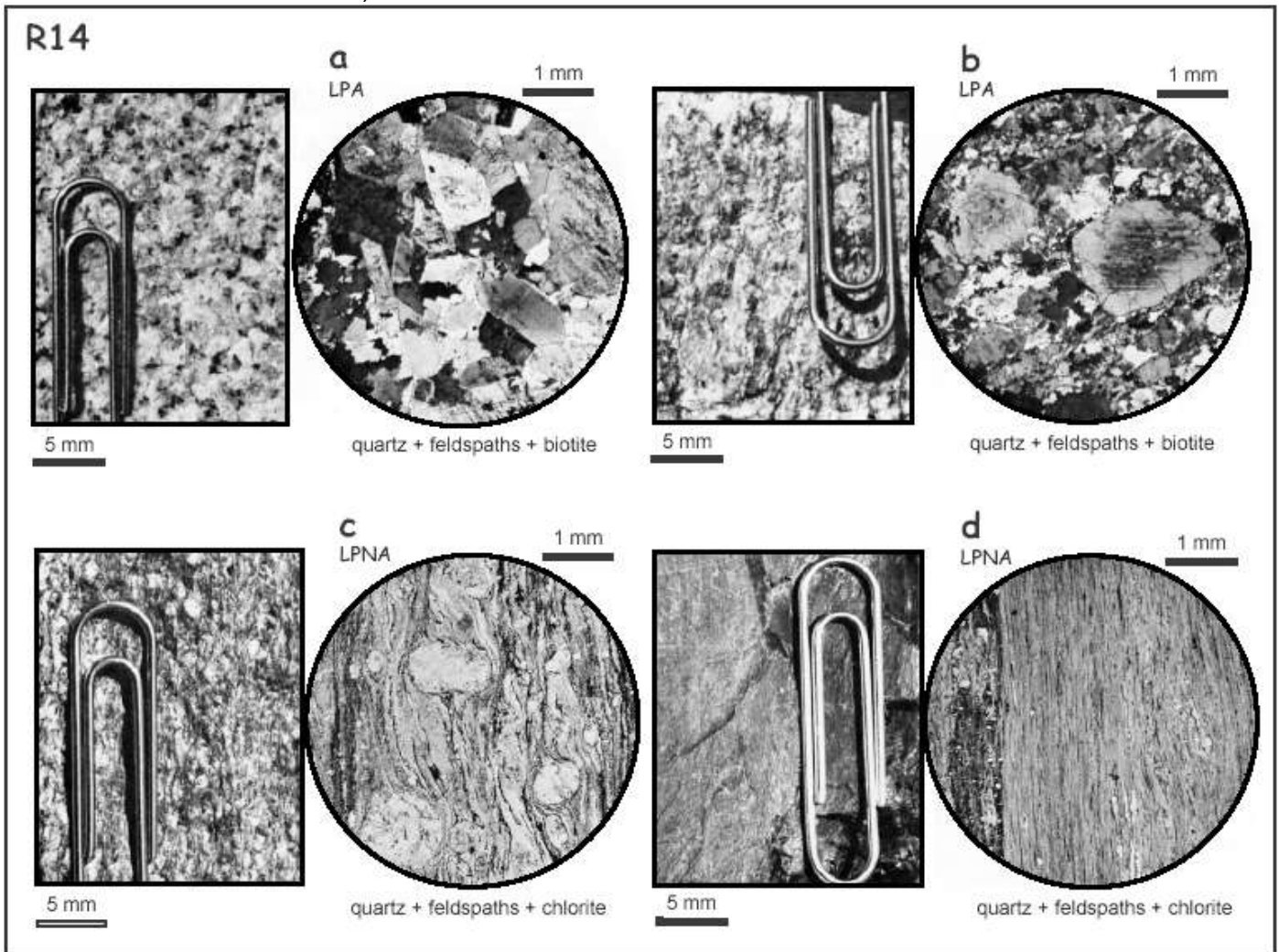
La texture a été acquise lors du métamorphisme, avec une contrainte principale de direction Nord-Sud ; le métamorphisme était plus fort que pour la roche 13c.

Conclusion de la série de roches 13 : comme les 4 roches étaient éloignées de quelques kilomètres, on peut imaginer que ce sont 4 roches d'une série de métamorphisme général.

• R14a, b, c et d. Échantillons et lames minces. Ces quatre roches ont été prélevées (dans l'ordre a-b-c-d) à quelques décimètres les unes des autres, dans une bande d'environ 1 m de large, dont le centre est formé



par la roche d et qui traverse un vaste massif rocheux homogène formé par la roche a. (La longueur des trombones est d'environ 3 cm.)



