LES FABRIQUES PLANAIRES, LINÉAIRES ET LES INDICATEURS CINÉMATIQUES OBSERVATIONS MÉGASCOPIQUE ET MICROSCOPIQUE

Les fabriques planaires et linéaires sont des structures secondaires d'origine tectonique. Ces structures sont dites **pénétratives,** car elles s'observent à toutes les échelles, de l'affleurement au microscope. Les structures dites **non pénétratives** sont non récurrentes et ne s'observent pas à toutes les échelles. On n'a qu'à penser aux failles et aux fractures dont l'espacement dépasse la dizaine de centimètres.

FABRIQUES PLANAIRES

Le terme non génétique de foliation, synonyme de fabrique planaire, est utilisé pour décrire tout élément structural plan et espacé, qu'il soit originel ou d'origine métamorphique. Une fabrique planaire tectonique est une structure pénétrative qui confère à la roche un litage ou un microlitage secondaire **d'origine tectonique**. Les roches affectées par une fabrique planaire sont souvent fissiles. Cette fissilité résulte de l'anisotropie du litage et s'exprime par un débit variant de fin à espacé et plus ou moins régulier. De nombreuses roches métamorphiques ont été déformées ce qui aboutit fréquemment à la formation de foliations tectoniques.

Il existe plusieurs types de fabriques planaires, les principales étant les clivages, les foliations métamorphiques et les foliations mylonitiques. Les fabriques planaires tectoniques peuvent provenir de l'alignement de cristaux allongés, ou de la ségrégation minéralogique, en lits leucocrates riches en quartz et feldspaths, et en lits mélanocrates, constitués surtout de micas, d'amphiboles et d'autres minéraux. Habituellement, les minéraux alignés sont des phyllosilicates en plaquettes, mais il peut également s'agir de grains aplatis de quartz ou de carbonates. Lorsque les cristaux alignés sont prismatiques et non pas aplatis comme les amphiboles par exemple, la structure est caractérisée par un fort alignement des minéraux créant ainsi une linéation minérale. La figure 1 présente une classification morphologique de ces fabriques.

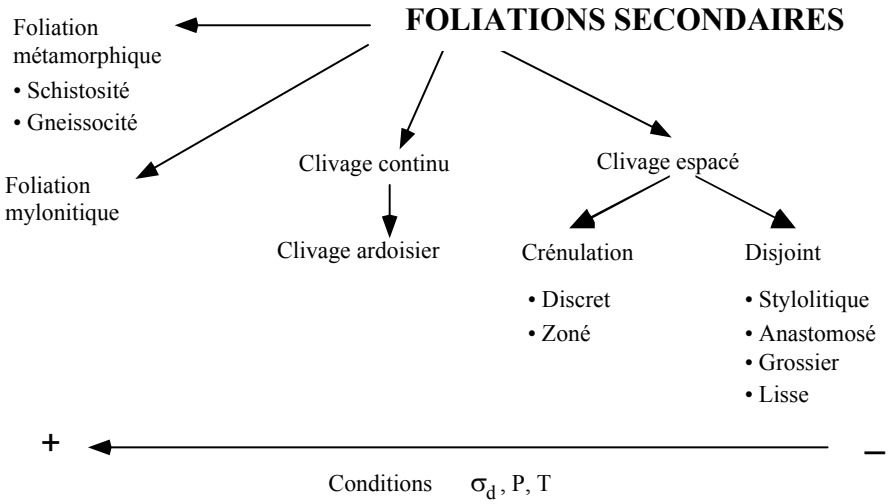


Figure 1: Classification morphologique des foliations secondaires, modifiée de Powell (1979).

Clivage

Le terme clivage fait référence à un ensemble de surfaces subparallèles, planaires à curviplanaires, généralement associées à des plis et dont l'orientation parallélise la surface axiale des plis. Le développement du clivage s'accompagne d'une variation de la minéralogie et de la fabrique de la roche, le résultat de l'accumulation de contraintes dans le volume rocheux. Ces variations confèrent à la roche un litage tectonique où se succèdent des domaines de roche peu déformée, appelés microlithons, et des domaines de roche déformée, appelés plans de clivage. Le mécanisme de déformation à l'origine du clivage est la dissolution, aidée par la recristallisation dynamique des argiles et la rotation rigide des grains plus résistants. Les domaines de clivage sont soulignés par la présence de minéraux insolubles, de micas et/ou de minéraux du groupe des argiles (illite, glauconite, kaolinite, montmorillonite).

