

La déformation ductile 5 cours:

C2-6: Géométrie et nomenclature des plis

C10 : Mécanismes de plissement

C11-12: Foliations et linéations**But:**

- 1) faire une bonne description de foliation et linéation
- 2) à partir de la description, comprendre le mécanisme de formation des struct. S et L
- 3) savoir orienter X,Y,Z par rapport à S et L
- 4) savoir utiliser les indicateurs cinématiques (particulièrement sens de cisaillement)

1. Introduction

Définition. Les roches foliées: un phénomène courant, varié et important (géotech, circulation de fluides, cinématique). X= étirement ; Z = raccourcissement

2. FOLIATION: Eléments de description, et différents types

Sens général des anglo-saxons vs "foliation tectonique" (XY) (plan d'aplatissement)

Pour certains (dont moi) litage= différence de composition; foliation = déformation.

Foliation espacée/continue (pénétrative - non pénétrative), définition des microlithons et de leur forme...

Foliation, de **1** dissolution; **2** crénulation; crénulation + dissolution;

3 foliation étirement. Mécanismes: dissolution - déformation plastique: glissement-dislocation, recristallisation (la recristallisation élimine les dislocations -source de l'énergie nécessaire)

reX dynamique => paroxysme = mylonitisation (grains tout petit, ϵ BT);

reX statique = THT , gros grains, limites à 120°

4 foliation magmatique (+ remarque sur les macles magmatiques vs tectoniques)
= orientation préférentielle des grains sans déformation intracristalline.

Formation des litages: injection, X° préférentielle, tri par cisaillement, transposition

4. LINEATION: Eléments de description et différents types

Linéation d'intersection (dont frites), d'étirement, linéation magmatique, gaufrage.

Sur quelle face regarder? (trace de la foliation ou linéation?)

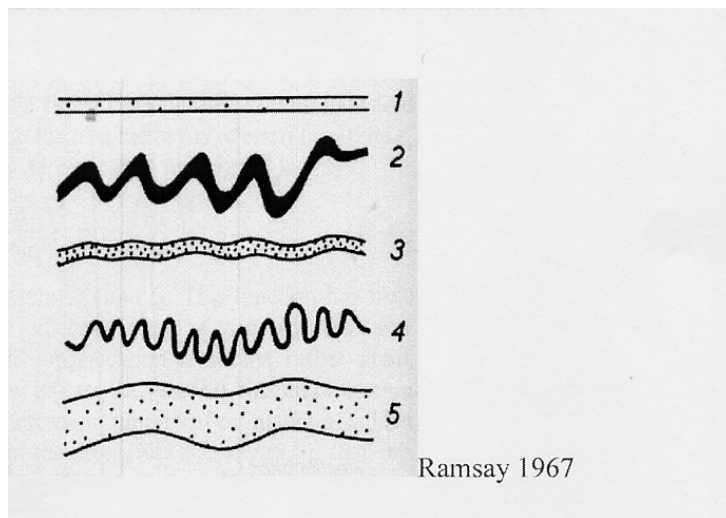
Les marqueurs de la linéation (objet ponctuels, structure, minéraux).

S-fabrique; L-fabrique; S-L fabrique: Fabrique linéaire-Fabrique planaire (étirement relatif entre les axes X,Y,Z)

Synthèse des relations S,L, plis: L boudin //; L étirement (X) perpendiculaire charnière (MAIS quand déformation importante: pli en fourreau et/ou charnière transposée // X)

5. Critères de cisaillement

Les structures S/C; Sigmoides, plis d'entraînement, inclusions hélicitiques, cristallisation en zone abritée, ombres de pression, étirement de porphyroclaste, sigma clast, delta clast, fabrique cristallographique.



Foliation and cleavage	Spaced	Compositional	Diffuse Banded
		Disjunctive	Stylolitic
			Anastomosing
			Rough Smooth
	Continuous	Crenulation	Zonal Discrete
		Fine	Microcrenulation Microdisjunctive Microcontinuous
		Coarse	

Figure 13.1 Morphological classification scheme for foliations.

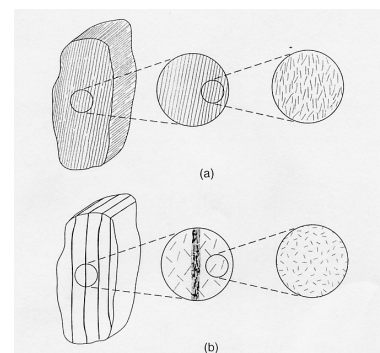
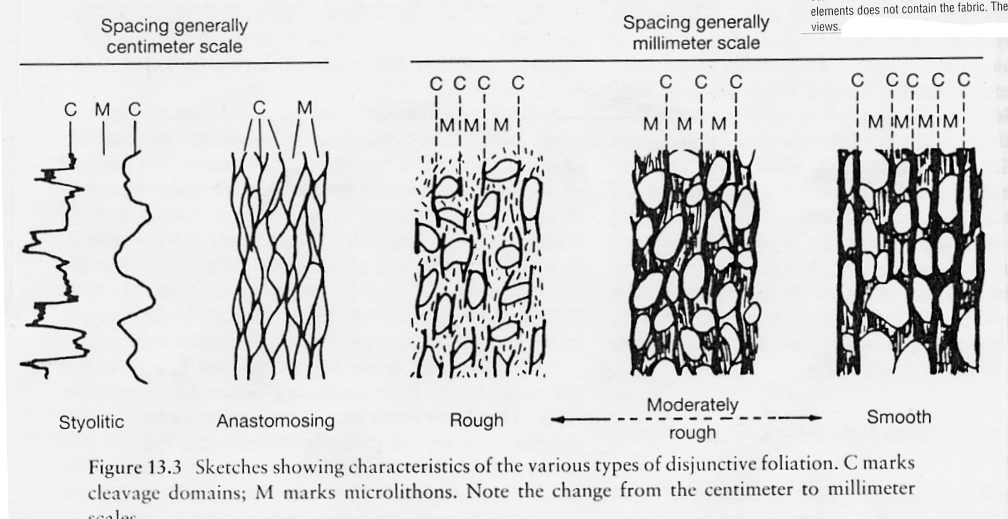
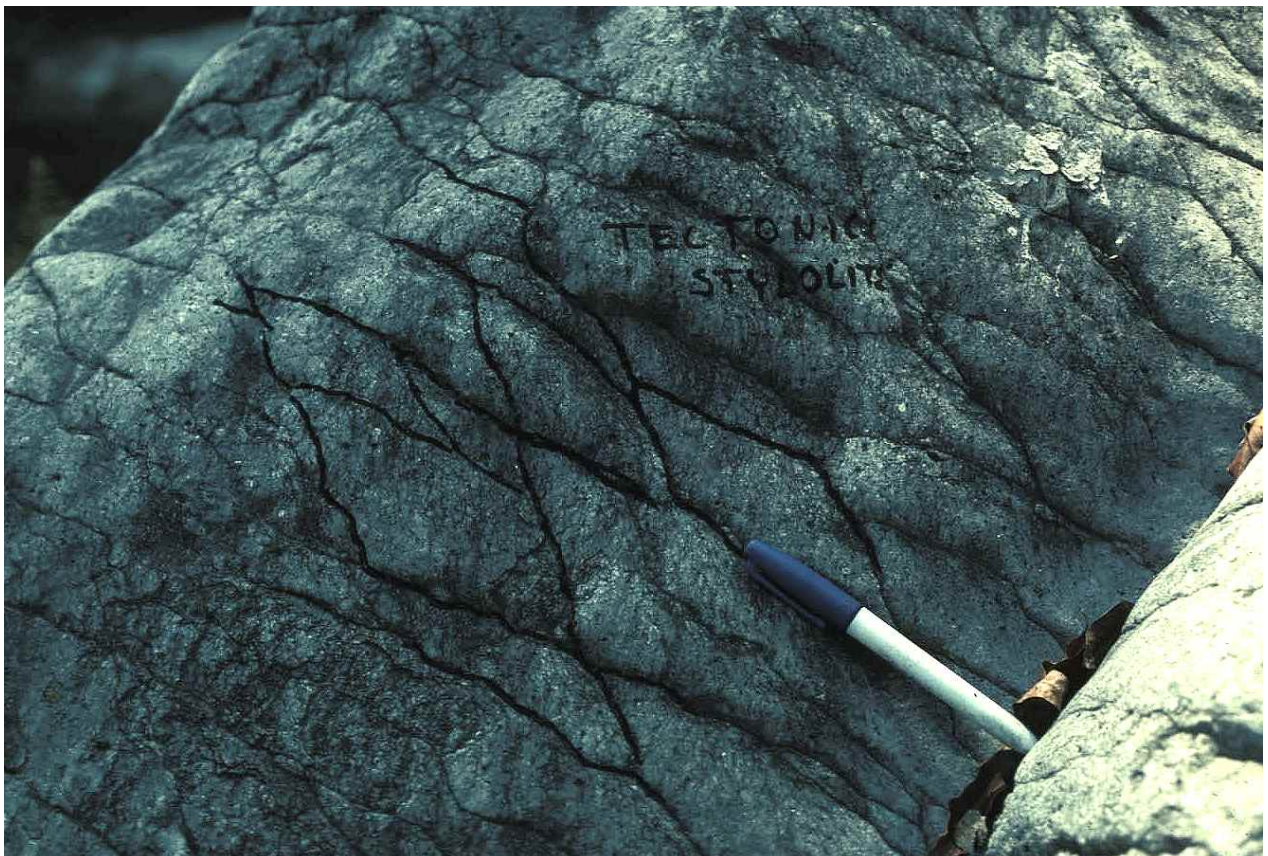
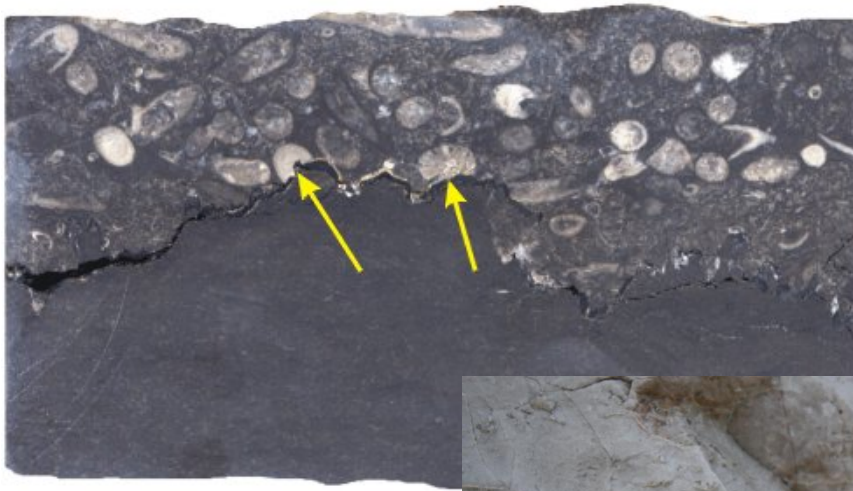
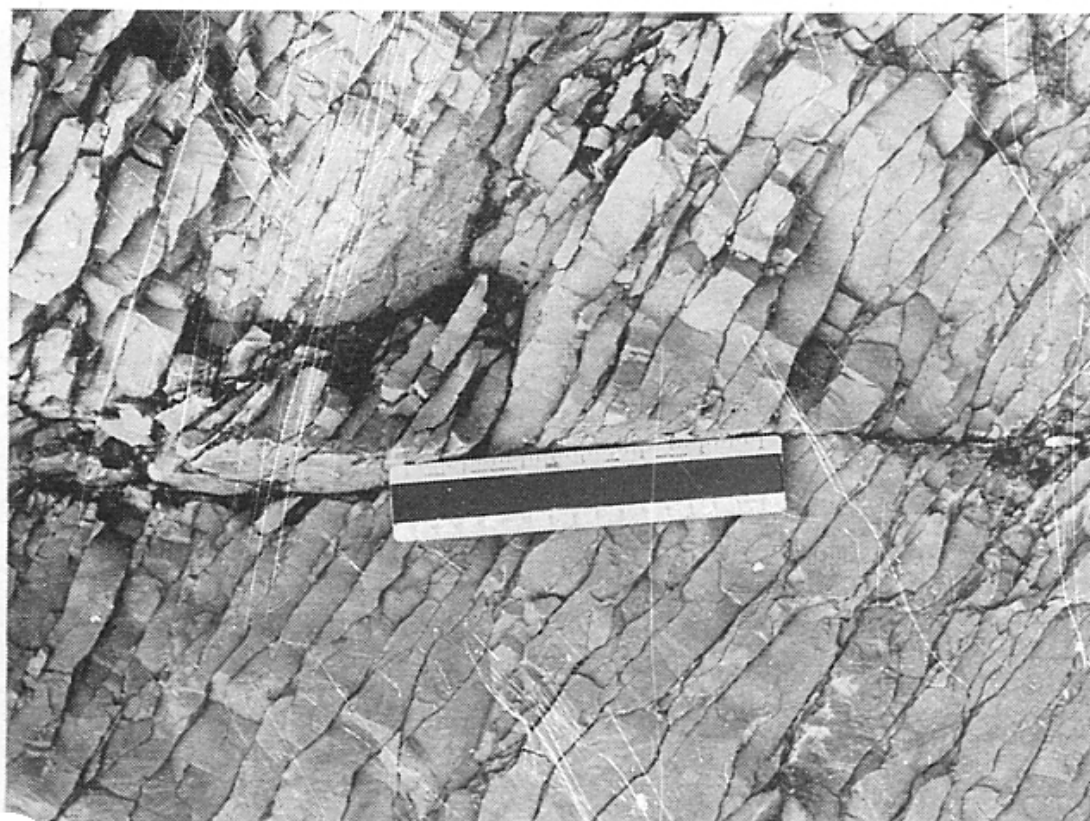


Figure 11.2 The distinction between continuous and spaced fabrics. (a) A continuous fabric. The lines represent a planar fabric element that is still visible, no matter how small your field of view (at least down to the scale of individual grains). (b) A spaced fabric. The rock between the fabric elements does not contain the fabric. The circled areas represent enlarged views.

