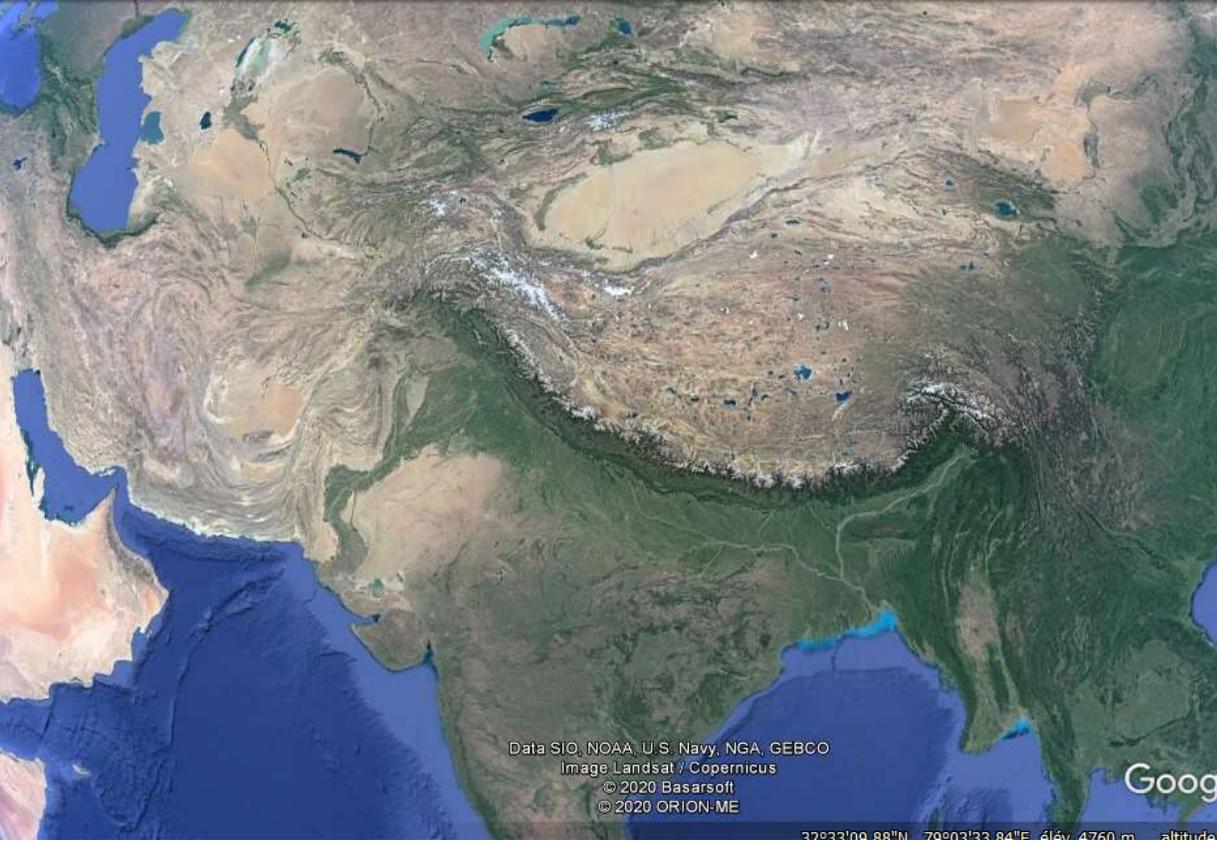


Les objets de la déformation



Des preuves d'une mobilité verticale en Scandinavie



2 Comparaison du rivage actuel et du rivage il y a 5 000 ans en Scandinavie. Dans le golfe de Bothnie, des vestiges archéologiques du peuplement d'étroites bandes côtières ont mis au jour. Les restes les plus anciens (5 000 ans av. J.-C.) sont localisés 150 m au-dessus du niveau de la mer. Ceux datant de 1 700 ans av.J.-C. et de 500 ans av.J.-C. sont respectivement situés 30 m et 15 m au-dessus du rivage actuel.



3 Déplacement vertical moyen actuel de différentes stations GPS en Scandinavie. Le système GPS permet de suivre au jour le jour la position de stations permanentes et de mettre en évidence leurs déplacements.



Exemple de paléoplage scandinave (Planet Terre)

Remontée du bouclier scandinave due au délestage de la surcharge glaciaire (Schaaf. A. et coll. « Sciences de la Terre et de l'Univers », Vuibert Ed.)

Glaciation : formation d'une calotte glaciaire



Lithosphère élastique

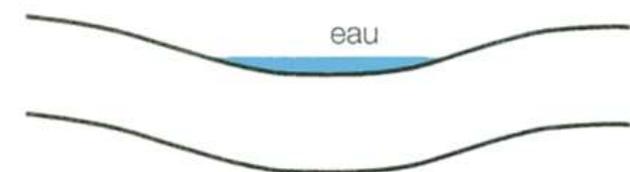
Asthénosphère visqueuse



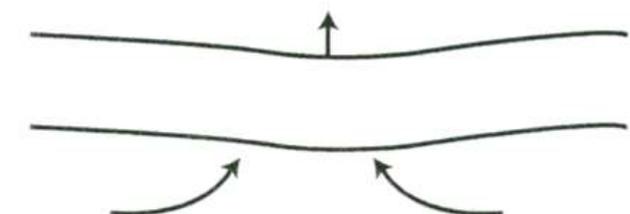
Déformation de la lithosphère sous la surcharge glaciaire