La classification des différents types de clivage est fonction de la morphologie des surfaces de clivage et de l'espacement entre les plans de clivage. La figure 2 donne un aperçu de l'étendue de l'espacement pour différents types de clivage.

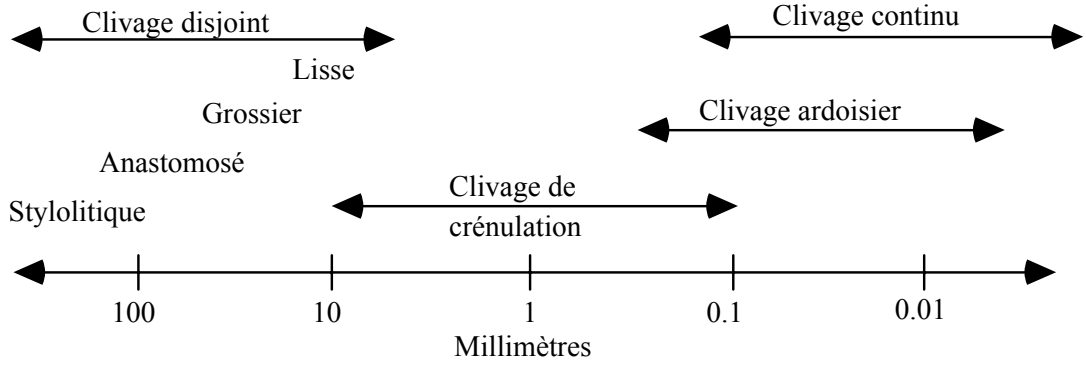


Figure 2: Espacement des clivages selon Powell (1979).

Foliation métamorphique

Une foliation métamorphique se développe dans les roches sédimentaires, ignées ou volcaniques déformées à des conditions de métamorphisme allant de faibles à intenses, c'est à dire pour des températures dépassant 200°C et une pression de plus de 1.5 kb. La foliation consiste en un alignement préférentiel des éléments de la fabrique planaire (les micas par exemple). On distingue la schistosité (schistes et phyllites) de la gneissosité en fonction de la granulométrie des minéraux qui les constituent et de l'espacement entre les plans de foliation:

Phyllites: granulométrie < 1 mm, espacement < 1 mm

Schistes: 1 < granulométrie < 10 mm, espacement de l'ordre du mm.

Gneiss: granulométrie > 10 mm, espacement de l'ordre du cm.

On associe à ces noms un adjectif correspondant au minéral le plus abondant ou caractéristique de la paragenèse minérale, par exemple micaschiste ou schiste à glaucophane.

Foliation mylonitique

La foliation mylonitique se développe au sein de zones de cisaillement ductile (l'équivalent d'une faille en domaine ductile) dans des roches déformées par cisaillement simple. Les roches déformées, aussi appelées mylonites, se caractérisent par une granulométrie très fine et donc un pourcentage de matrice élevé, le résultat d'une réduction syntectonique de la taille des grains du protolite non déformé. La réduction de la taille des grains est occasionnée par microfracturation et cataclase des minéraux rigides combinée à la mise en oeuvre de mécanismes de déformation ductile des minéraux moins rigides, soit par dislocation, recristallisation dynamique et superplasticité. On classifie les mylonites en fonction de la granulométrie des grains néoformés de la matrice et du pourcentage relatif de la matrice par rapport au protolite (Figure 3). La foliation mylonitique se caractérise par le développement **simultané** de deux surfaces planaires, des plans de schistosité (S) et des plans de cisaillement (C), appelé fabrique C/S.

Nom	**Taille des grains** (de la matrice)	**% matrice**
Protomylonite	> 50 μm	<50%
Mylonite	< 50 μm	50-90%
Ultramylonite	< 10 μm	>90%

Figure 3: Classification des mylonites.

FABRIQUES LINEAIRES

Les linéations

Une fabrique linéaire est une structure pénétrative qui confère à la roche une structure alignée **d'origine tectonique**. Les linéations sont contenues et inscrites sur le plan de foliation (clivage, schistosité, gneissocité ou foliation mylonitique). Il existe plusieurs types de fabrique linéaire, dont :

- Les **linéations d'intersection** qui représente l'intersection entre deux surfaces planaires dont au moins l'une de celle-ci est une structure tectonique. Ces linéations s'observent indifféremment sur l'une des deux surfaces.