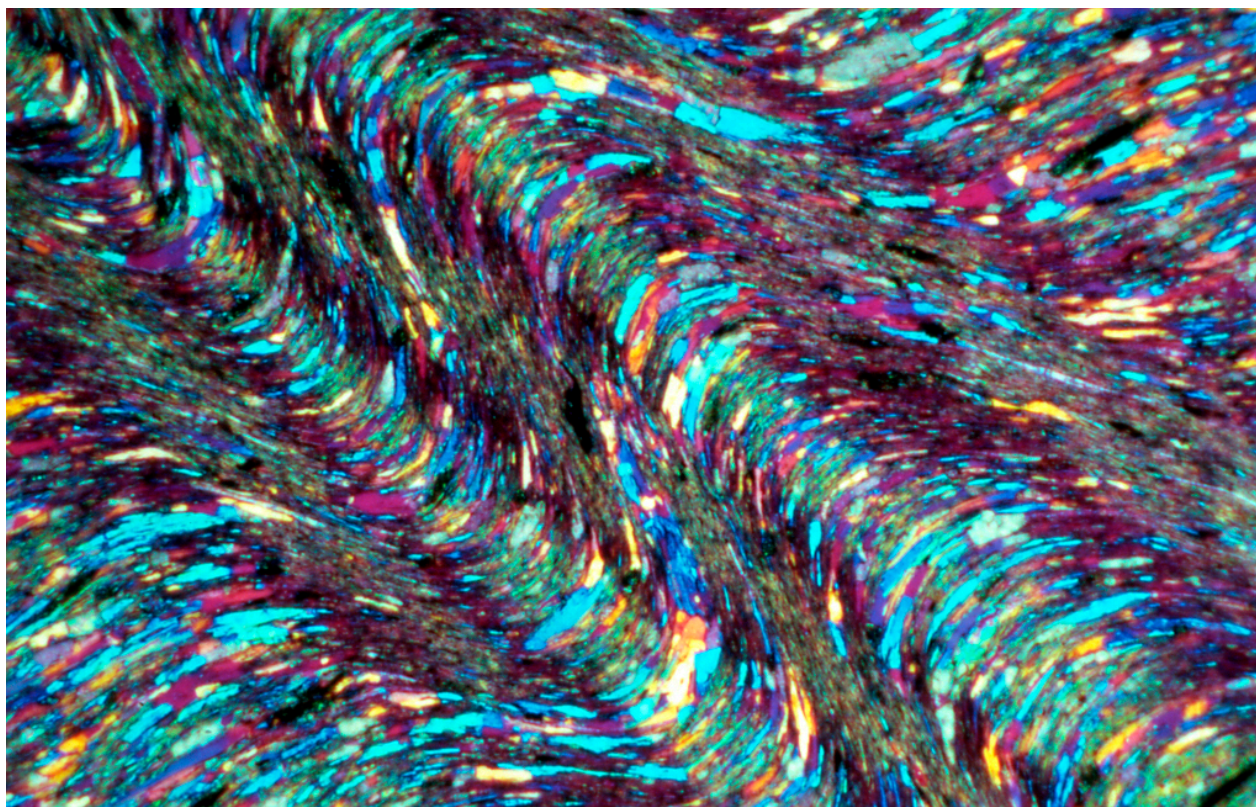
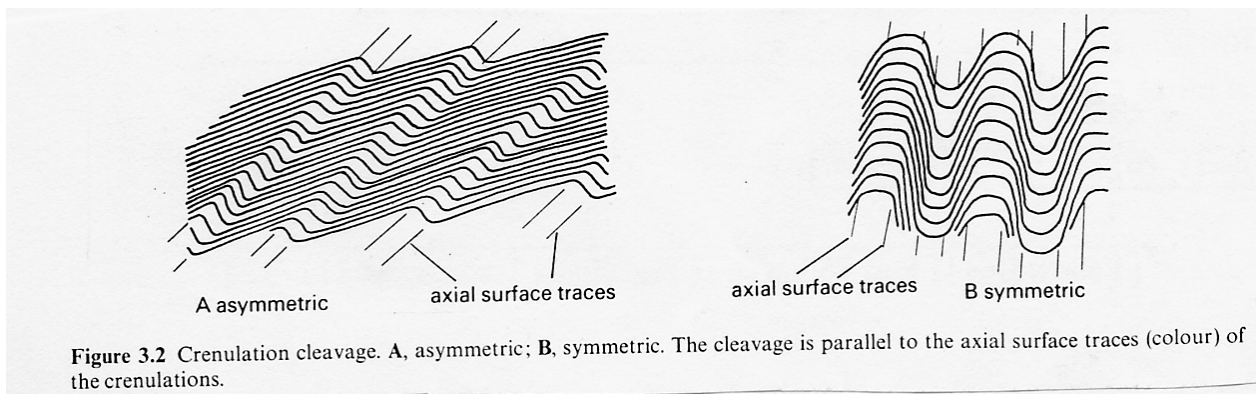






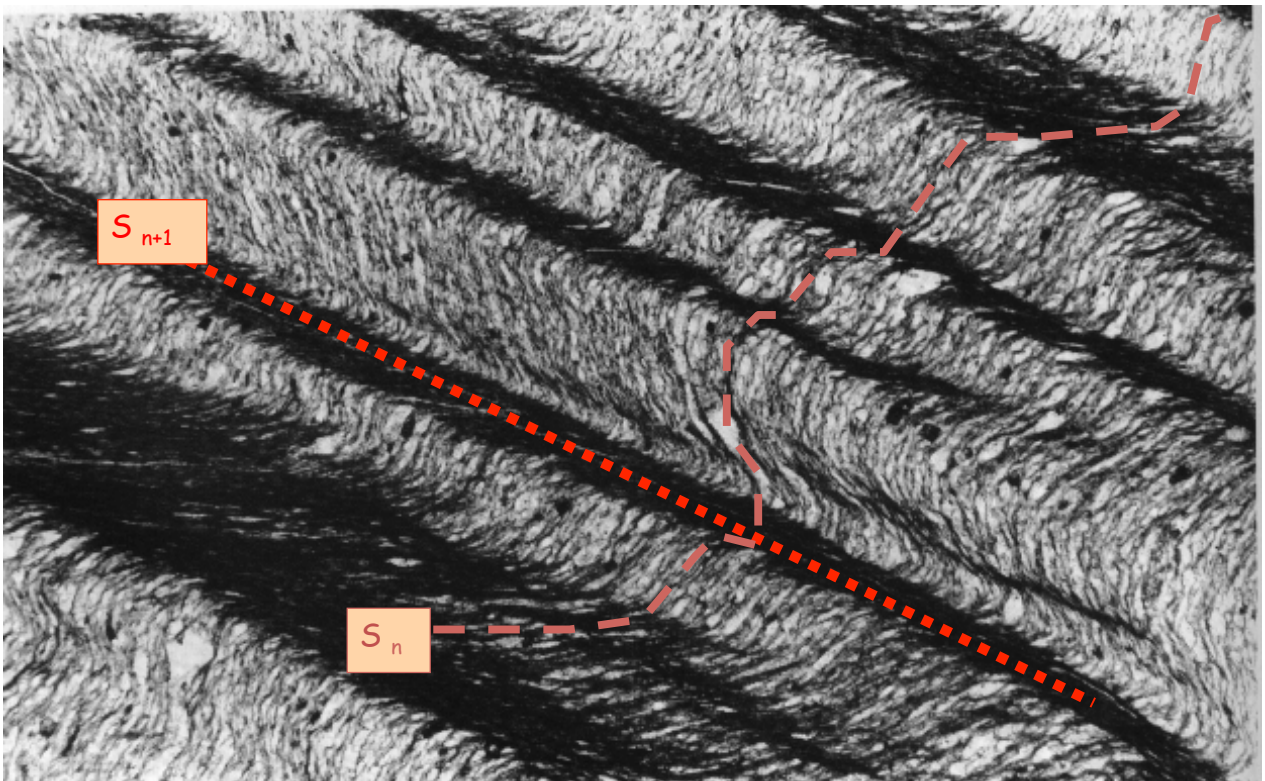
strati

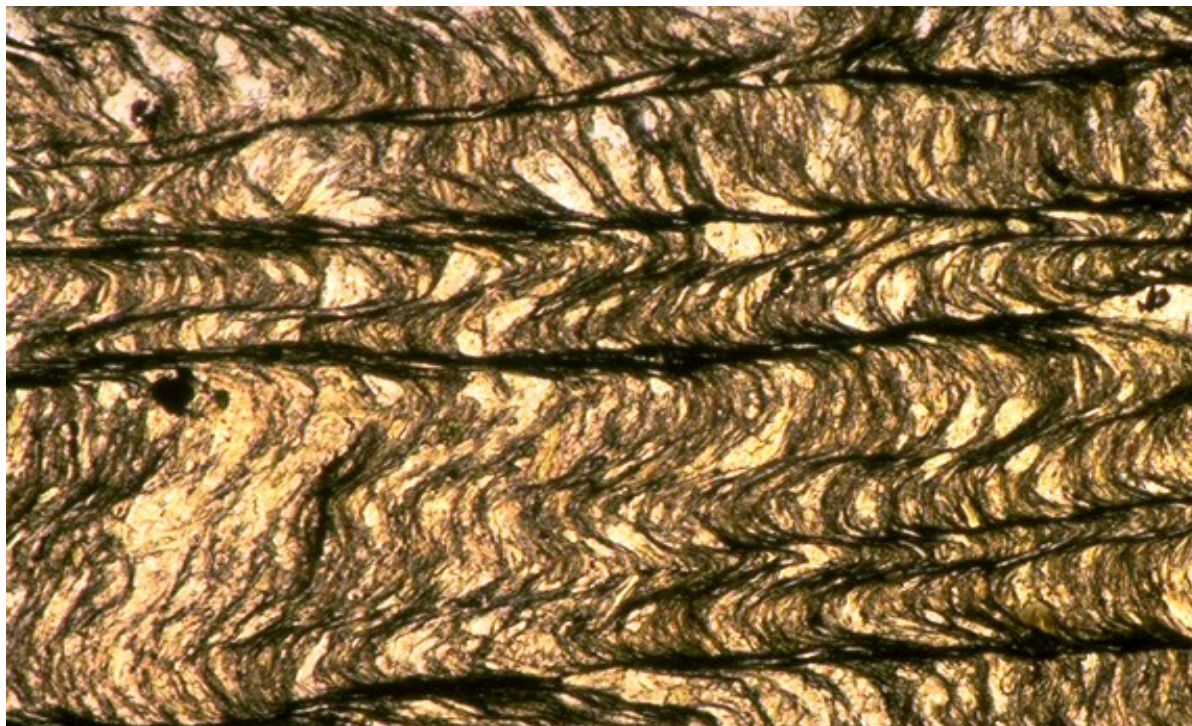
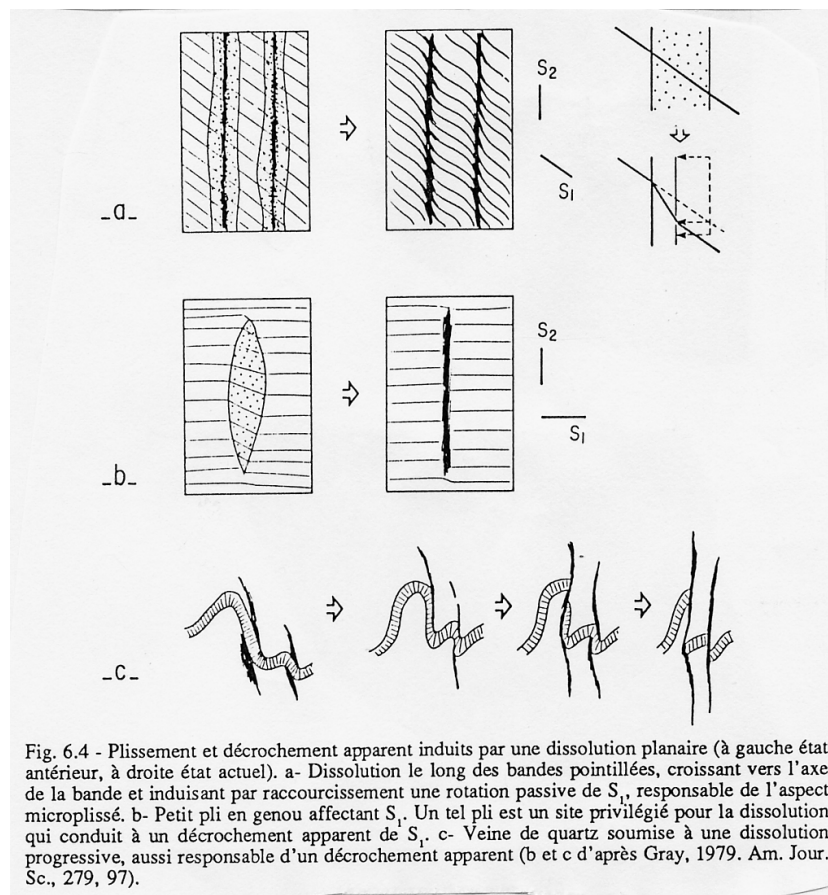