Fin de glaciation : fonte des glaces



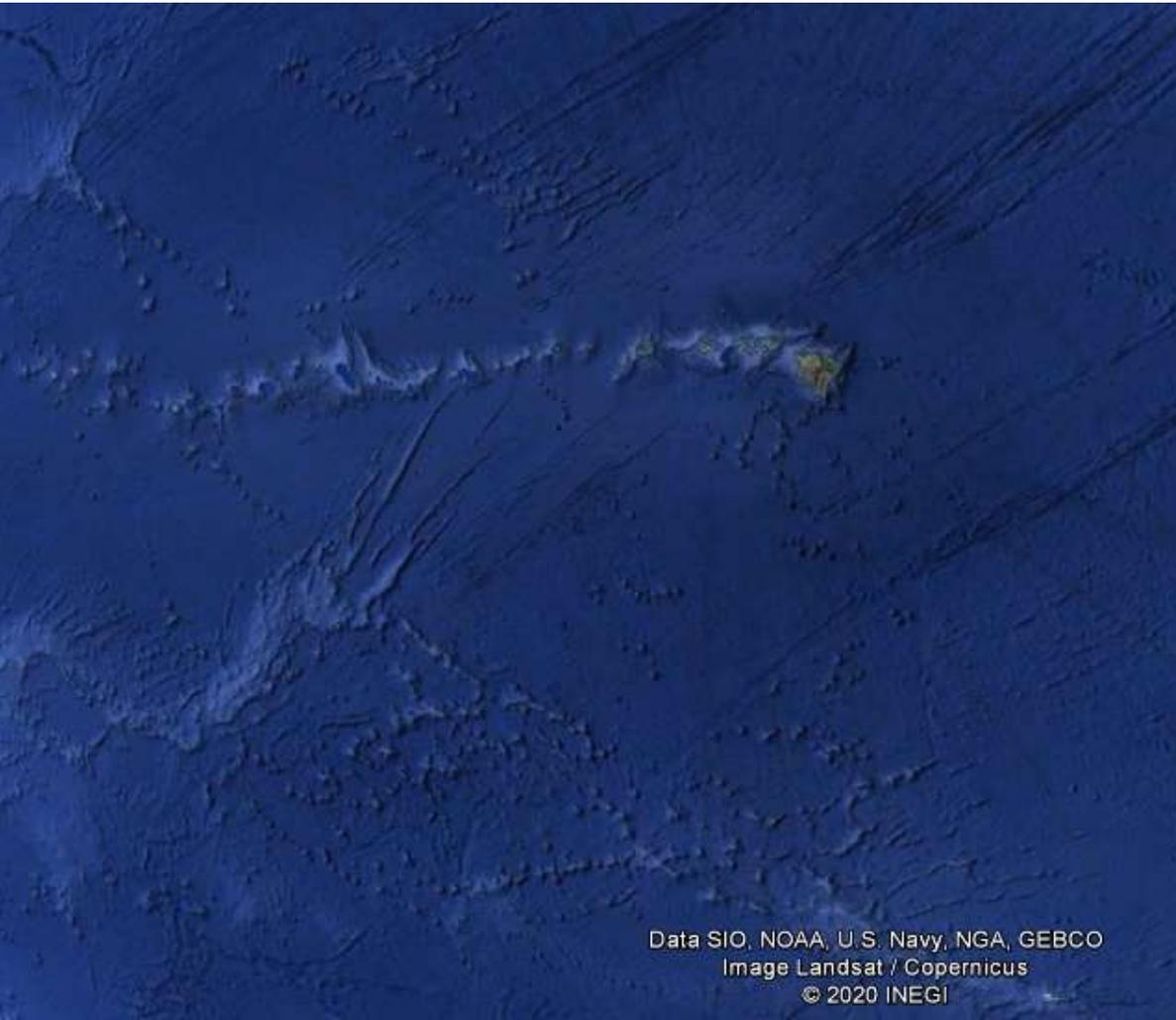
Rebond avec retard de la lithosphère





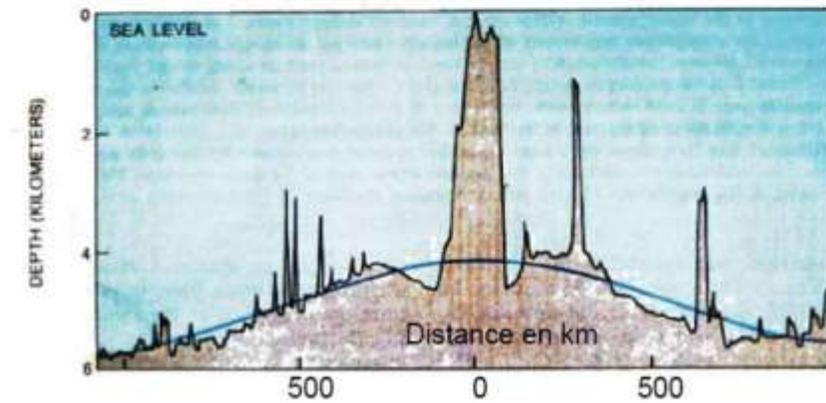
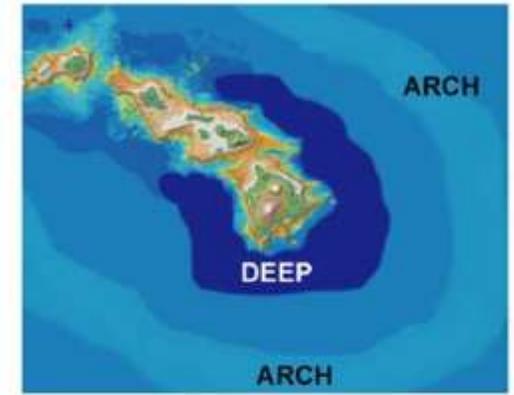
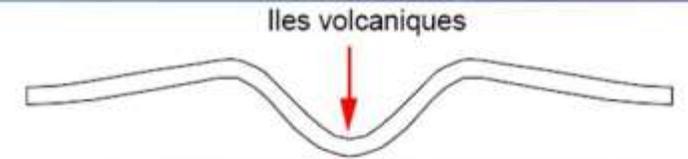
Photographie : Jukka Marttinen sur panoramio

2. Flexure au niveau des îles volcaniques Ex point chaud d'Hawaï

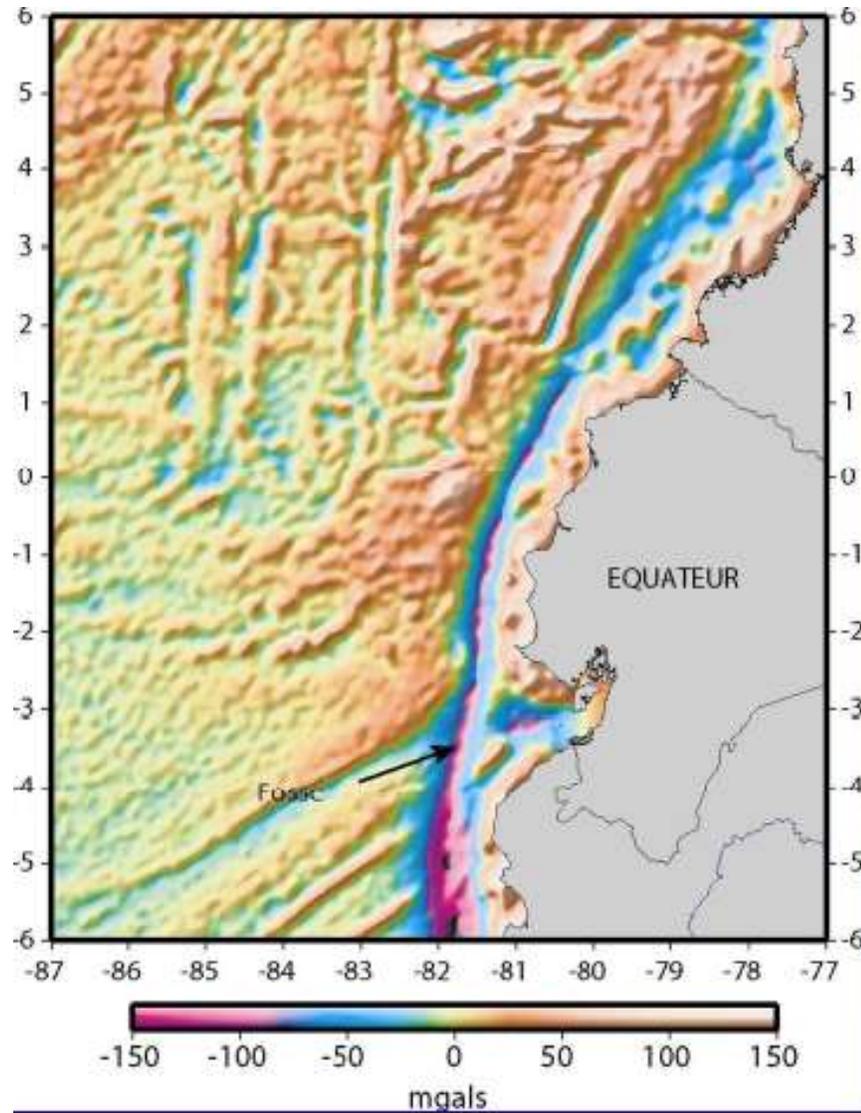


Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
© 2020 INEGI

Flexure de la lithosphère Compensation régionale



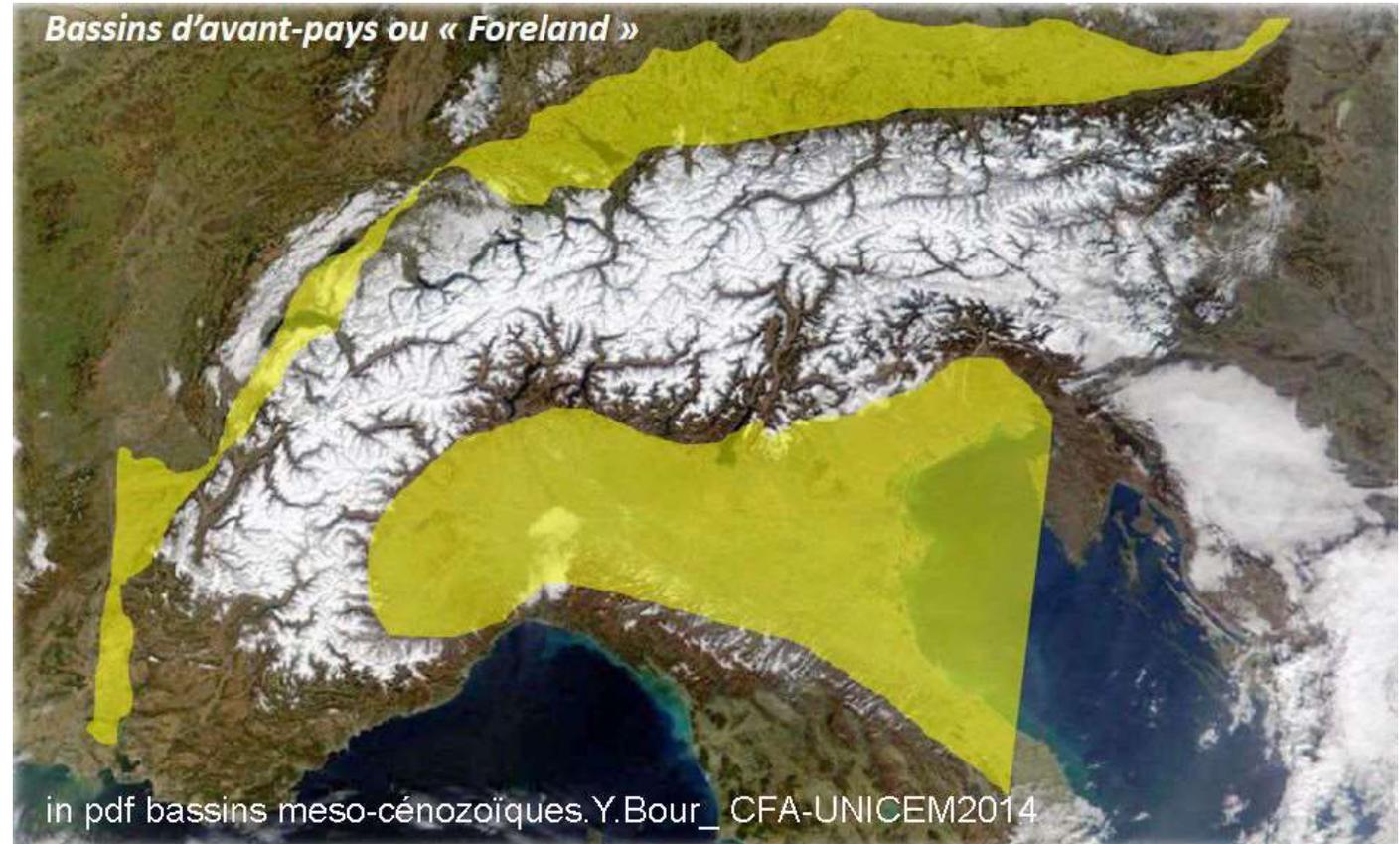
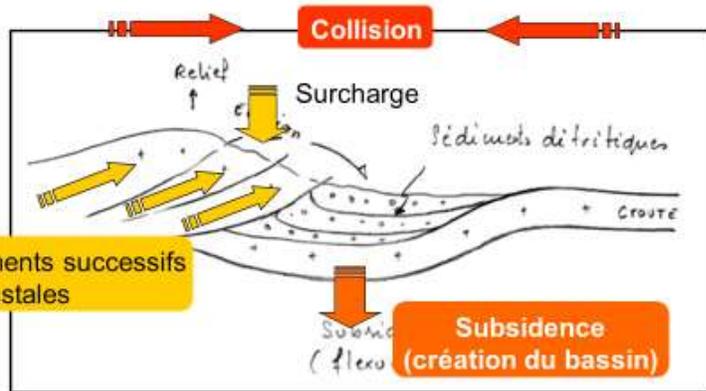
3. Bombement au niveau des zones de subduction.