R14 a : vaste zone à texture grenue, de quartz, feldspaths et biotite, sans orientation particulière : il s'agit de granite.

La texture a été acquise lors de la cristallisation du magma granitique, à forte profondeur (roche plutonique).

R14b : la composition fondamentale est la même que R14a, mais la texture montre une certaine orientation Nord-Sud, visible sur la photo avec le trombone (orientation parallèle au trombone), mais non visible sur la coupe microscopique.

R14c : La texture est encore plus orientée, visible aussi au microscope. La chlorite est un minéral de métamorphisme (phyllosilicate). On voit une texture à grains arrondis (quartz et feldspaths) dans des zones orientées riches en chlorite.

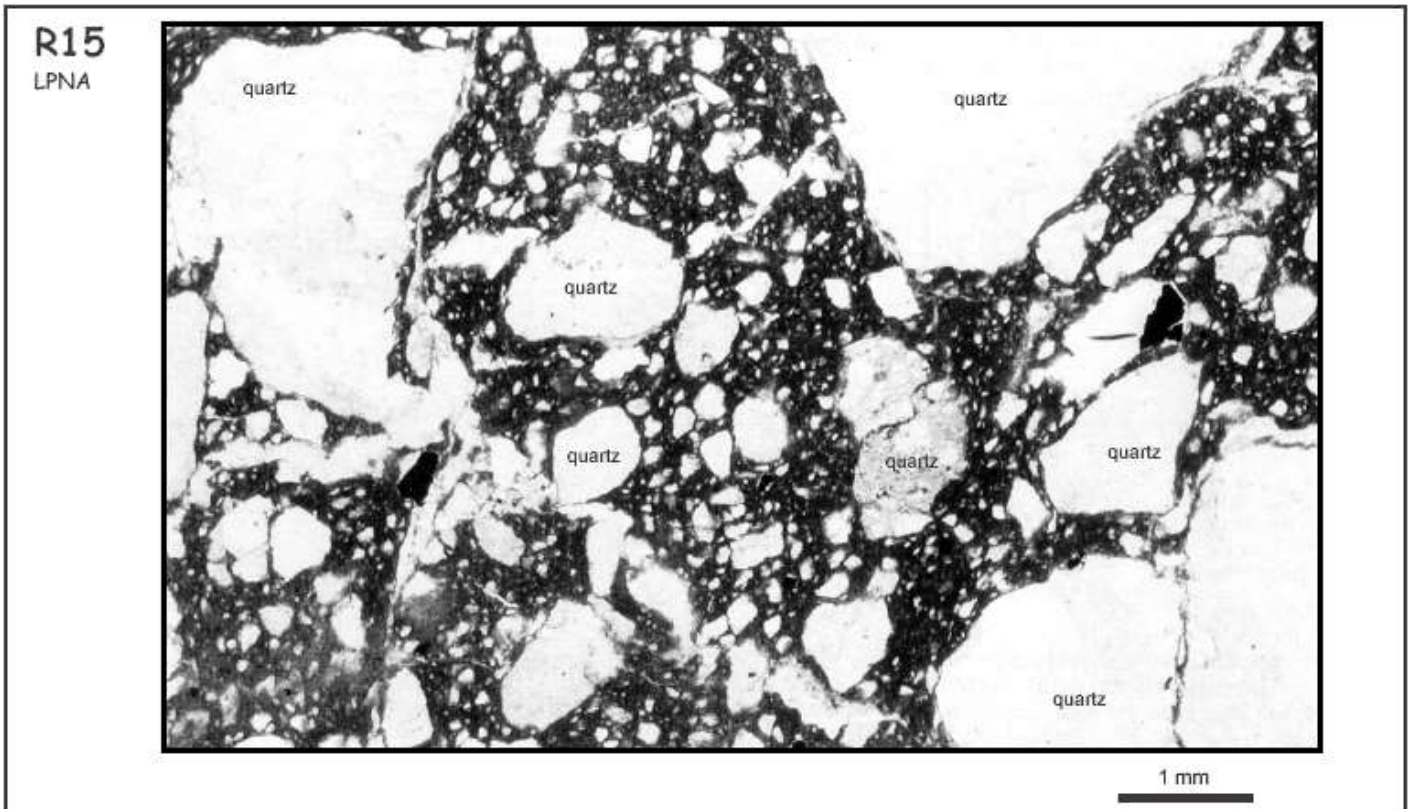
R14d : La texture est encore plus orientée, et plus fine (cristaux fins de chlorite, d'orientation Nord-Sud), visible surtout au microscope.