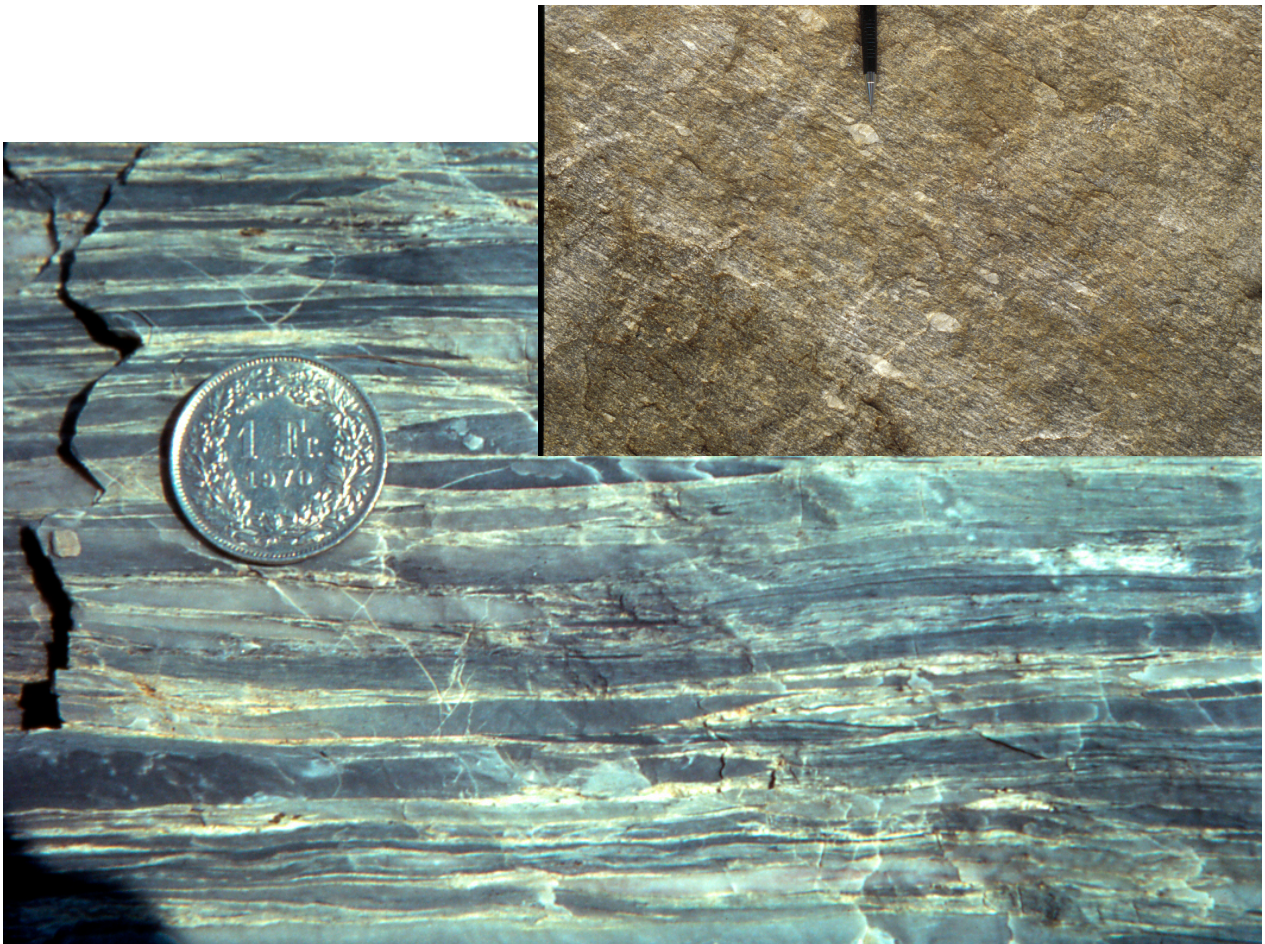
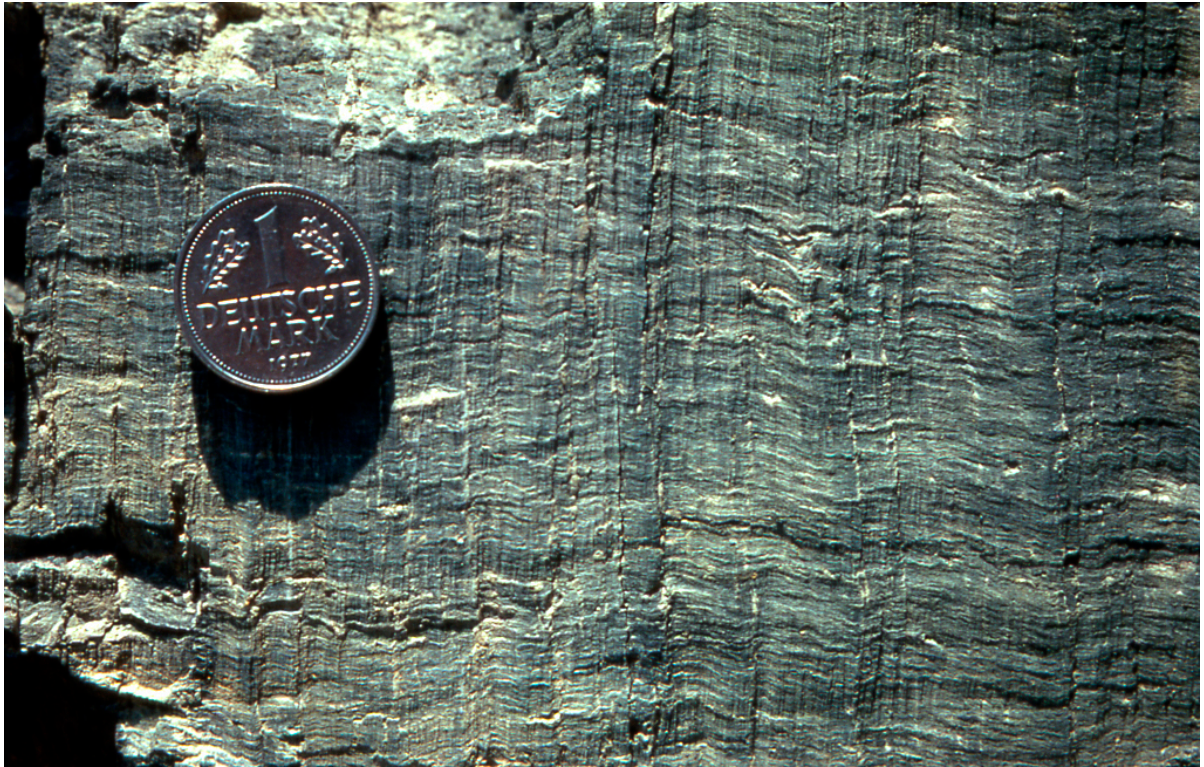


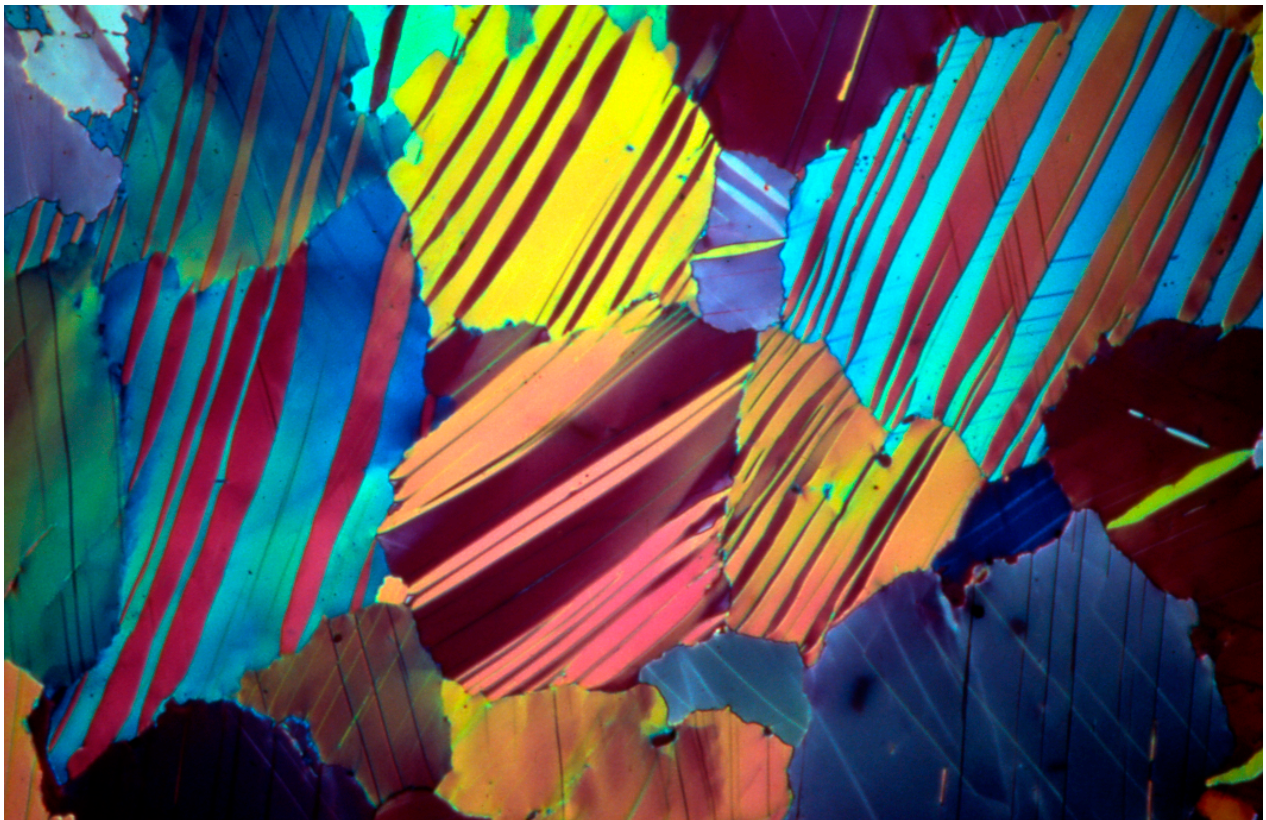
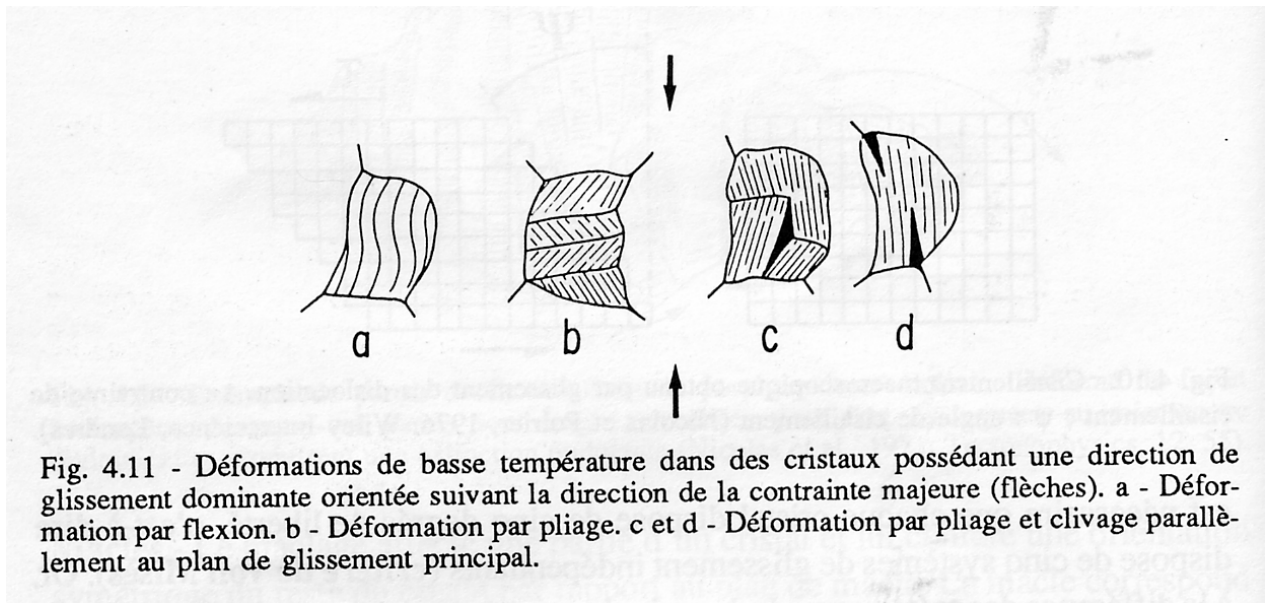


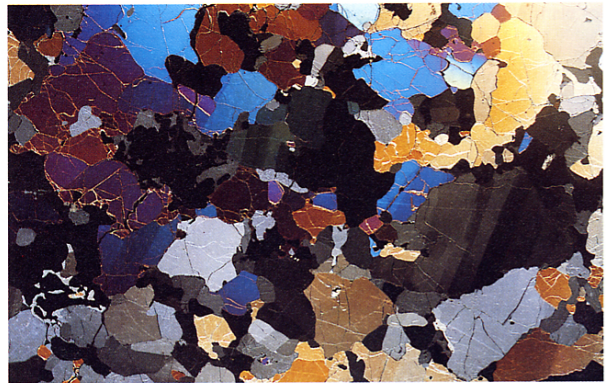
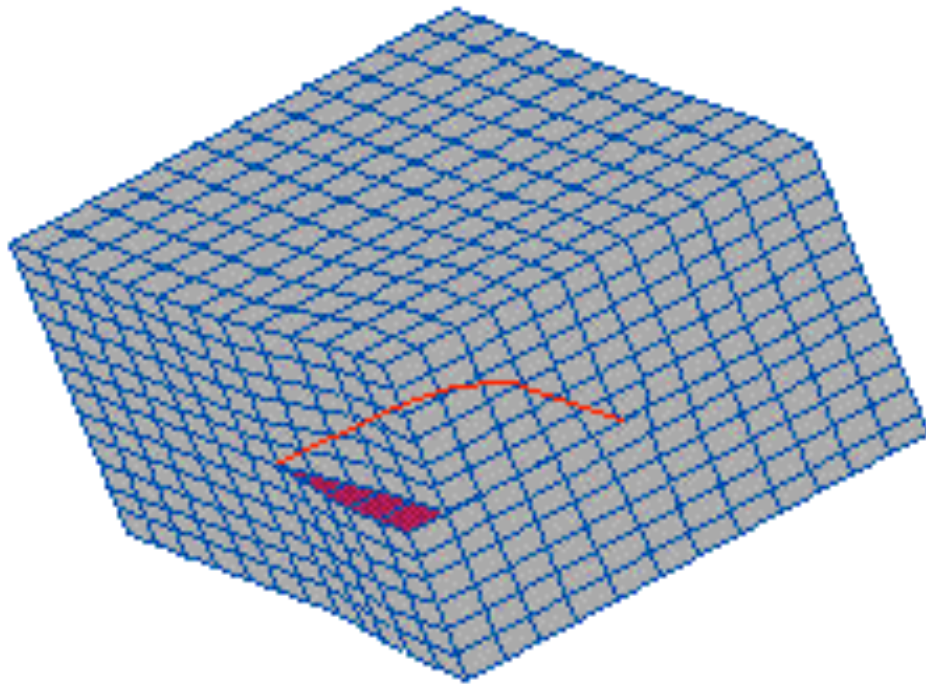
2 générations de schistosité :



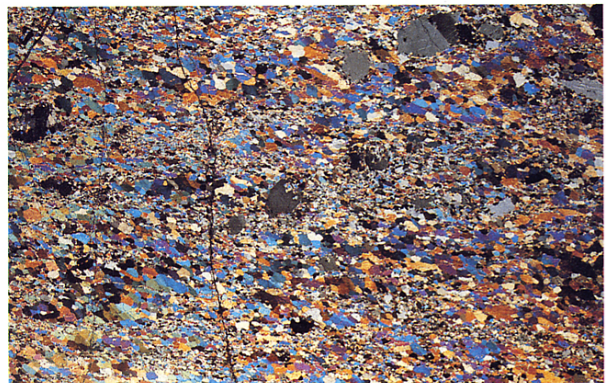








6.4a



6.4b

Fig. 6.4 - Vues de lames minces de péridotites au microscope optique polarisant. La foliation est orientée en E-W et le long côté mesure environ 25 mm. Abstraction faite des vives couleurs d'interférence ici sans signification précise, notons le contraste entre a) une péridotite déformée à 1250 C en présence de traces de liquide basaltique, dans l'asthénosphère sous une dorsale et b) le même type de péridotite déformée à 1000 C dans des conditions lithosphériques en relation avec son charriage au sein des océans.