Anomalie gravimétrique au niveau de l'équateur (déduite des données satellitales)

4. Bassins flexuraux:

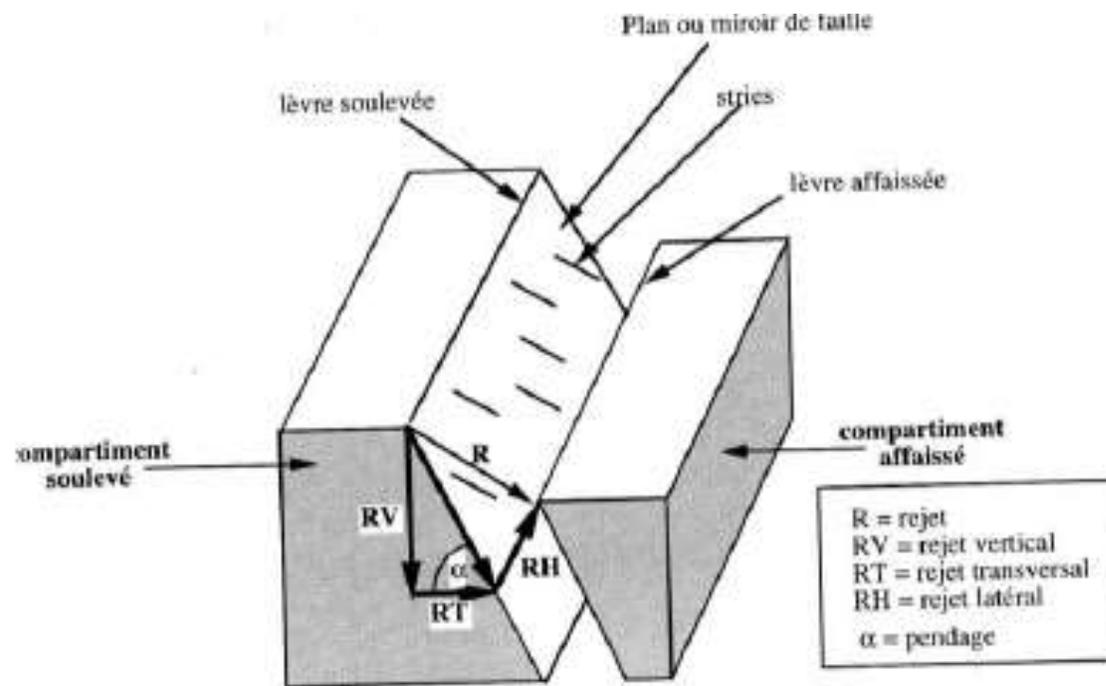
Genèse



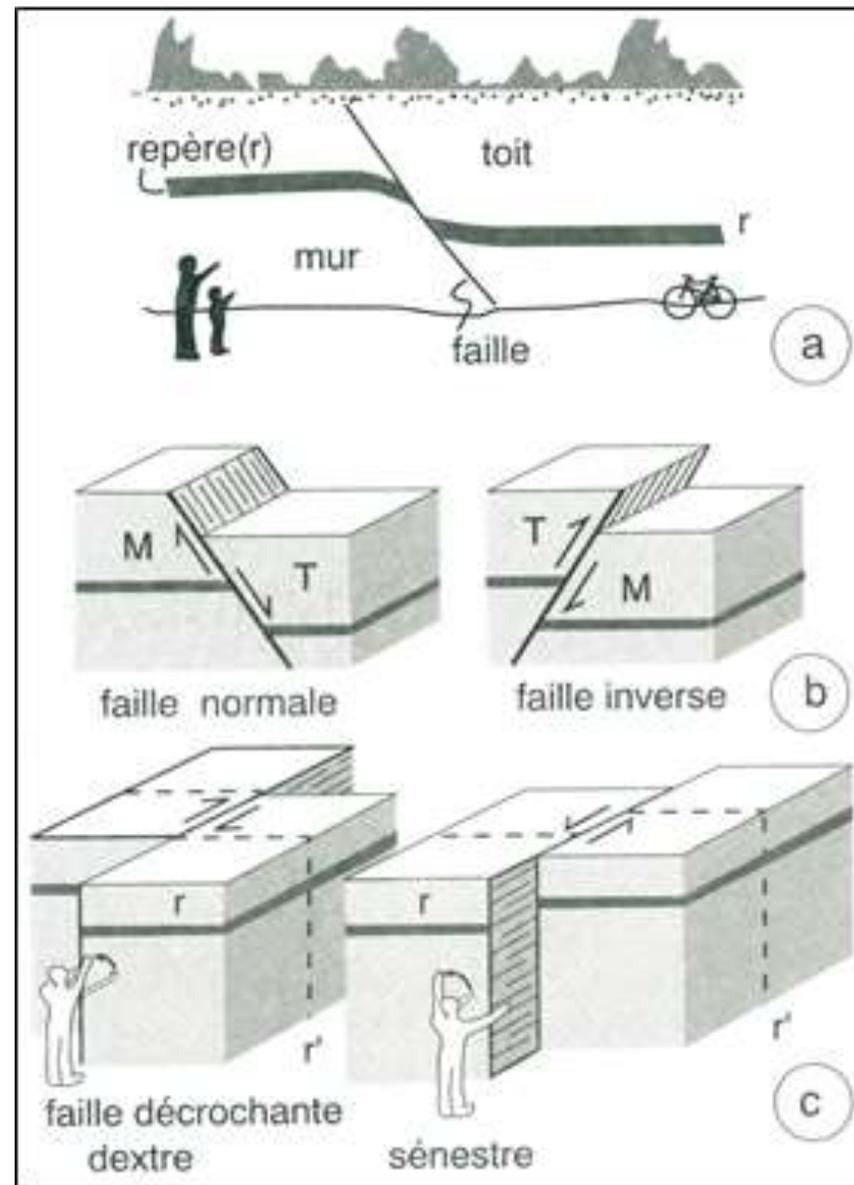
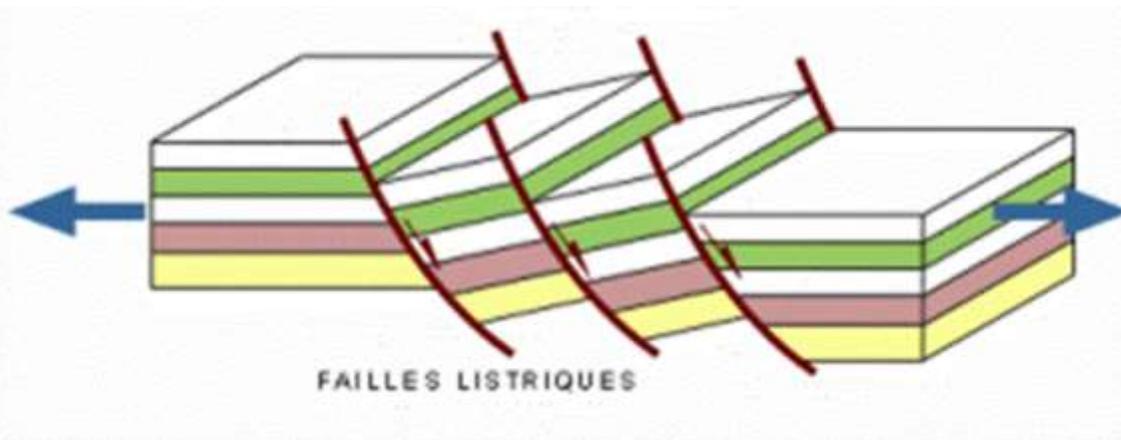
CC: importance des données géodésiques pour caractériser le comportement élastique de la lithosphère