Conclusion du R14 : il s'agit probablement d'une zone broyée à l'intérieur d'un massif granitique. La texture a été acquise lors du phénomène tectonique, associé à un métamorphisme rétrograde.

Noms : a = granite ; b = granite avec déformation par fracture ; c = orthogneiss ? ; d = orthoschiste ?

• R15. Roche presque entièrement siliceuse. Le fond sombre est formé de cristaux de quartz (et d'un peu de chlorite) infra-microscopiques (d'où son aspect presque noir). Cette roche forme une bande de quelques centimètres d'épaisseur traversant obliquement un banc de quartzite homogène.

C'est une roche hétérogène, à l'intérieur d'une quartzite homogène. La quartzite est une roche sédimentaire fortement recristallisée (texture acquise lors de sédimentation et diagenèse).



La roche R15 elle-même montre des éléments figurés anguleux de quartz, probablement de la quartzite fracturée, cimentés par de microcristaux de quartz et de la chlorite.

On peut imaginer qu'une faille dans une roche sédimentaire (quartzite) a provoqué un broyage de cette roche, et la formation des éléments figurés de la roche R15, ce qui aboutit à cette « brèche », dont les éléments sont cimentés par des cristaux minuscules, surtout de quartz et d'un peu de chlorite.

La texture a été acquise lors de la déformation tectonique.

Nom : brèche tectonique.

3. (3 pts / 20)

Comparez brièvement ces textures entre elles (dégagez des similitudes malgré des origines différentes, des différences malgré des origines proches, etc.). Par exemple, comparez : R4 et R15 ; R7 et R8 ; R6 et R10 ; R14 et R15 ; R3 et R8 ; R12c et R13d ; etc.

- R4 et R15 sont des brèches, mais R4 doit être une brèche sédimentaire, et R15 une brèche tectonique
- R7 et R8 sont des roches grenues, mais R7 est d'origine sédimentaire (+ diagenèse) à faible profondeur, alors que R8 est d'origine magmatique, formée à forte profondeur.
- R6 et R10 ont des éléments figurés dans un fond amorphe, mais R6 est d'origine sédimentaire, alors que R10 est d'origine magmatique
- R14 et R15 : formation dans des zones broyées par la tectonique, mais R14 a eu une recristallisation orientée par la tectonique, alors que R15 ne montre pas de recristallisation orientée. On peut imaginer que R15 s'est formée plus près de la surface que R14.
- R3 et R8 : R3 est du granite altéré, alors que R8 est du granite à amphibole sans trace d'altération. Peut-être R3 peut être du R8 avec un début d'altération, car l'amphibole est le minéral le plus altérable de ceux décrits ici.
- R12c et R13d : ce sont des roches métamorphiques, avec des minéraux silicatés, de type « gneiss ». R12C provient du métamorphisme de contact, alors que R13d provient du métamorphisme général.

4. Textures et classification des roches (5 pts / 20)

4.1. Les roches R14 et R15 sont difficiles à placer dans la classification génétique des roches : est-il envisageable de définir une catégorie supplémentaire pour ce type de roche ?

On peut imaginer « tectonites » : roches d'autre origine, transformées par des phénomènes tectoniques

4.2. L'examen de la texture d'une roche inconnue suffit-il pour la classer : toujours, parfois, jamais ? En d'autres termes, les textures fournissent-elles des critères utiles, nécessaires et/ou suffisants, ou bien

inutiles, pour définir telle ou telle catégorie de roches ?

L'examen de la texture suffit parfois pour la classer, et les textures fournissent des critères utiles pour définir les catégories de roches, mais elles ne sont pas suffisantes. Par exemple, les roches R7 ont une texture très semblable à celle des roches R8 ou R14, mais la nature chimique et le mode de formation sont très différents.

4.3. Dans le cas où l'examen de la texture d'une roche est insuffisant pour la classer, à quel(s) autre(s) type(s) de critères faut-il faire appel ?

Il faut aussi l'analyse chimique et ou minéralogique, ainsi que l'étude du contexte géologique.

4.4. En résumé, tentez d'établir une classification sommaire des roches prenant leurs textures comme critère principal de classement (classification texturale, différente de la classification génétique classique rappelée en introduction), mais tenant compte, quand nécessaire, des autres critères. Vous pouvez présenter cette classification, soit sous forme d'un tableau, soit - mieux peut-être - sous forme d'une clé dichotomique.