Accumulation de dislocation et formation de sous-grains

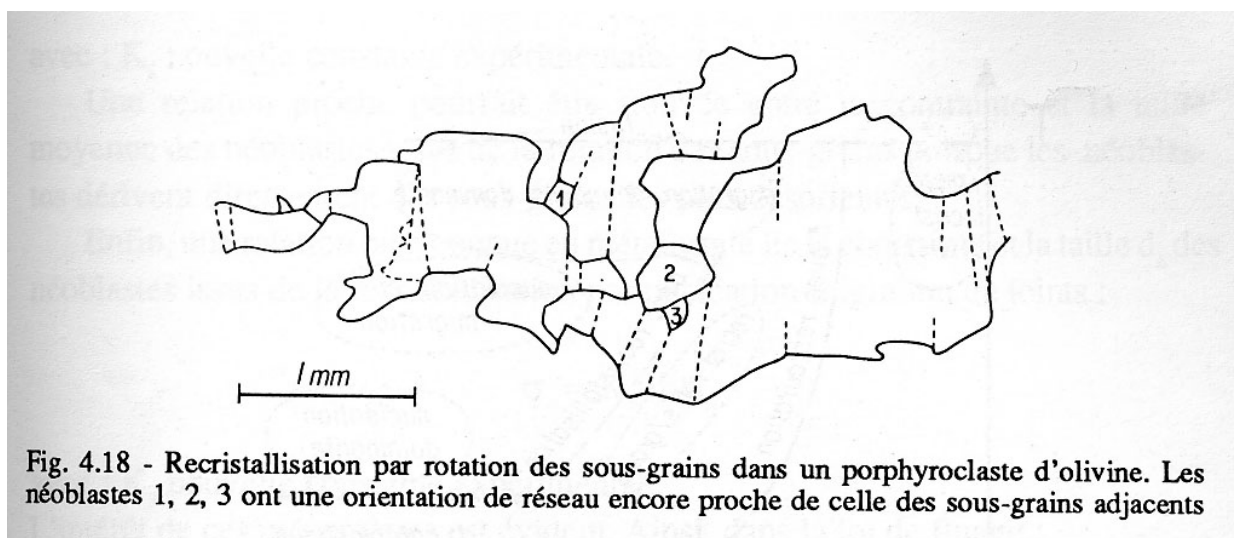
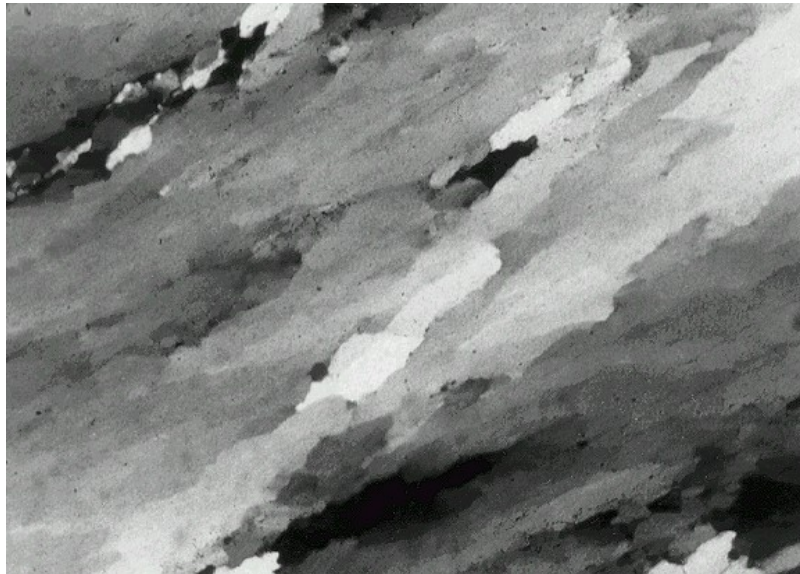
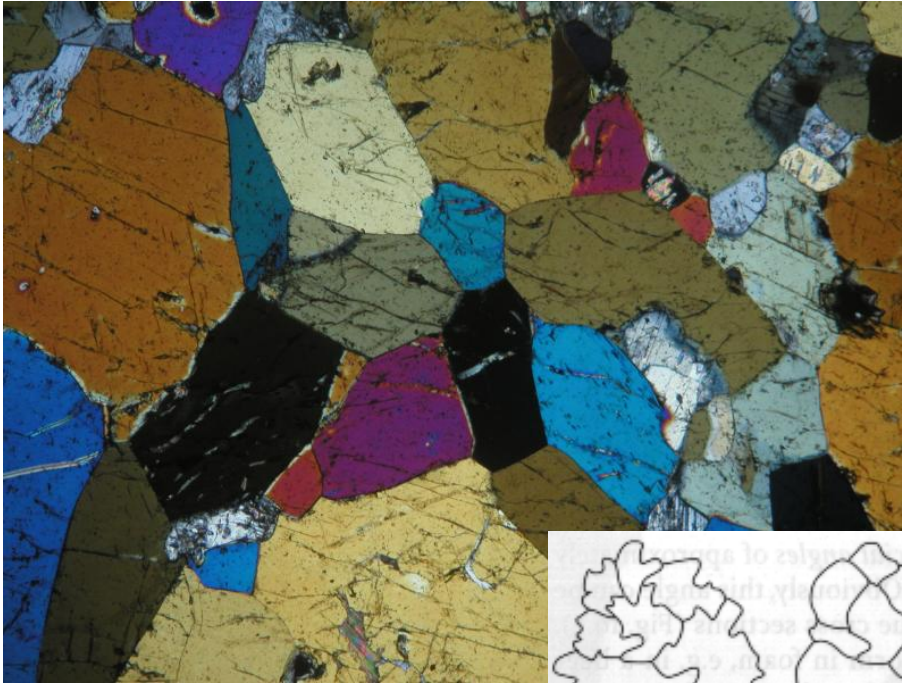
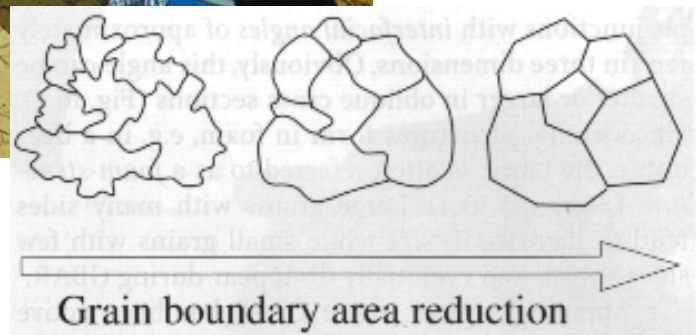


Fig. 4.18 - Recrystallisation par rotation des sous-grains dans un porphyroclaste d'olivine. Les néoblastes 1, 2, 3 ont une orientation de réseau encore proche de celle des sous-grains adjacents



Recuit post-déformation

Amphibolite, W. Greenland



<http://www.youtube.com/watch?v=h41hK1zOHyc>

<http://virtualexplorer.com.au/special/meansvolume/contribs/jessell/index.html>

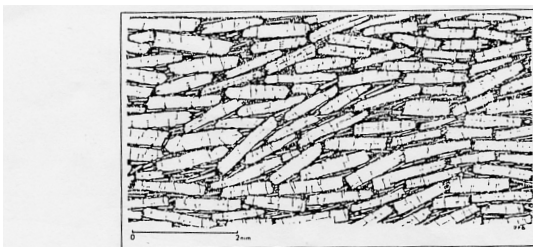


Fig. 7.5 - Foliation planaire dans une lave trachytique marquée par l'agencement de tablettes de feldspath (Bard, 1980. Masson éd., Paris).



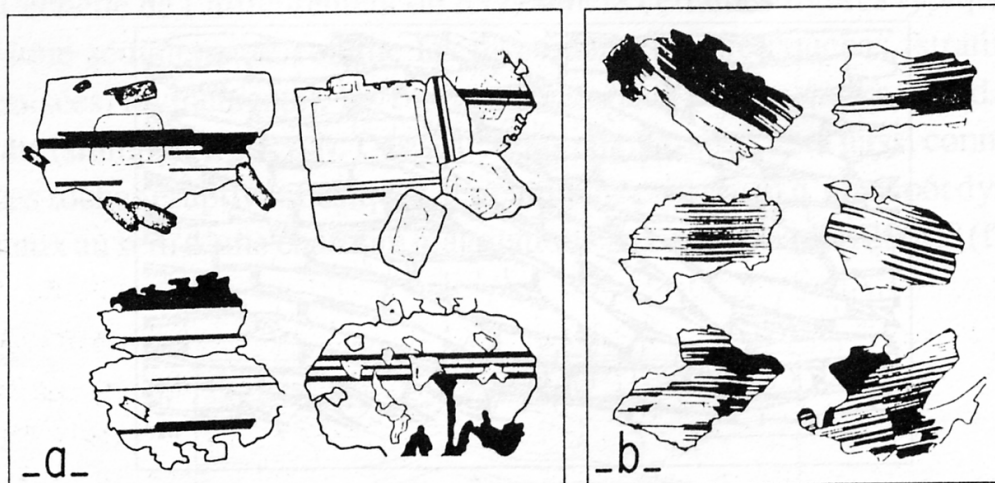
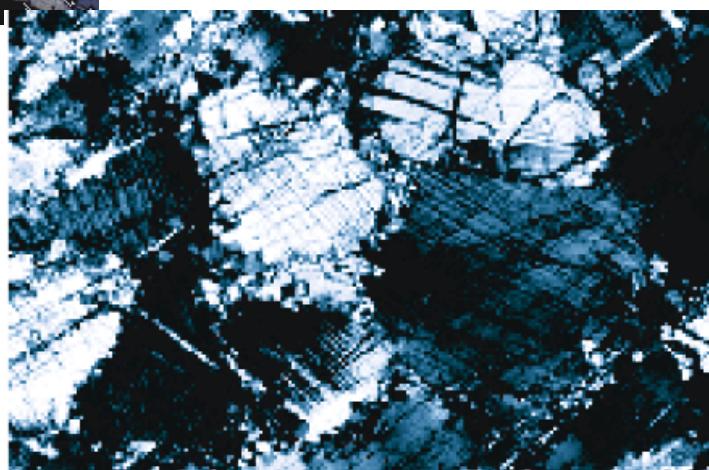
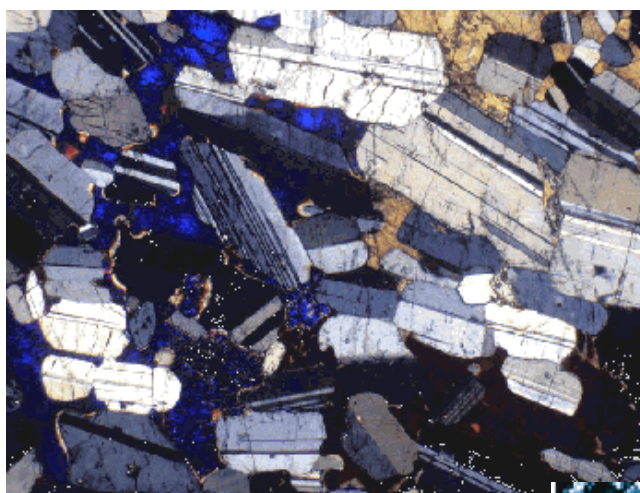


Fig. 7.6 - Différences entre des macles d'origine magmatique (a) et tectonique (b) dans des plagioclases. Les macles tectoniques sont étroites, nombreuses, flexueuses et tendent à se pincer vers la bordure du minéral. Les macles magmatiques sont au contraire moins nombreuses et rectilignes.



Ne pas confondre litage et foliation!