- Les **linéations de crénulation** (ou de gaufrage) qui correspondent aux axes de petits plis serrés et confèrent à la roche un aspect de tôle gaufrée ou de croustilles "ripples". Généralement, les crénelures se développent dans des roches possédant une anisotropie secondaire pénétrative, comme par exemple les schistes, les pélites et les ardoises. Bien souvent, les linéations de crénulation s'associent à un clivage de crénulation.

- Les **linéations minérales** qui se caractérisent par une orientation parallèle des minéraux syntectoniques prismatiques, aciculaires et tabulaires sont dus à un allongement préférentiel ou à un alignement des minéraux. Ce type de linéation se développe soit par recristallisation dynamique ou tout simplement par rotation rigide des grains.

- Les **linéations d'étirement ou d'allongement** qui se caractérisent par une orientation parallèle des objets allongés qui sont considérablement étirés parallèlement à l'axe d'extension maximale de l'ellipsoïde de la déformation (minéraux prétectoniques, fossiles, etc.).

Les structures linéaires

Plusieurs autres types structures linéaires peuvent se développer dans une roche suite à un événement tectonique. Parmi celles-ci on reconnaît les cailloux étirés, les tiges de quartz, les meneaux ou mullions et les structures en crayons ou en frites. Les mullions se développent sur la surface d'un lit, au contact entre deux couches de viscosité très contrastante (voir Davis et Reynolds, fig. 8.68). Les structures en frites s'observent généralement dans les roches à granulométrie très fine, telles que les pélites. Ce sont des baguettes de roches dont les côtés correspondent à des plans bien définis dans la roche, par exemple la fissilité et le clivage (voir Davis et Reynolds, fig. 8.69).

TECTONITE

Une tectonite se définit comme une roche contenant une fabrique linéaire et/ou planaire très pénétrative. On distingue les tectonites S (surface planaire), les tectonites L (fabrique linéaire) et S-L. Les tectonites se développent dans des conditions de déformation particulières, soit en constriction (tectonites L) ou en aplatissement (tectonites S).

INDICATEURS CINEMATIQUES

Plusieurs indicateurs cinématiques permettent de diagnostiquer le sens du mouvement dans une zone de cisaillement. Ces indicateurs peuvent être observés à l'échelle de l'affleurement, de l'échantillon et à l'échelle microscopique. Avant de donner le sens du mouvement dans une zone de cisaillement, il est préférable d'observer plusieurs indicateurs cinématiques sur plusieurs affleurements affectés par la même zone de cisaillement. Le sens du mouvement ou du glissement dans une zone de cisaillement se fait dans le plan perpendiculaire à la foliation et qui contient la linéation d'étirement. Les indicateurs cinématiques doivent donc être observés dans ce plan.

Il existe une panoplie d'indicateurs cinématiques (voir photocopies accompagnant le Module 9) qui sont basés sur la géométrie des éléments planaires (fabrique CS, ECC, plans C', veines en sigmoïde), la géométrie des ombres de pression autour d'objets rigides dans une matrice ductile (rotation de porphyroblastes, ombre alpha, delta), la géométrie de lits compétents boudinés (étagère à livres, structures en dominos, rotation de boudins et la géométrie des microstructures (recristallisation dynamique).

EXERCICES PRATIQUES

Les exercices d'observation des fabriques planaire et linéaire des semaines 8 et 9 sont à remettre le 13 avril. Les exercices 1 à 3 concernent la matière du module 8 et les exercices 4 à 8 celle du module 9.

Les exercices qui suivent ont été conçus pour vous permettre d'observer les différents types de structures planaires et linéaires dans les roches déformées. Vous pouvez consulter la banque de données des échantillons de structure à l'aide du logiciel *Access* pour sélectionner les échantillons qui correspondent aux exigences demandées.

EXERCICE 1- Clivage

Choisissez des échantillons mégascopiques parmi ceux de la collection de géologie structurale qui présentent les clivages suivants (au moins 1 de chaque):

- Clivage de crénulation
- Clivage disjoint (stylolitique)
- Clivage ardoisier

Pour chaque échantillon, décrivez le type de clivage c'est-à-dire la morphologie et l'espacement des surfaces de clivage à l'aide d'une fiche de description pétrographique. Identifiez et décrivez toutes les autres structures planaires et linéaires sur ces échantillons et indiquez le type de tectonite. Faites un croquis des échantillons en identifiant les structures planaires et linéaires observées.