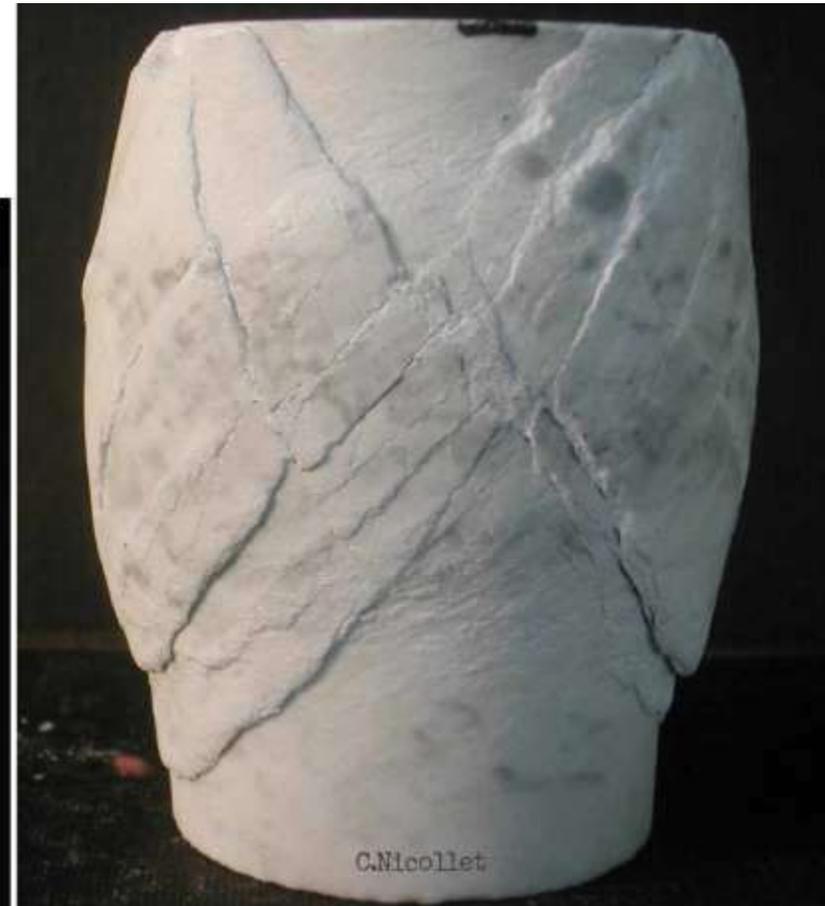
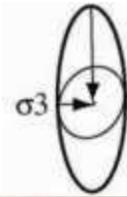
Des déformations observables sur le terrain : plis et failles (on se place ici à l'échelle locale ou régionale)

1. Dans le domaine fragile (cassant) : les failles

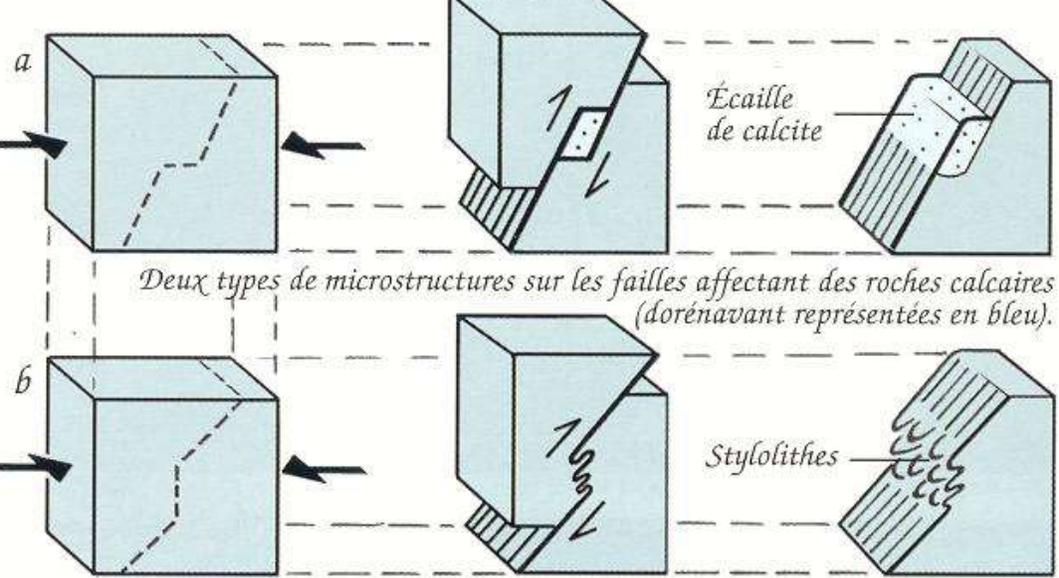


a. Diversité des failles





Exemple de failles conjuguées apparaissant après « écrasement » d'un cylindre de marbre (C. Nicollet)

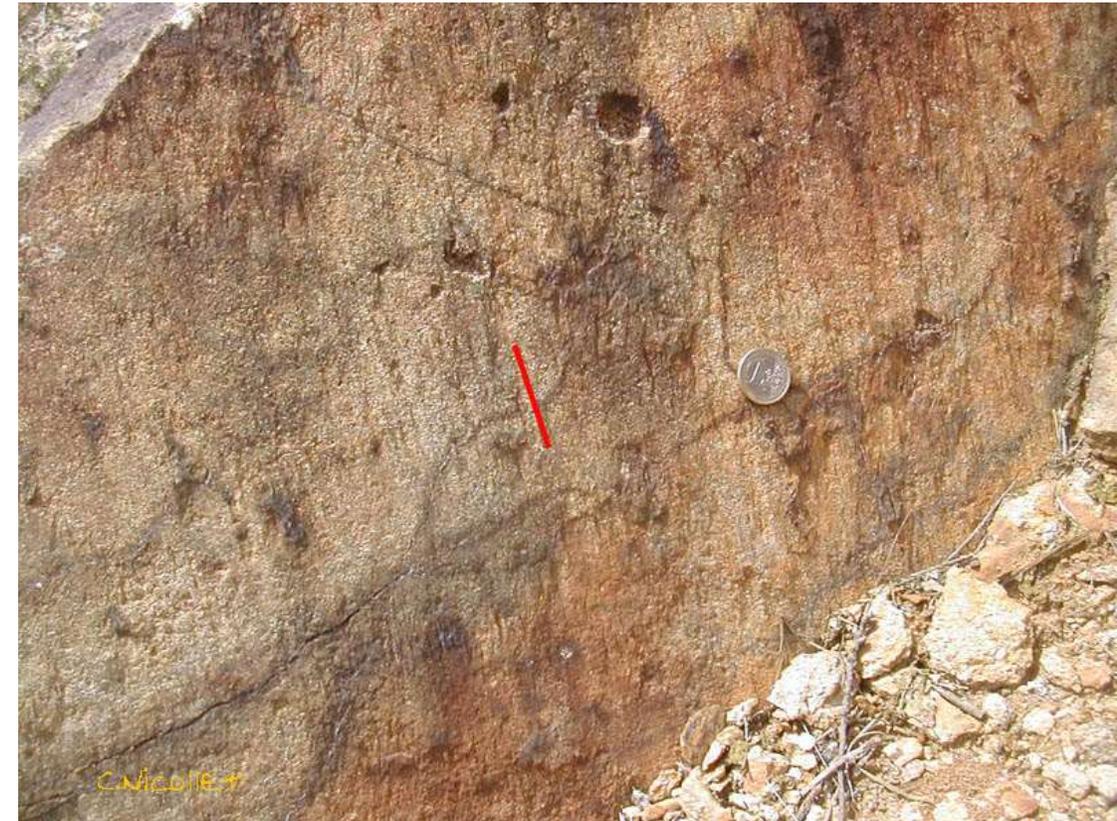


Deux types de microstructures sur les failles affectant des roches calcaires (dorénavant représentées en bleu).