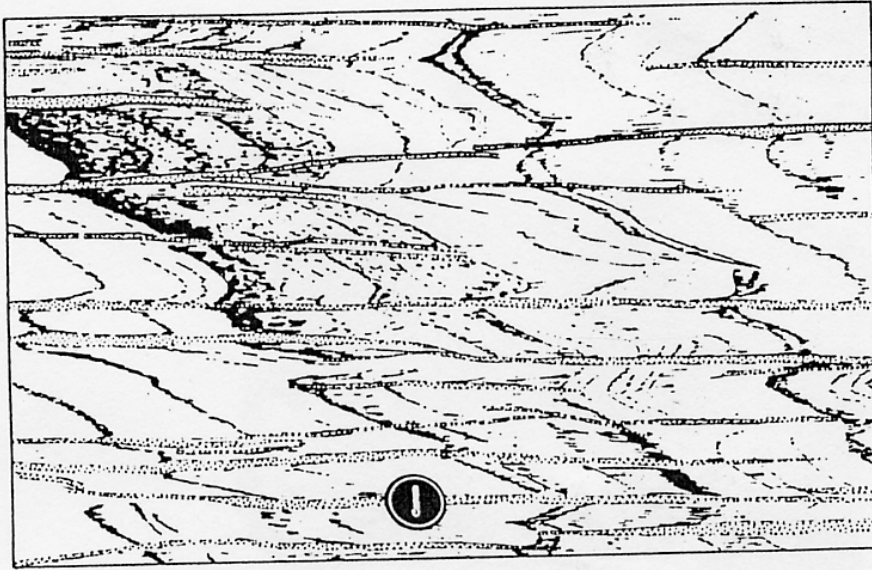
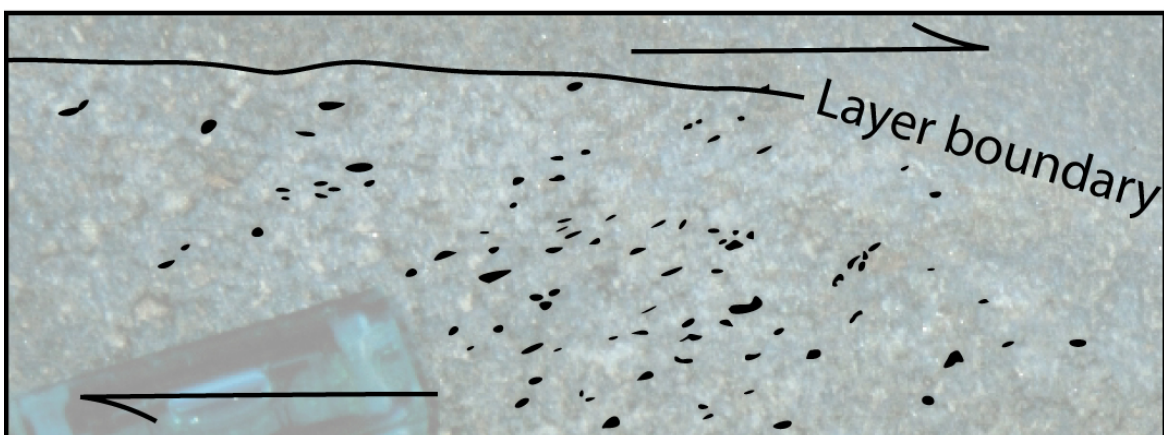
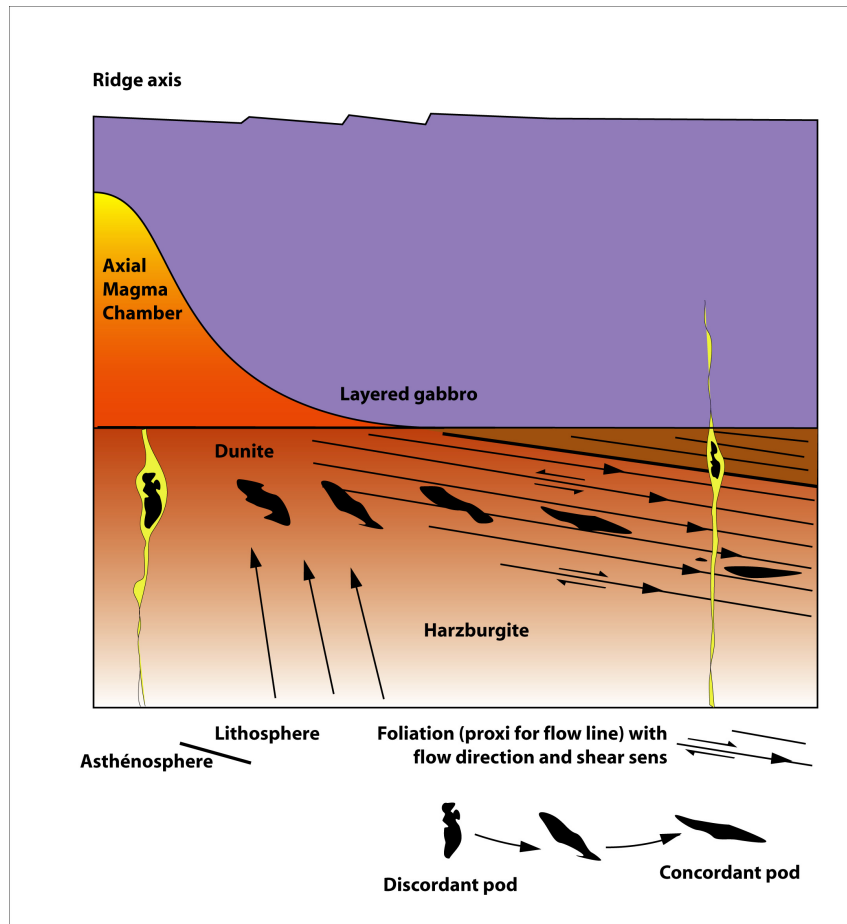


Fig. 6.7 - Développement d'un litage métamorphique par injection de magma quartzofeldspathique dans les plans axiaux de microplis au cours d'une anatexis affectant des granulites (photo A.M. Boullier).

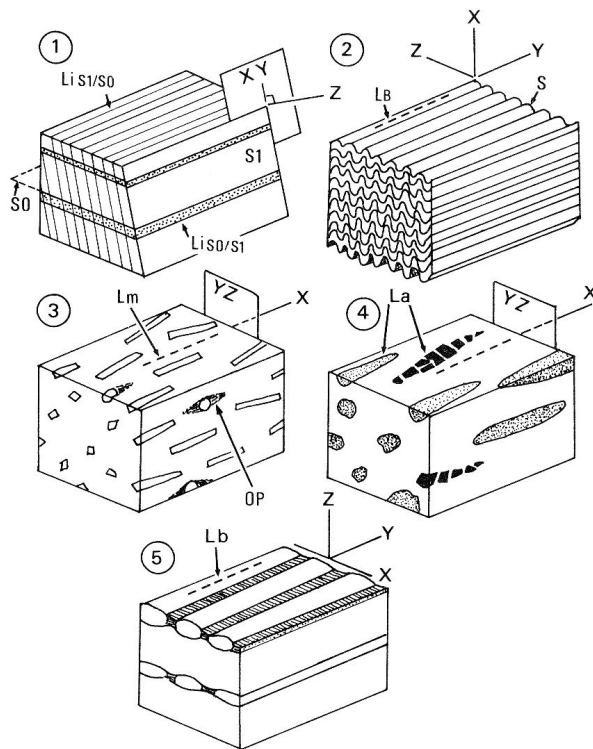


Fig. 6.6 - Développement d'un litage métamorphique sur une schistosité de crénulation pré-existante par croissance préférentielle de cristaux de biotite dans les plans de la schistosité enrichis en ferro-magnésiens.





Linéations



1. Intersection
2. Crénulation
3. Etirement minéral
4. Etirement
5. Boudinage



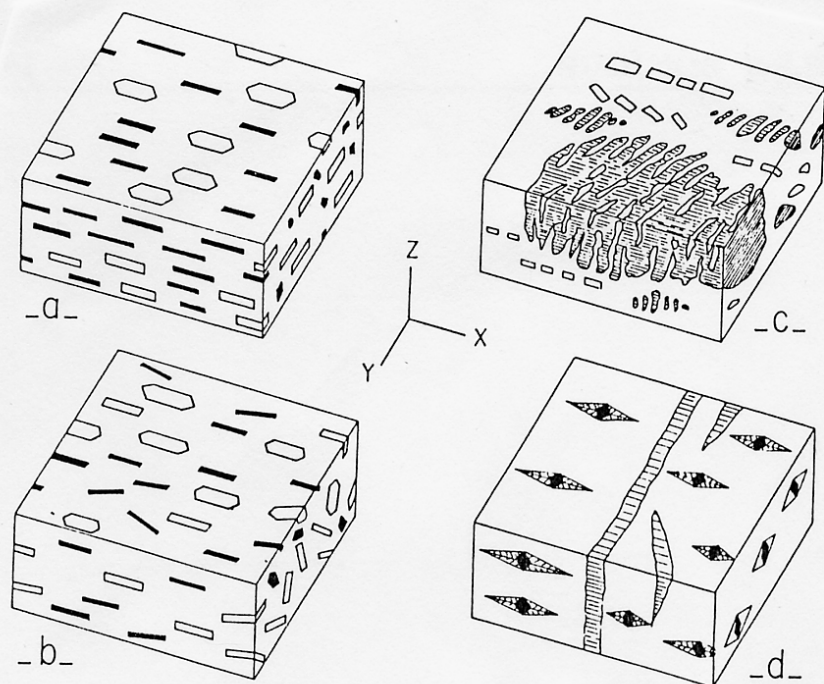


Fig. 6.15 - Linéations minérales et d'agrégats. a- Linéation minérale par allongement de minéraux aciculaires et en tablettes. b- Linéation minérale par alignement de minéraux aciculaires et disposition en zone de minéraux en tablette. c- linéation de pull-apart affectant des minéraux ou des agrégats. d- Linéation par remplissage fibreux à l'intérieur de veines ou autour d'objets durs en zones abritées.

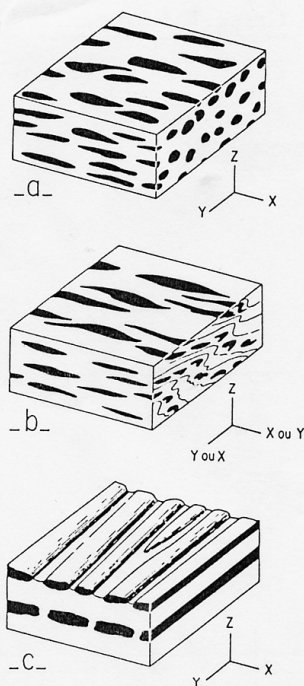


Fig. 6.16 - Linéations en baguettes (rods) et relation avec les directions principales X, Y, Z. a- Baguettes produites par l'étirement d'objets isolés, par exemple galets d'un conglomérat. b- Baguettes provenant de la dispersion de lentilles intrafoliales elles-mêmes produites par un plissement. c- Baguettes provenant du boudinage d'une couche compétente.

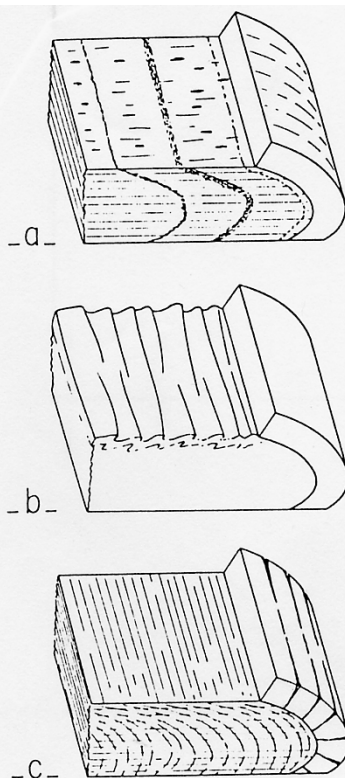


Fig. 6.13 - Principaux types de linéation. a- Linéation d'intersection d'une couche plissée par une schistosité de plan axial, observée dans le plan de cette schistosité sous forme de traces linéaires de composition différente, parallèles à l'axe du pli. On observe dans le même plan, une linéation minérale ou d'agrégats orthogonale et des stries parallèles à cette dernière sur la couche déformée. b- Linéation de gaufrage correspondant à l'axe de microplis. c- Linéations d'intersection : intersection de deux schistosités dans le plan de la schistosité de plan axial et intersection de la couche plissée et d'une schistosité de fracture avec observation dans la surface de la couche plissée.

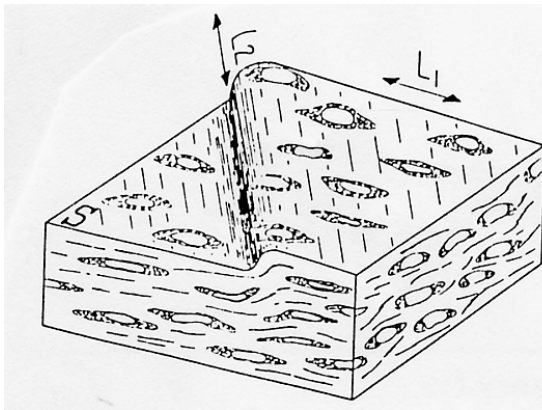


Fig. 6. 14 - Superposition de deux linéations indépendantes : L_1 linéation d'agrégat; L_2 linéation de gaufrage.

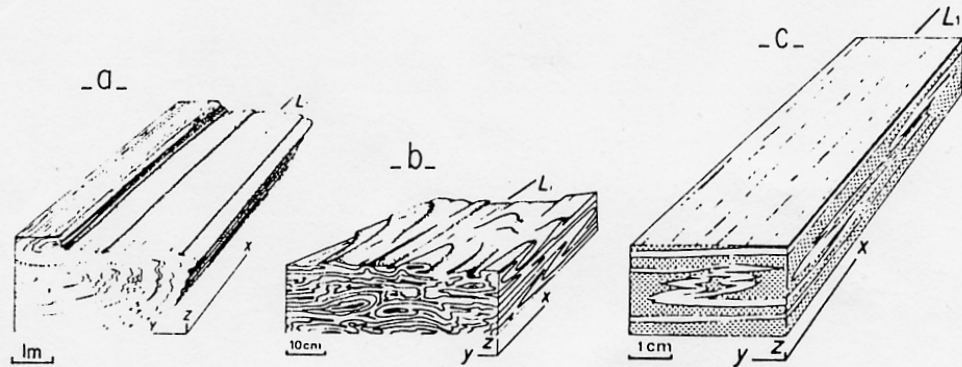


Fig. 6.17 - Linéations parallèles aux axes des plis. a- Linéation d'intersection et de gaufrage. b- Linéation de gaufrage parallèle à des plis en fourreau (§9.2.1). c- Linéation d'intersection et d'agrégats (Mattaue et al., 1981. jour. Str. Geol., 3, 401).





Quand 2 schistosités se rencontrent...