EXERCICE 2- Foliation

Choisissez des échantillons parmi ceux de la collection de géologie structurale qui présentent une schistosité et une gneissocité. En quoi ces fabriques diffèrent-t-elles des clivages ?

Pour un échantillon, décrivez bien la schistosité, c.-à-d. l'espacement des surfaces foliées et les minéraux constituant les bandes foliées claires et foncées à l'aide d'une fiche de description pétrographique. Identifiez et décrivez toutes les autres structures planaires et linéaires sur ces échantillons et le type de tectonite. Faites un croquis des échantillons en identifiant les structures planaires et linéaires observées.

EXERCICE 3- Fabriques linéaires

Choisissez des échantillons parmi ceux de la collection de structure qui contiennent les linéations suivantes:

- Linéation de crénulation
- Linéation d'intersection
- Linéation d'étirement

Pour un échantillon, décrivez bien le type de linéation, c.-à-d. les objets ou les minéraux qui définissent la linéation et les surfaces la qui contiennent à l'aide d'une fiche de description pétrographique. Identifiez toutes les autres structures planaires sur ces échantillons et donnez le type de tectonite. Faites un croquis des échantillons en identifiant les structures planaires et linéaires observées.

EXERCICE 4- Fracturation, cataclase et glissement par friction

Observez la série de lames # 1. Faites une description pétrographique d'une lame de la série à l'aide d'une fiche de description pétrographique. De quel type de roche s'agit-il ?

Les microstructures qui se sont développées dans la roche caractérisent des mécanismes de fracturation et glissement. Décrivez les microstructures ou textures qui vous permettent de déduire que la roche s'est déformée par fracturation. Quelles seraient les conditions physiques générales au moment de la déformation de ces roches?

EXERCICE 5- Dissolution

Observez la série de lames représentatives d'un clivage disjoint par dissolution. Faites une description pétrographique d'une lame de la série à l'aide d'une fiche de description pétrographique. N'oubliez pas d'indiquer de quel type de roche il s'agit.

Décrivez les microstructures ou textures qui vous permettent de déduire que ces roches se sont déformées par dissolution. Pouvez-vous reconnaître des évidences de précipitation? Quelles seraient les conditions physiques générales au moment de la déformation de ces roches ?

EXERCICE 6- Foliation mylonitique

Observez la série d'échantillons du granodiorite du massif de l'Aar (Alpes suisses) qui a subi une déformation progressive d'intensité croissante. Les échantillons sont localisés à une distance croissante d'une zone de cisaillement ductile. Observez bien l'évolution des structures qui vous permettra d'identifier des niveaux de déformation plus au moins intense et notez bien la relation entre ces différentes fabriques planaires (plans C, C', et S). Essayez de placer les échantillons en ordre de déformation croissante. Vous pouvez également observer ces mêmes fabriques en lames minces.

Identifiez et décrivez toutes les structures planaires et linéaires sur ces échantillons.

Choisissez un des échantillons de la série et décrivez bien la foliation mylonitique en vous servant d'une fiche de description pétrographique. Observez bien l'espacement des surfaces foliées et les minéraux constituant les bandes foliées claires et foncées. Qu'est-ce qui distingue les fabriques planaires, les plans C des plans S (orientation, espacement, minéralogie?). Faites un croquis des échantillons en identifiant les structures planaires et linéaires observées.

EXERCICE 7- Indicateurs cinématiques

Choisissez des échantillons parmi ceux de la collection de structure qui contiennent des indicateurs cinématiques (shear bands, ombre de pression, ombre de pression alpha ou ombre de pression delta, etc.). Pour un échantillon, décrivez toutes les fabriques linéaires et les structures planaires. Donnez le sens du cisaillement.

EXERCICE 8- Fabriques C/S et indicateurs cinématiques

Des lames minces provenant de zones de cisaillement dans différents environnements tectoniques ont été sélectionnées pour vous permettre d'observer les fabriques C/S et différents indicateurs cinématiques au microscope. Observez bien les différentes fabriques et essayez d'identifier les plans C, les plans S et les plans C' s'il y a lieu. N'oubliez pas que les plans S sont les plans d'aplatissement et les plans C, les plans de glissement. Donnez le sens du cisaillement. Essayez d'identifier les différents d'indicateurs cinématiques dans les lames (shear bands, ombres de pression, "mica fish", porphyroclastes, recristallisation dynamique, etc).

Décrivez une lame mince en détail en vous servant d'une fiche de description pétrographique.