b. Les failles enregistrent des marqueurs du mouvement



Stries et tectoglyphes: le compartiment manquant est descendu!
[Voir l'animation](#)



Stries sur un miroir de faille

Les crochons

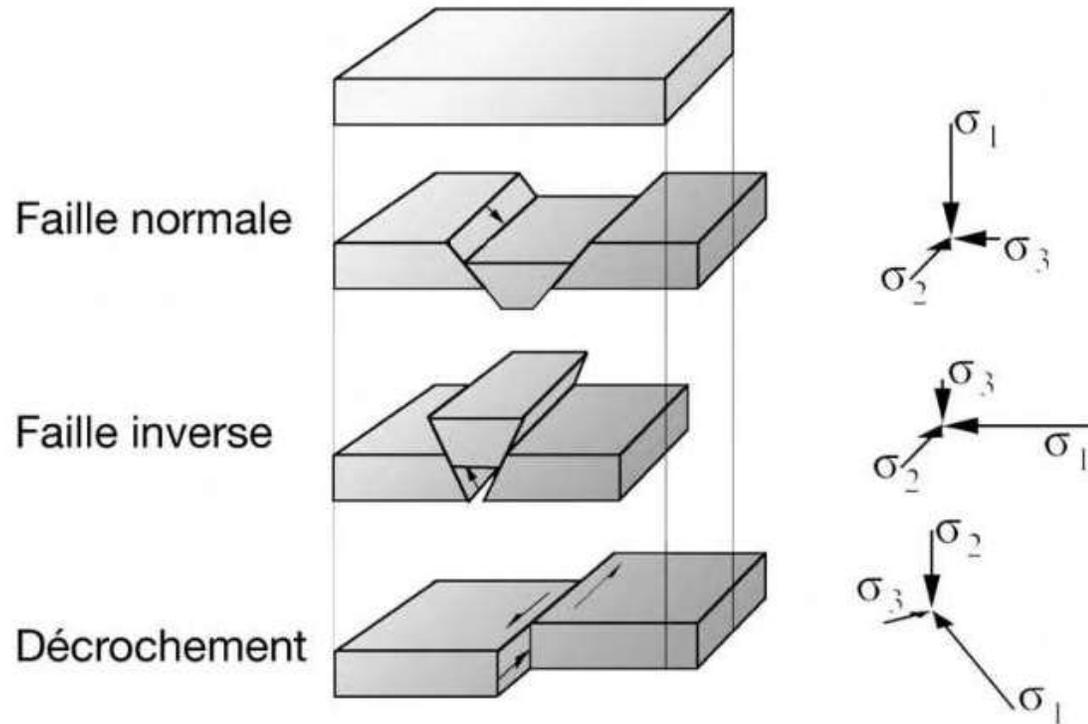


Photographie : Pierre Thomas



Photographie : Pierre Thomas

c. La relation avec les contraintes est identifiable

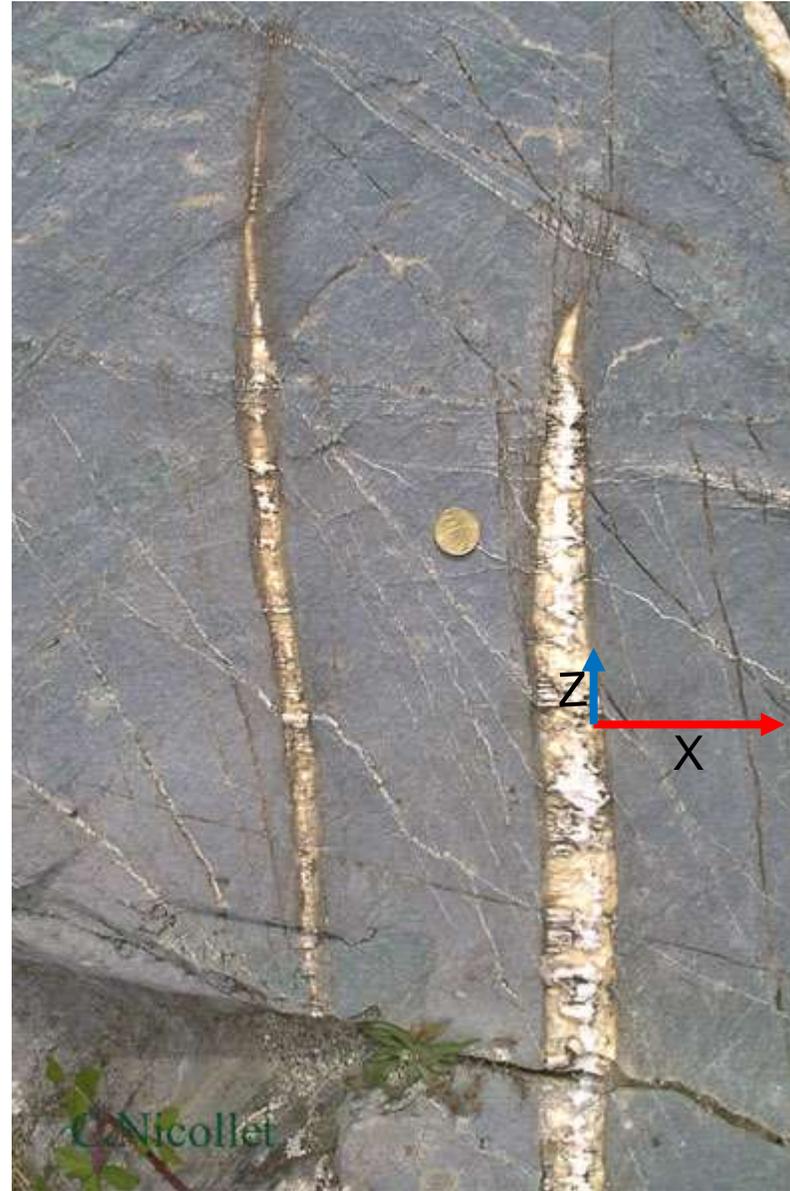


Etat des contraintes sur les 3 types de failles

Les **stylolithes**: digitations par lesquelles 2 compartiments s'interpénètrent indiquent la direction de la contrainte max (sens du stylo)