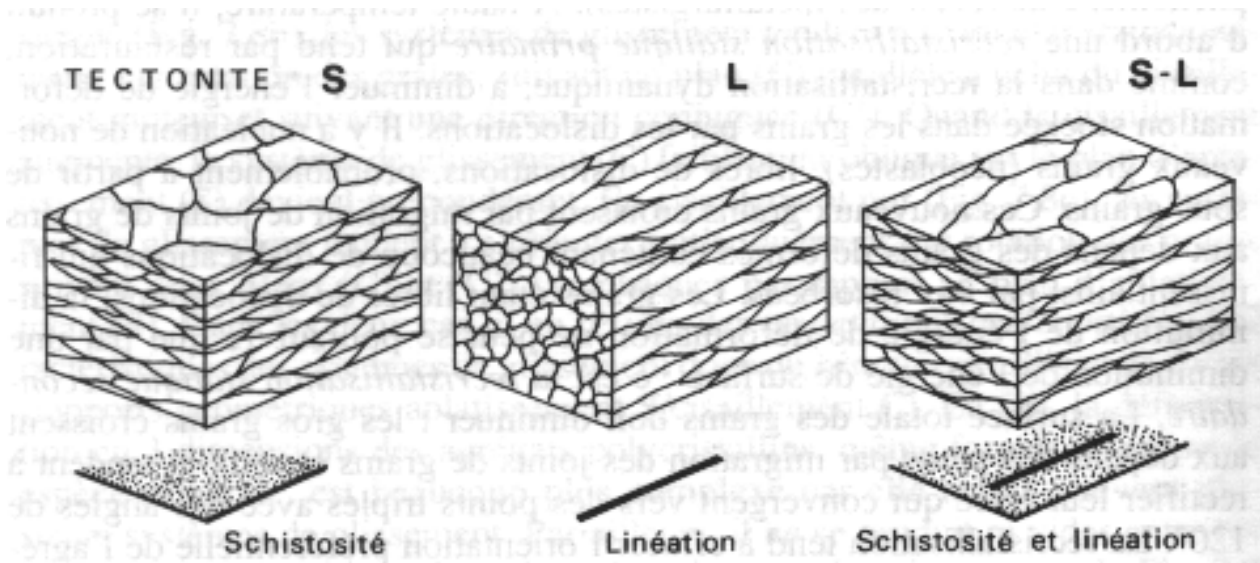


Acquisition de la schistosité et de la linéation d'étirement,

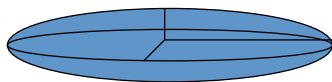
Aplatissement

Constriction

Apl+Cons



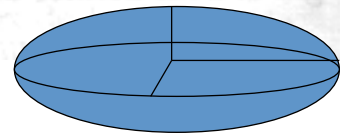
Relations avec les contraintes



Ellipsoïde de la déf. = « crêpe »



Ellipsoïde de la déf. = « cigare »



Ellipsoïde intermédiaire

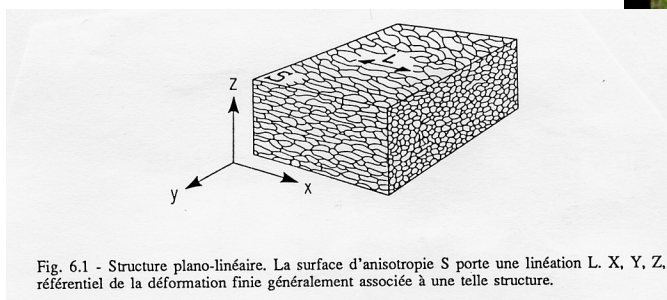
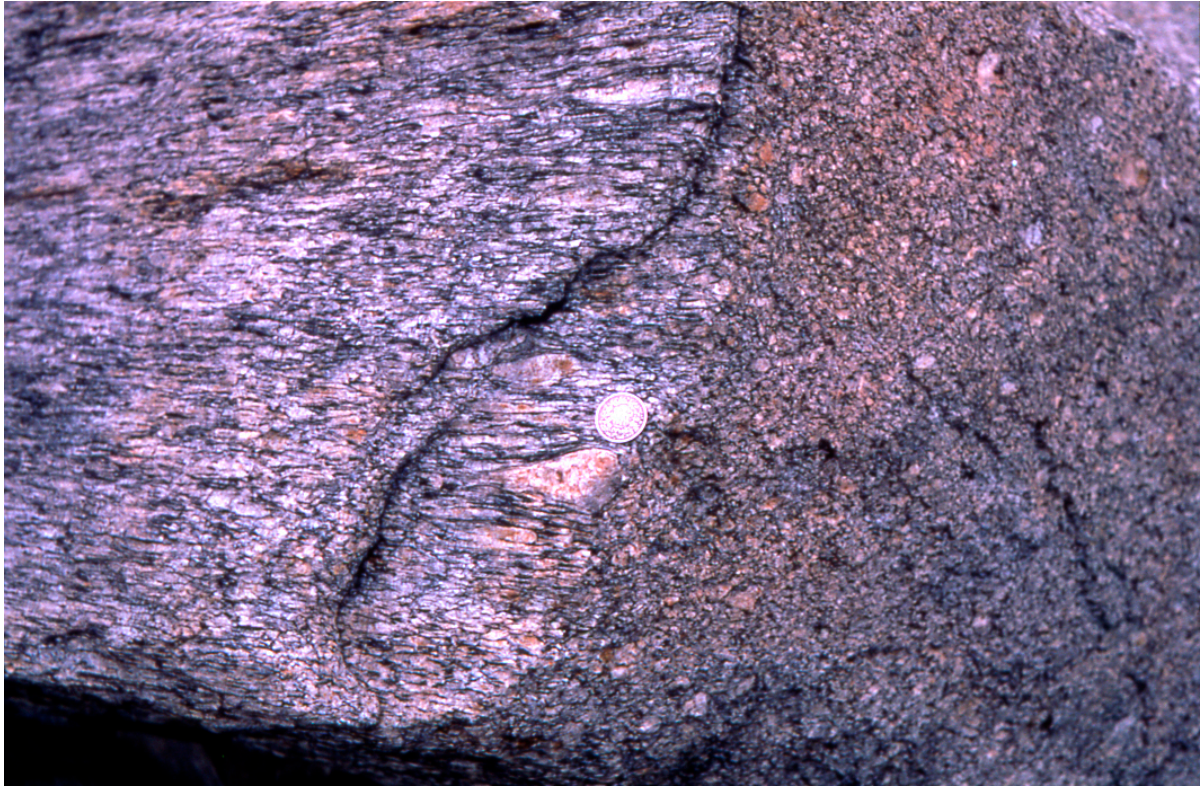
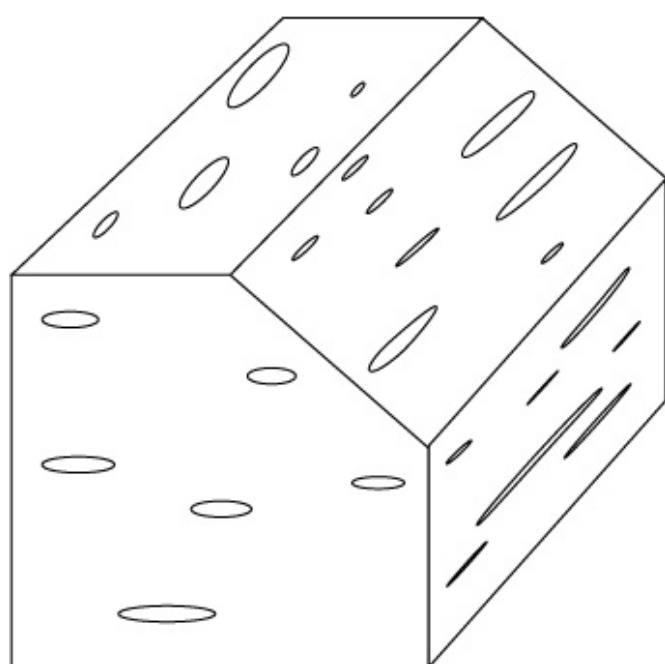


Fig. 6.1 - Structure plano-linéaire. La surface d'anisotropie S porte une linéation L. X, Y, Z, référentiel de la déformation finie généralement associée à une telle structure.

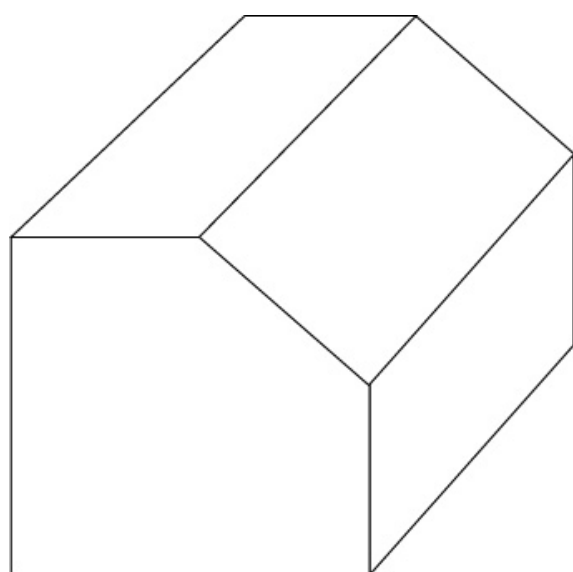




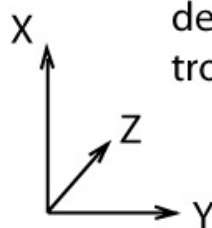
Cgl. Borden Lake,
Kapuskasing, Superior Prov.,
Canada



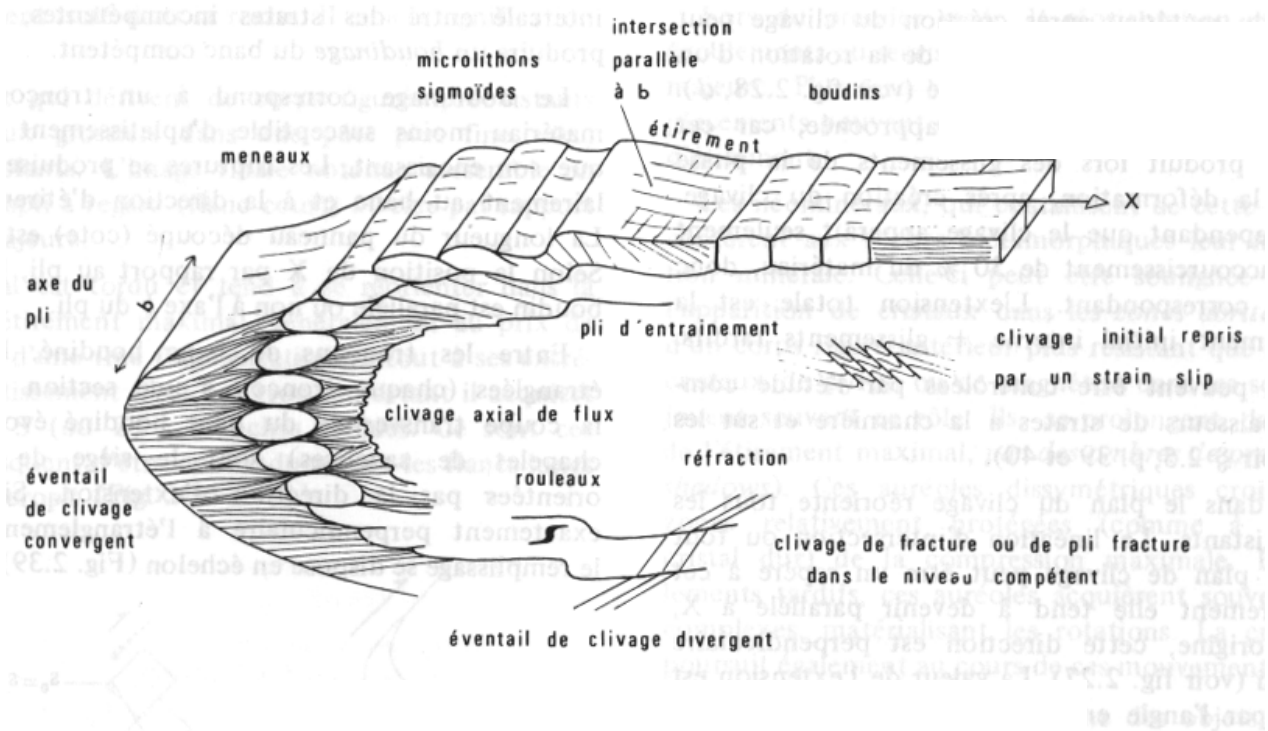
Déterminez l'orientation
des axes X,Y,Z



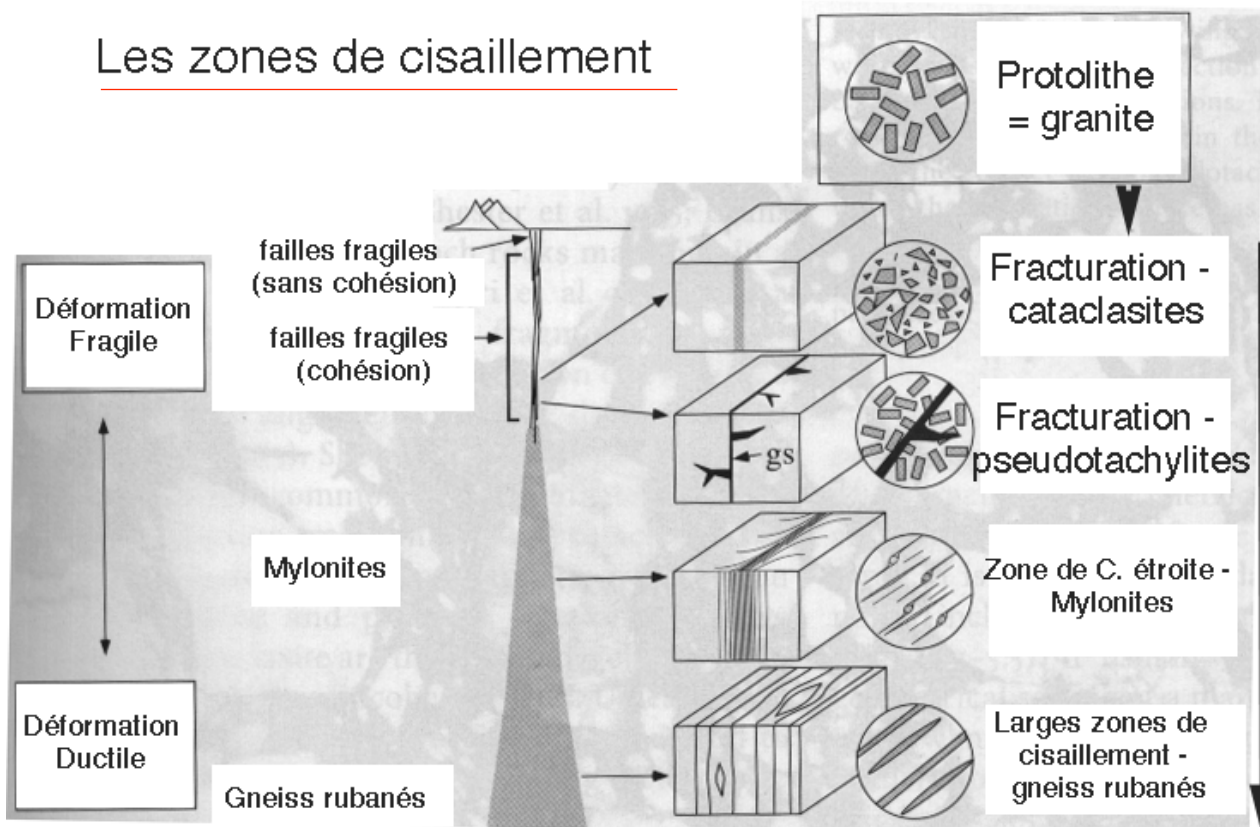
Connaissant X,Y,Z
dessinez ce qu'on doit
trouver sur le bloc



Marqueurs structuraux d'une structure plissée



Les zones de cisaillement



Gouge

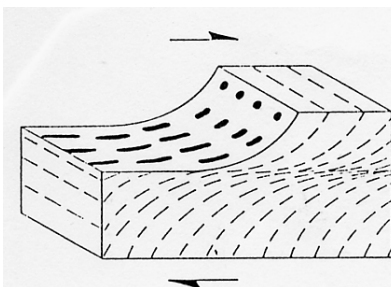


Fig. 8.11 - Zone de cisaillement avec linéation d'étirement dans le plan de la schistosité correspondante.

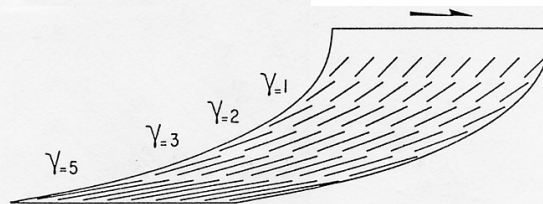
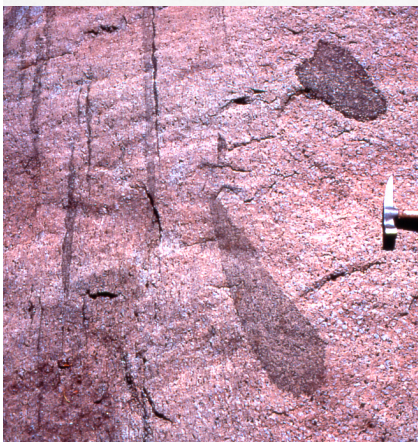


Fig. 8.12 - Traces de l'axe X (orientation et longueur) de l'ellipsoïde de la déformation et mesure γ de la déformation au voisinage d'une zone de cisaillement, dont le plan serait horizontal.

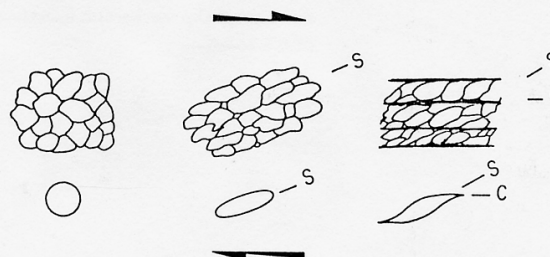
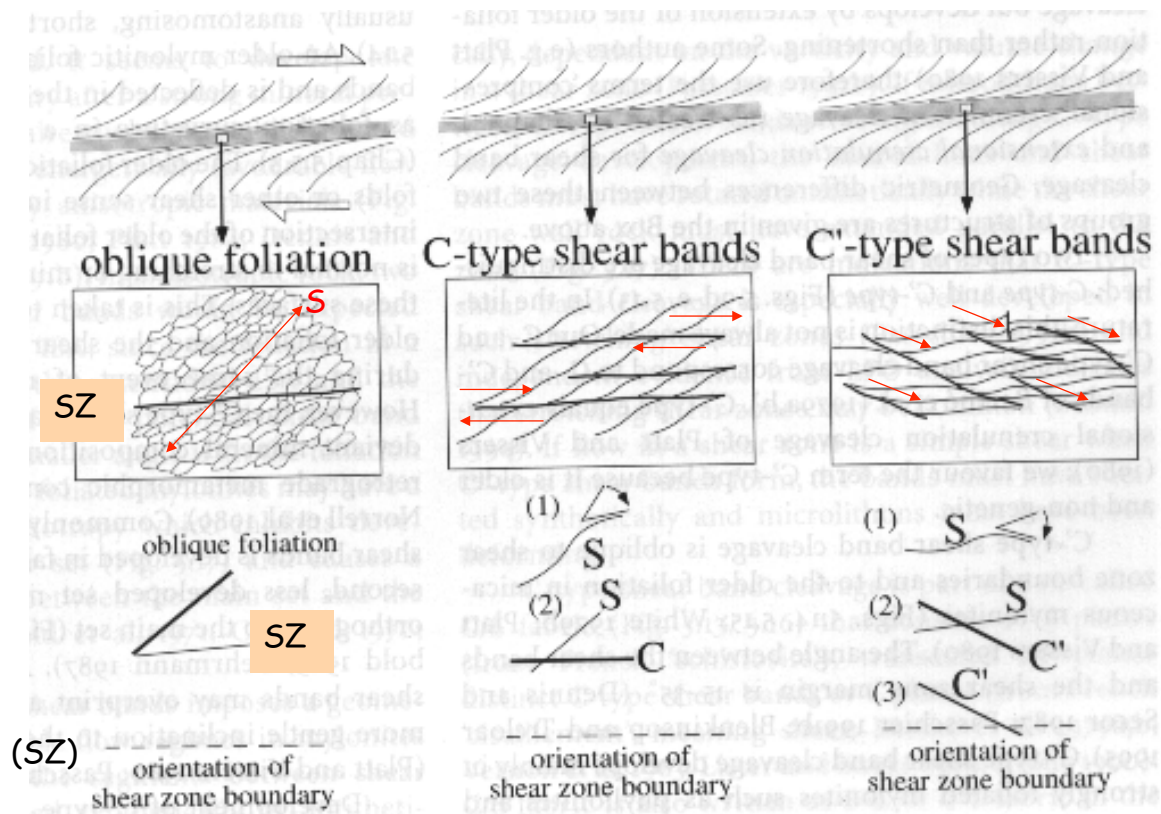
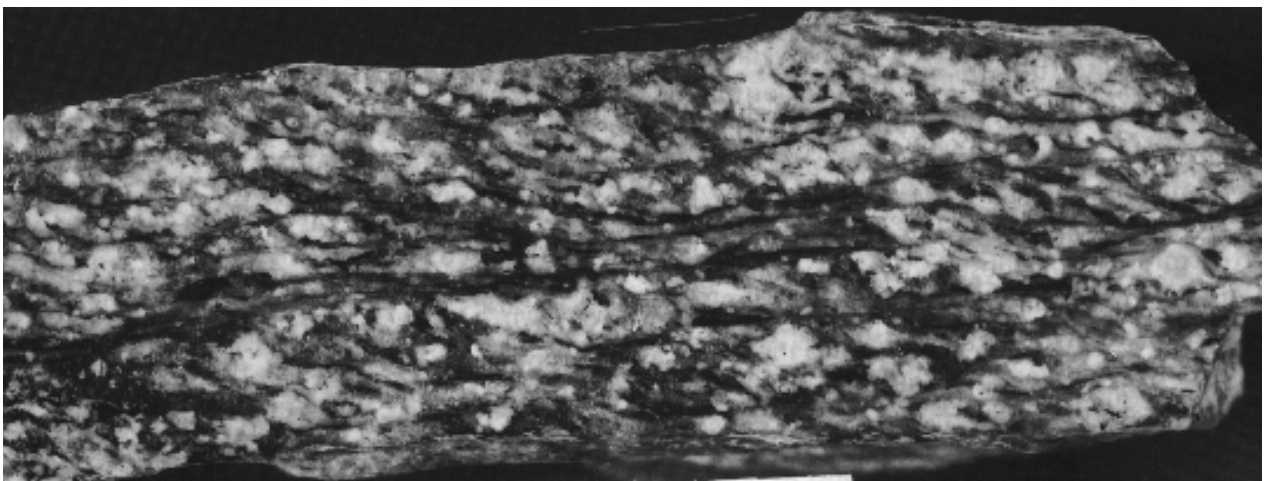


Fig. 8.13 - Schéma illustrant la formation des surfaces C et leur relation avec la schistosité (inspiré de Berthé et al., 1979. Bull. Minéral., 102, 265).

Critères de cisaillement : les structures S-C

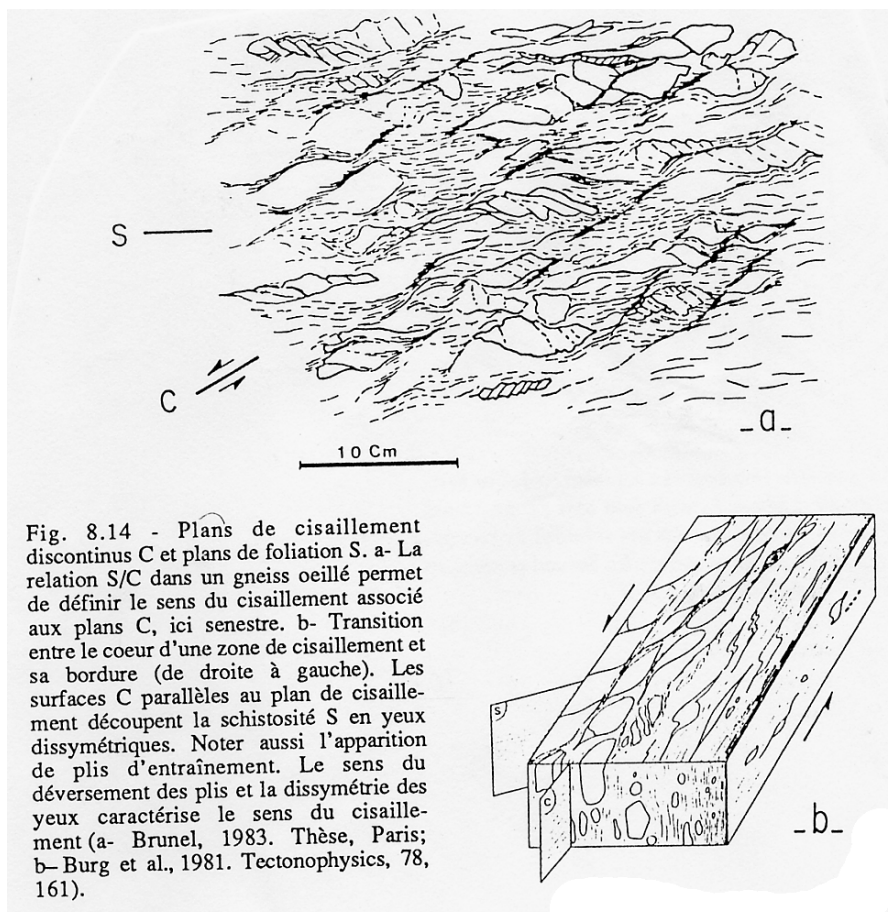
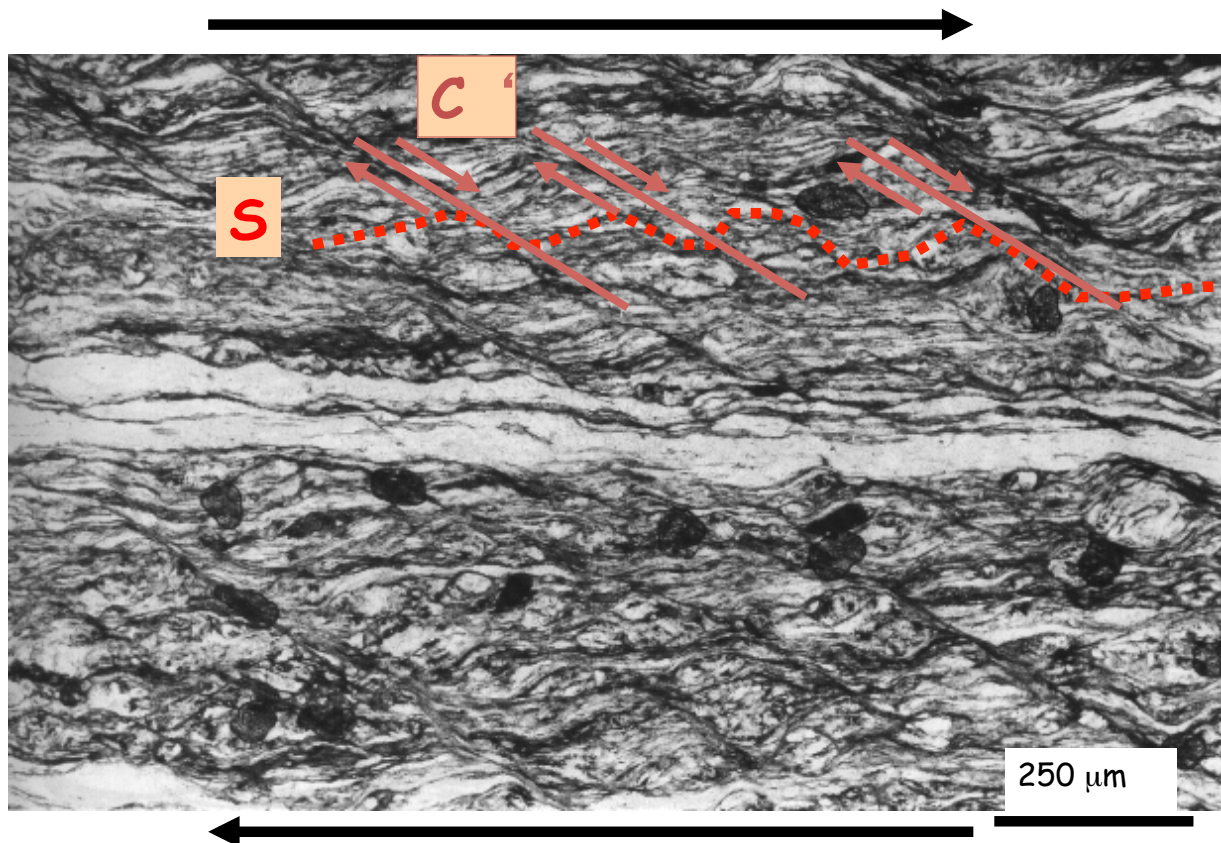


Les structures de type S-C :



1 cm

Les structures de type S-C' :



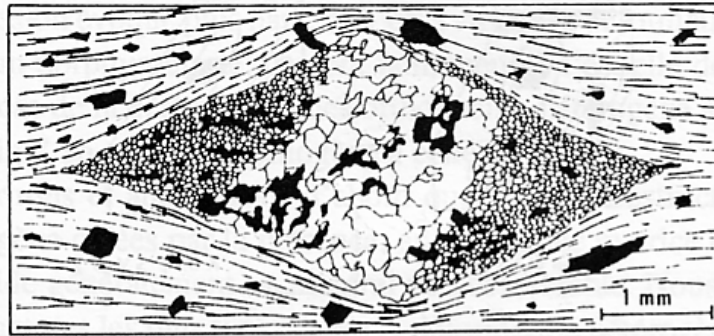


Fig. 8.3 - Recrystallisation en ombres de pression d'un porphyroclaste de feldspath dans un gneiss oeillé. A la différence avec les zones abritées, le remplissage est de même nature que l'objet dur et il est plastiquement déformé (Debat, 1974. Thèse, Toulouse).