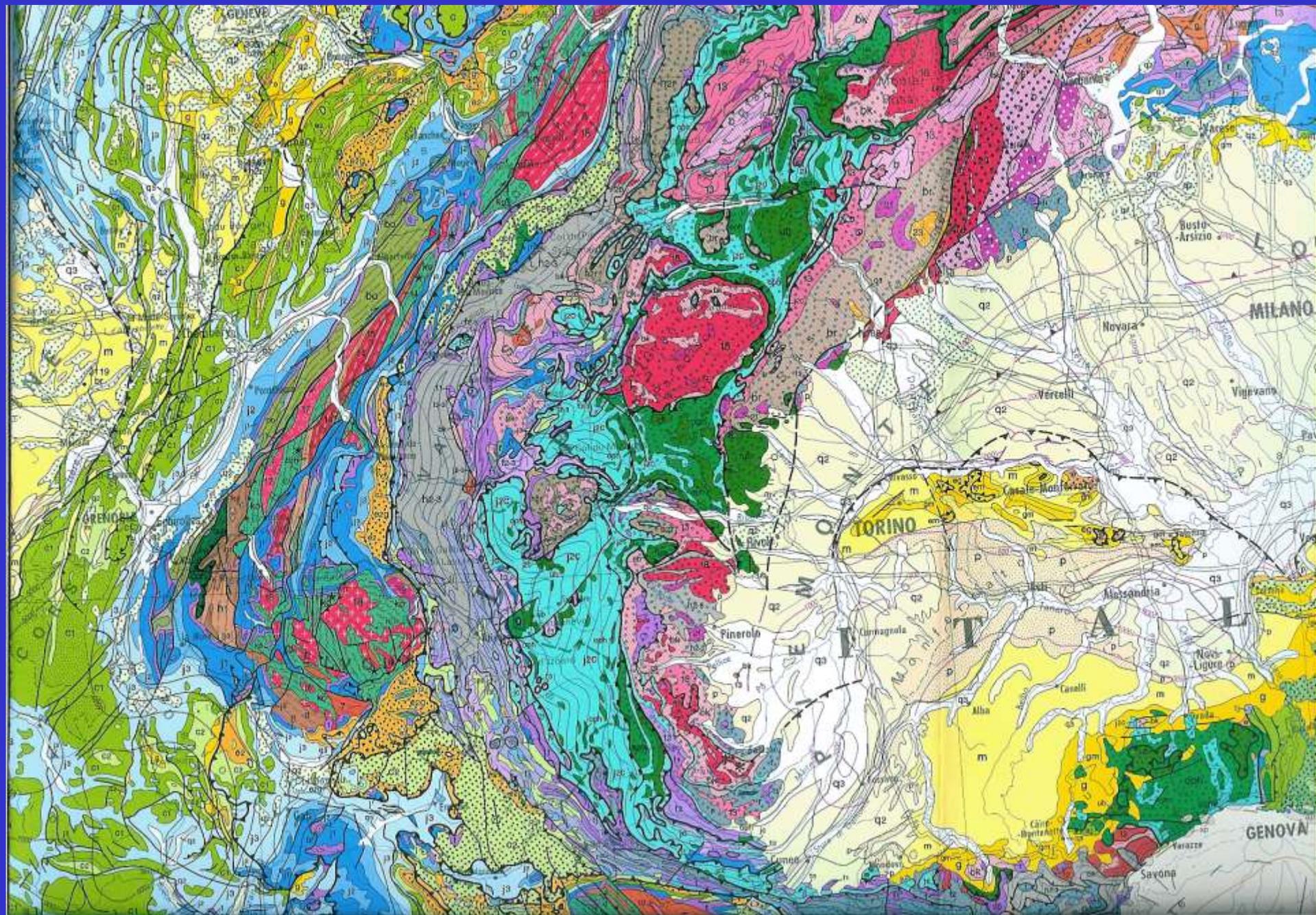
Les fentes de tension



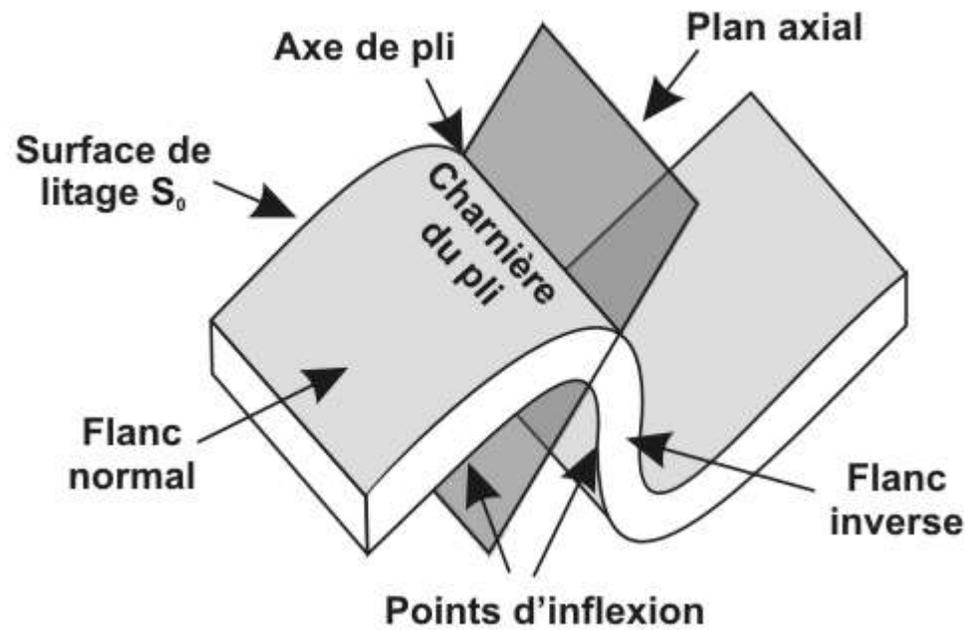
Fentes de tension dans un calcaire, les fentes de tension sont ici remplies de calcite

d. La déformation fragile visible sur la carte au millionième

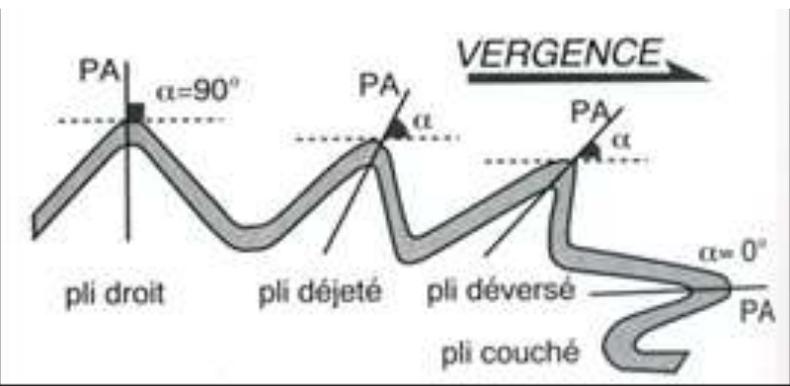
CARTE GEOLOGIQUE DES ALPES OCCIDENTALES



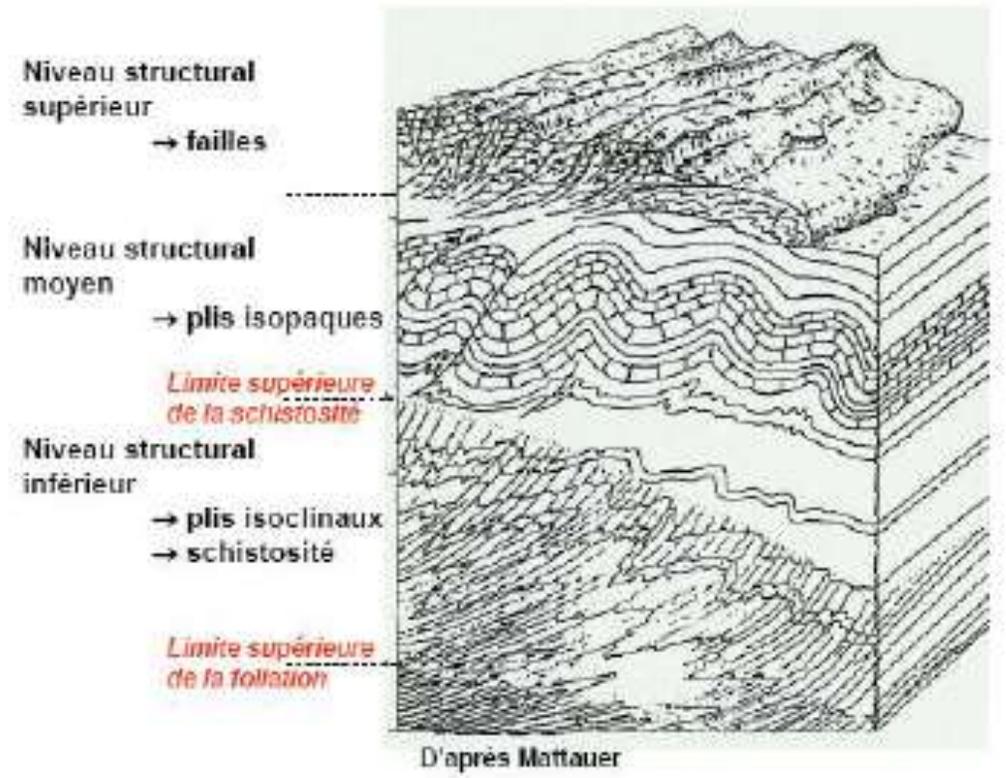
2. Les plis, des déformations continues, hétérogènes



Éléments de nomenclature d'un pli

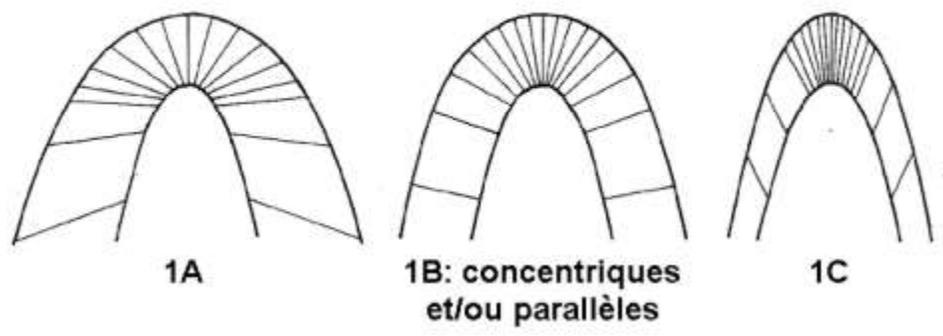


Diversité des plis d'après le pendage du plan axial



Diversité des plis d'après l'épaisseur des couches

Classe 1: isogones convergents



1. Plis **isopaques** (l'épaisseur des couches est constante)



Pli isopaque

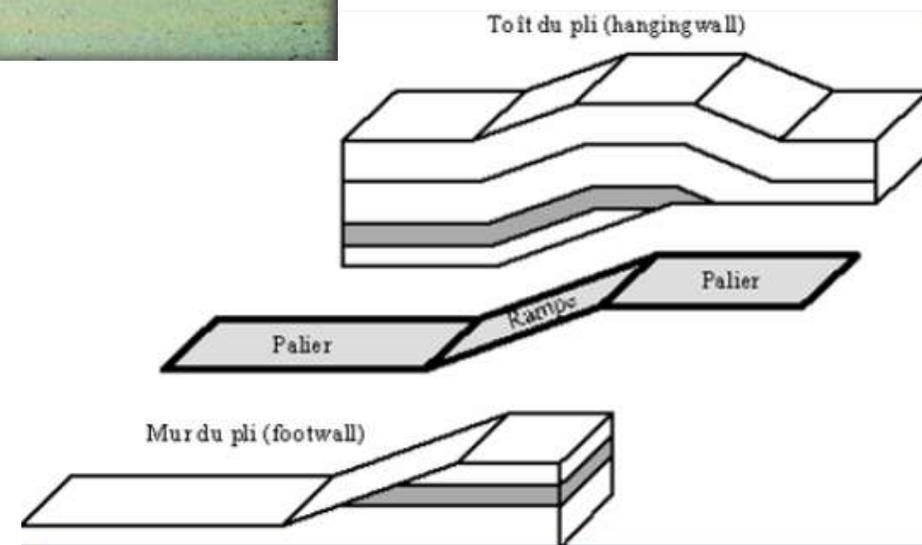
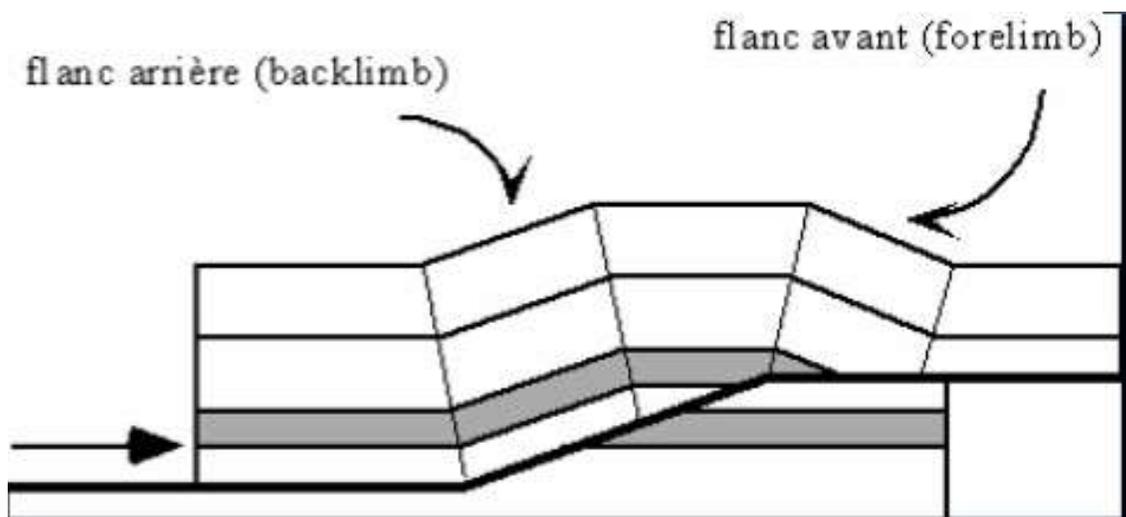


Photographie Alain Lemarié

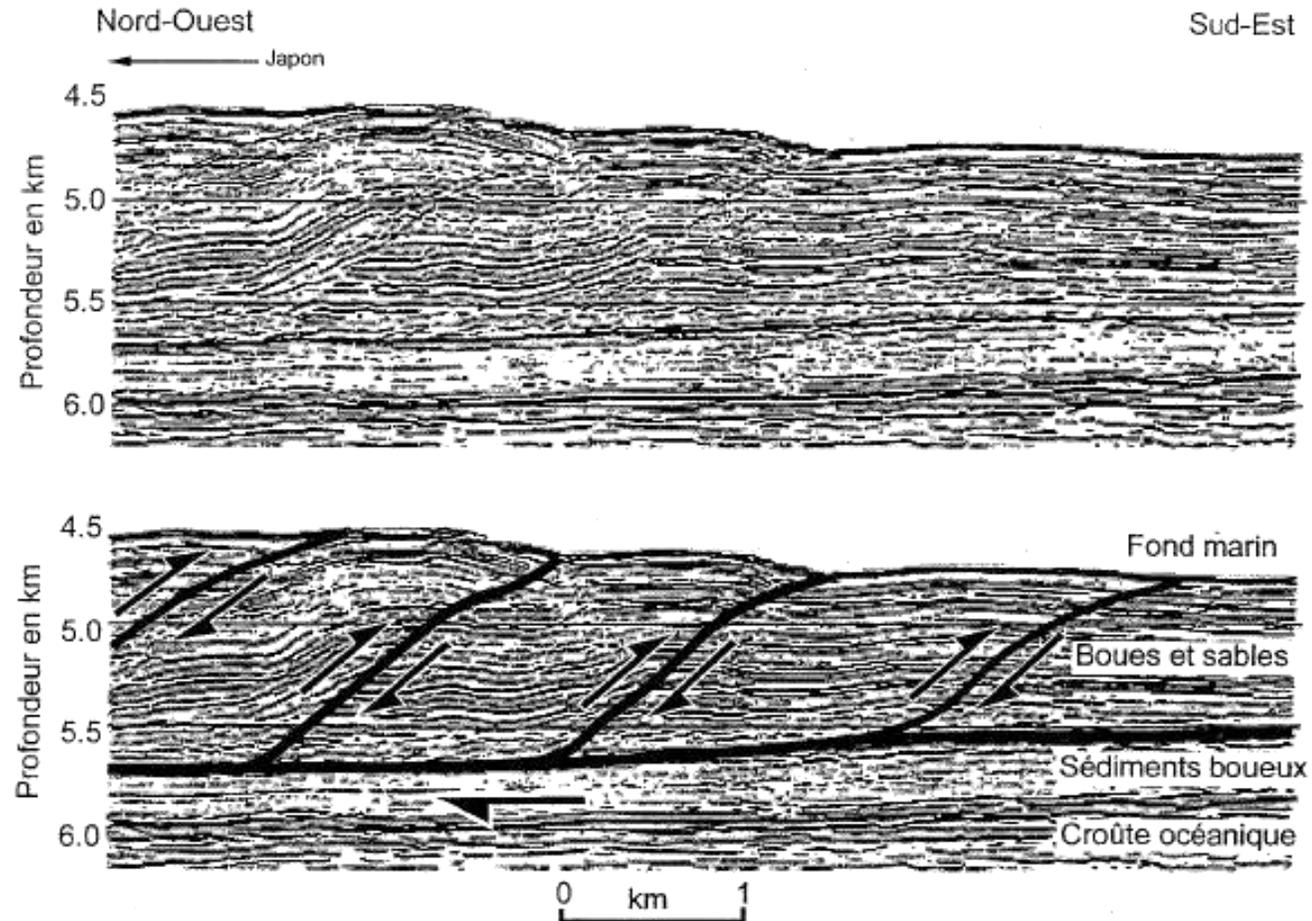
Plis anisopaques dans le
Valais suisse

Pli de rampe

Photo et interprétation Yvan Bour
(université de Bourgogne)



Profil sismique réflexion du prisme de Nankai (Japon)



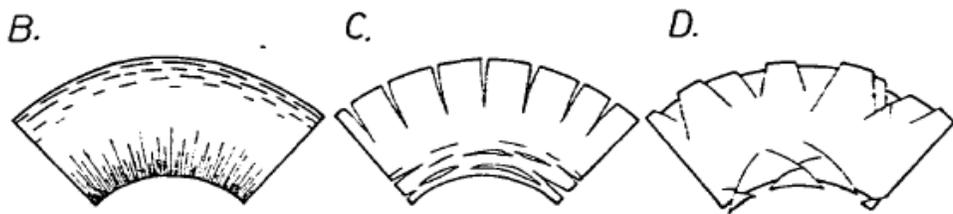


Plis dysharmoniques, liés à la différence de compétence des roches formant la stratification initiale S_0 .