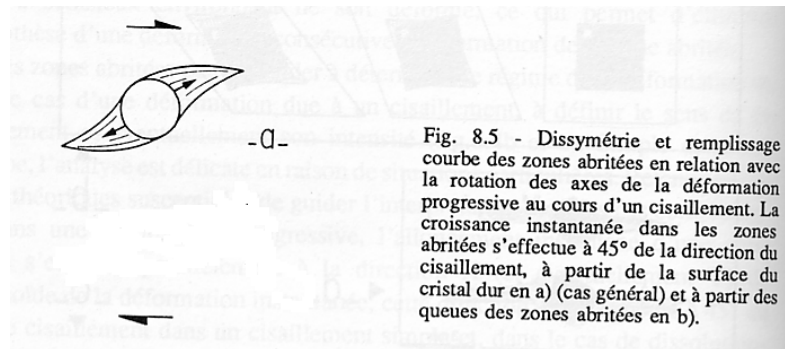
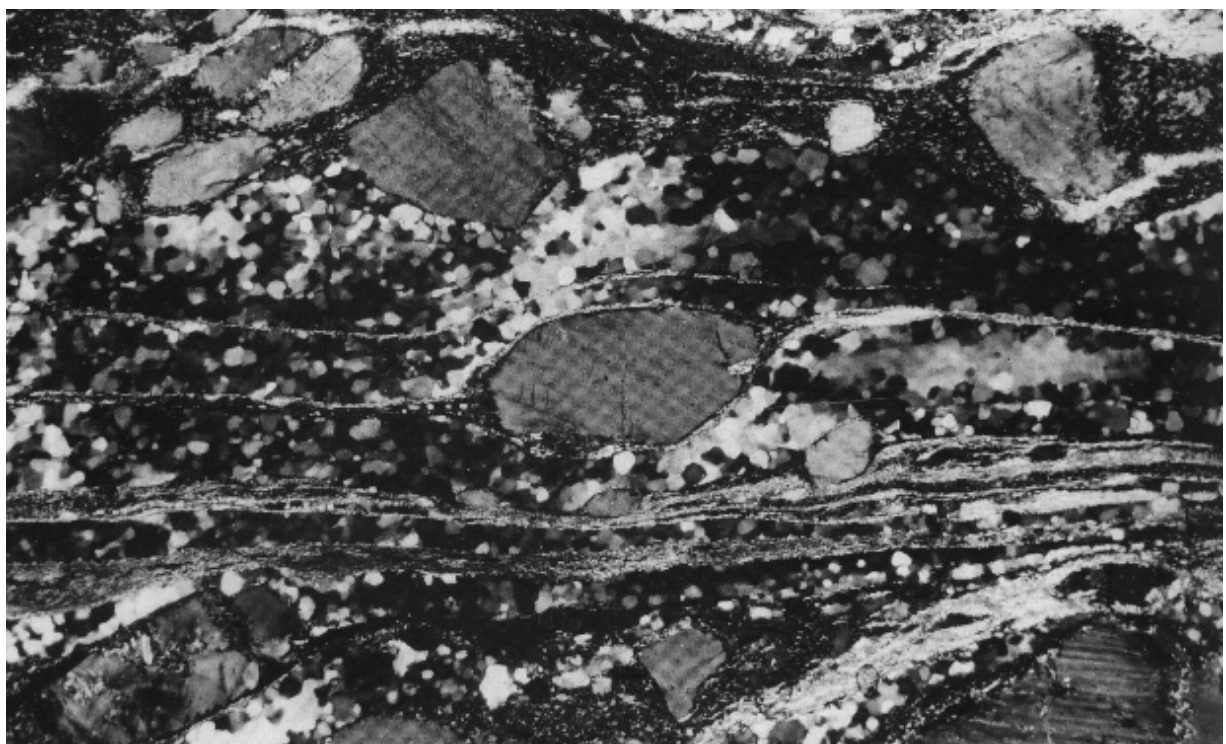


Fig. 8.5 - Dissymétrie et remplissage courbe des zones abritées en relation avec la rotation des axes de la déformation progressive au cours d'un cisaillement. La croissance instantanée dans les zones abritées s'effectue à 45° de la direction du cisaillement, à partir de la surface du cristal dur en a) (cas général) et à partir des queues des zones abritées en b).

Déformation des minéraux: les sigmoïdes



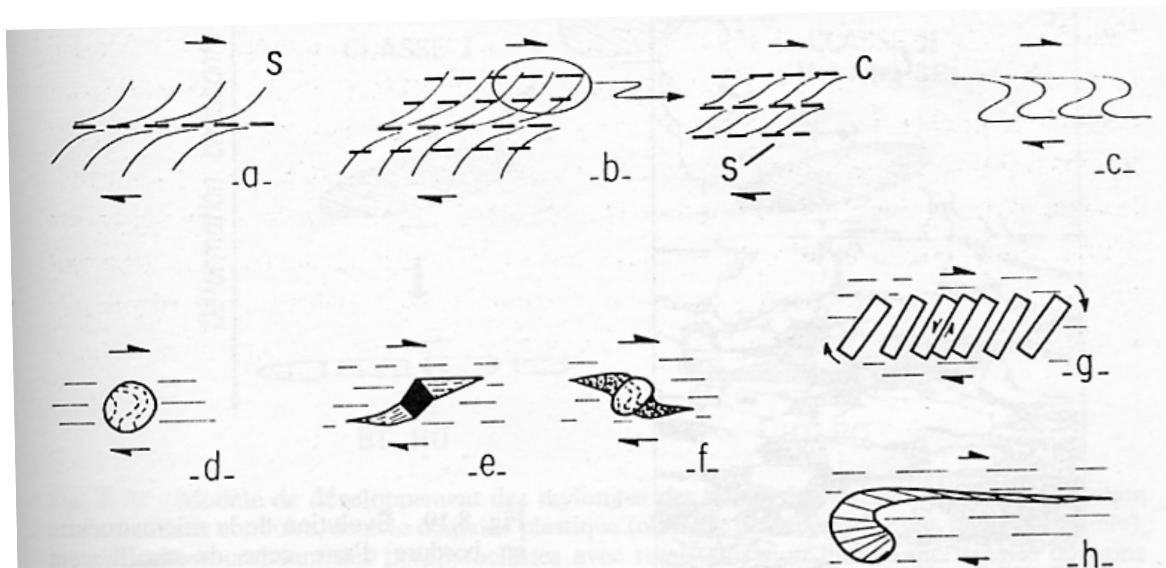
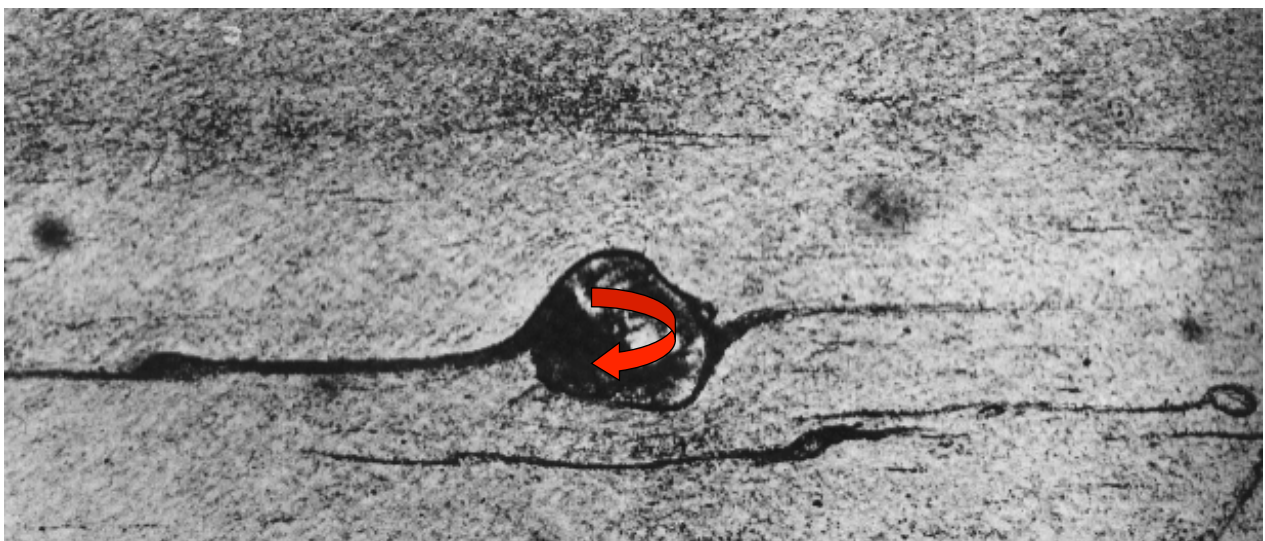


Fig. 8.18 - Critères de cisaillement dans des structures déformées de façon hétérogène; traits fins : foliation; tirets épais : plan de cisaillement. a- Disposition sigmoïde de la foliation. b- Intersection foliation S et plans de cisaillement discontinus C : aspect fuselé caractéristique. c- Déversement de petits plis d'entraînement. d- Porphyroblastes à inclusions hélicitiques. e- Cristallisation en zones abritées (minéraux fibreux ou lamellaires, parfois courbes mais non déformés). f- Ombres de pression (minéraux déformés). g- Etirement d'un porphyroclaste avec cisaillement inverse, pull-apart et rotations. h- Porphyroclaste en cornue (partant d'une orientation de blocage pour le cisaillement imposé, le cristal subit une flexion qui permet à la partie supérieure de glisser librement; voir §7.5.2. et Fig. II. 18).

Figures de rotation des clastes



quartzite mylonitique

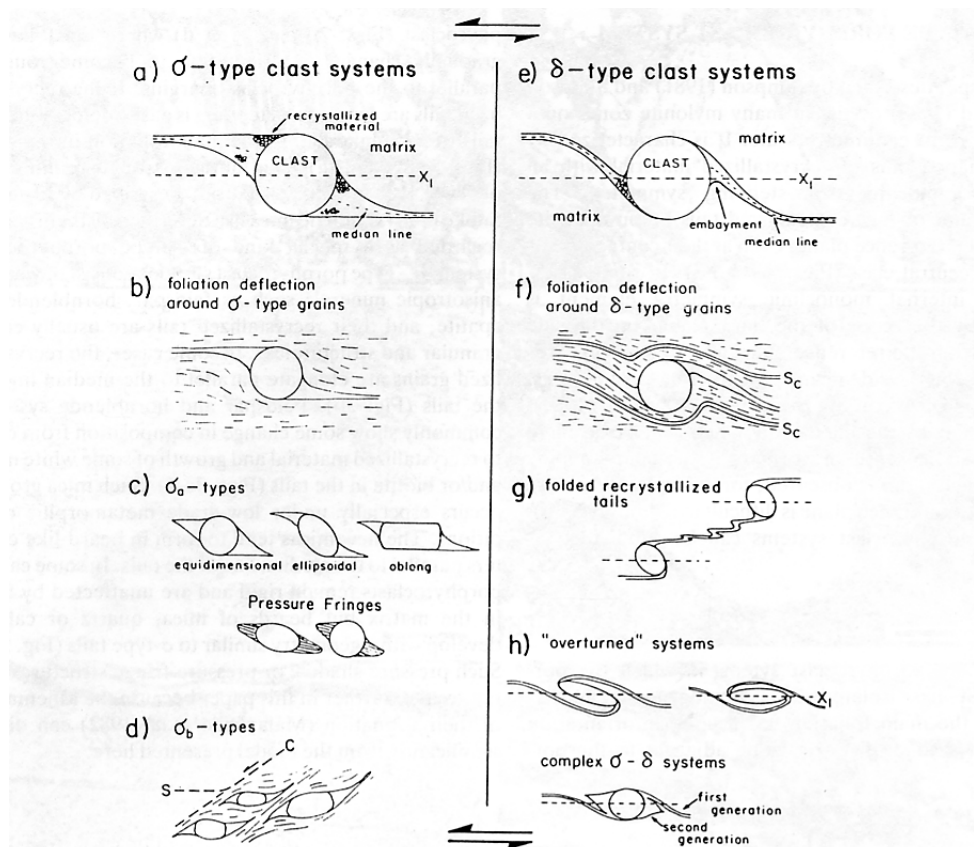


Fig. 2. Classification of porphyroblast systems with sinistral sense of vorticity. (a) σ -Type system. (b) Foliation deflection around σ -type systems. (c) σ_a -Type (equidimensional, ellipsoidal, oblong); pressure fringes. (d) σ_b -Type in S-C mylonites. (e) δ -type system. (f) Foliation deflection around δ -type systems. S_c , compositional layering. (g) Folded recrystallized tails. (h) Complex and overturned δ -type systems.