2. Plis anisopaques



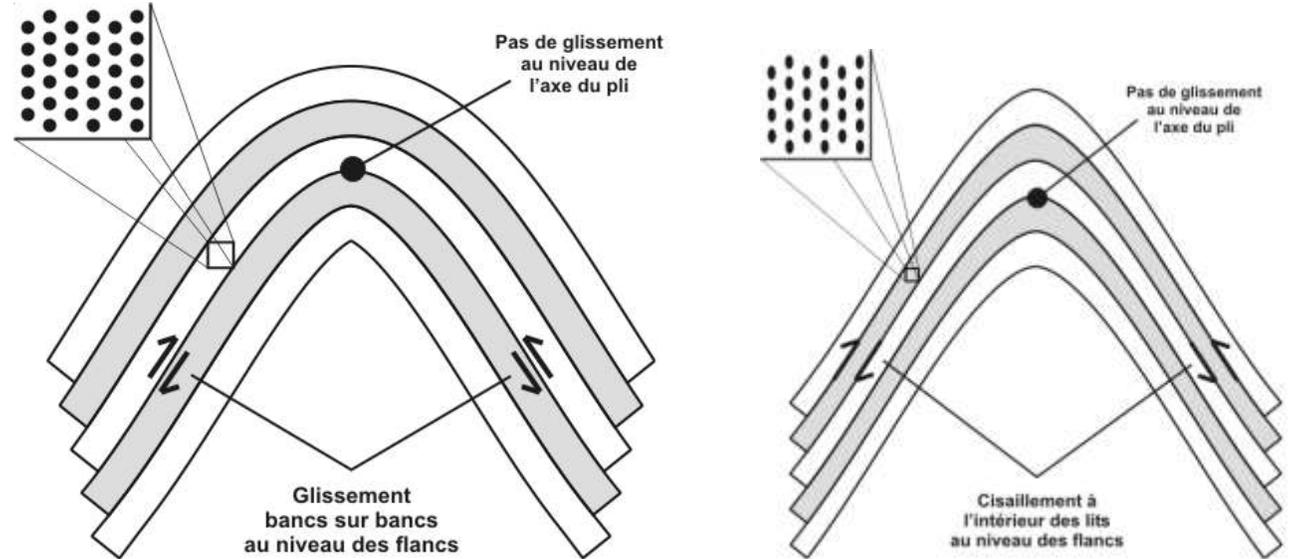
b. Mécanisme de formation des plis



La charnière concentre la déformation: on observe des structures extensives à l'extérieur (extrados) et compressives à l'intérieur (intrados)

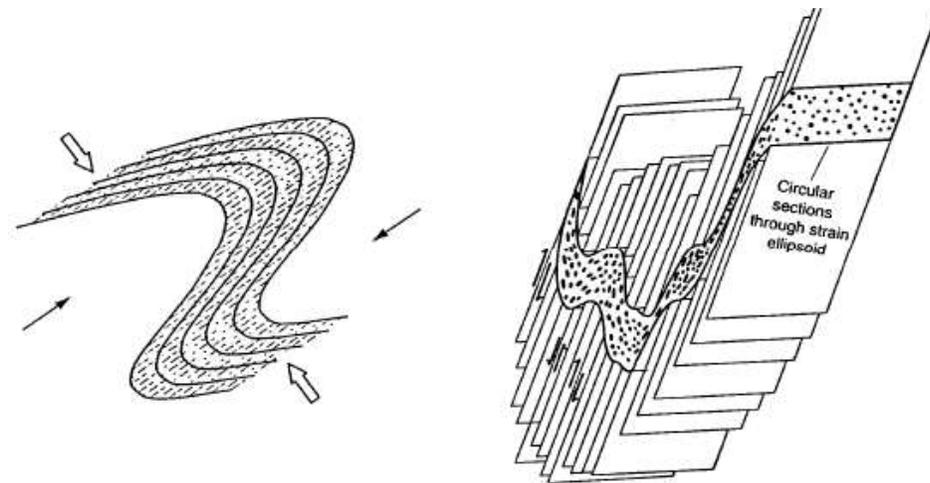
Plis à déformation de charnière

Plis à déformation de flanc; dans ce cas la déformation se concentre sur les flancs ou opère un cisaillement simple

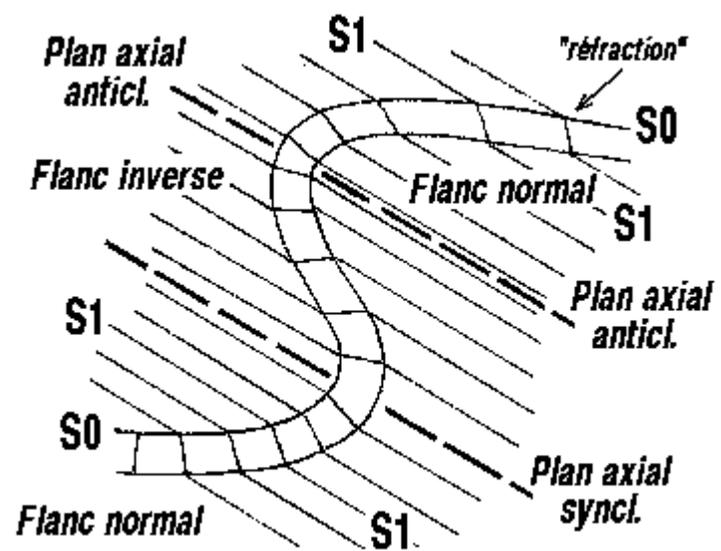


- Plis anisopaques

Ils se forment non pas par flambage mais par cisaillement simple. Ces plis sont alors marqués par l'apparition d'une **schistosité**



c. Relation pli/schistosité



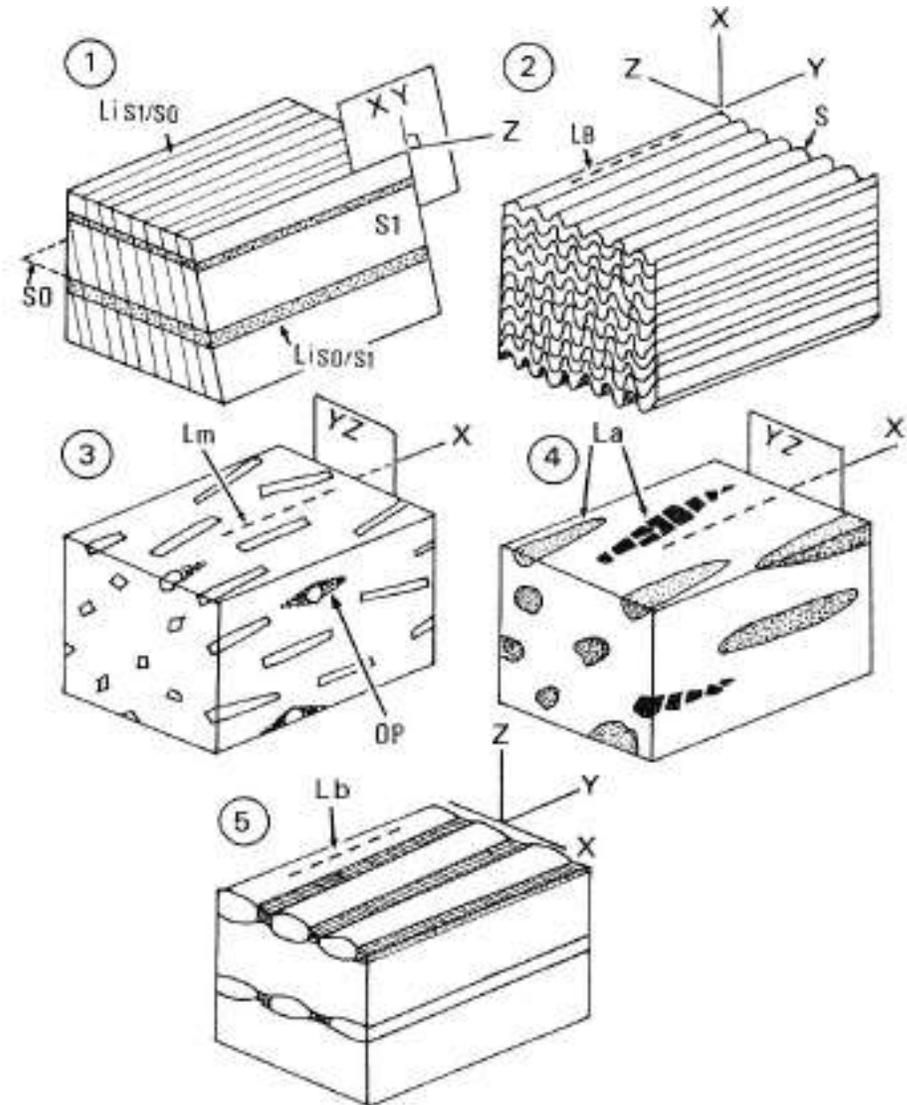
Pli et schistosité de plan axial

photo Alex Clamens



3. Des déformations observables sur des échantillons et lames minces : les microstructures de déformation

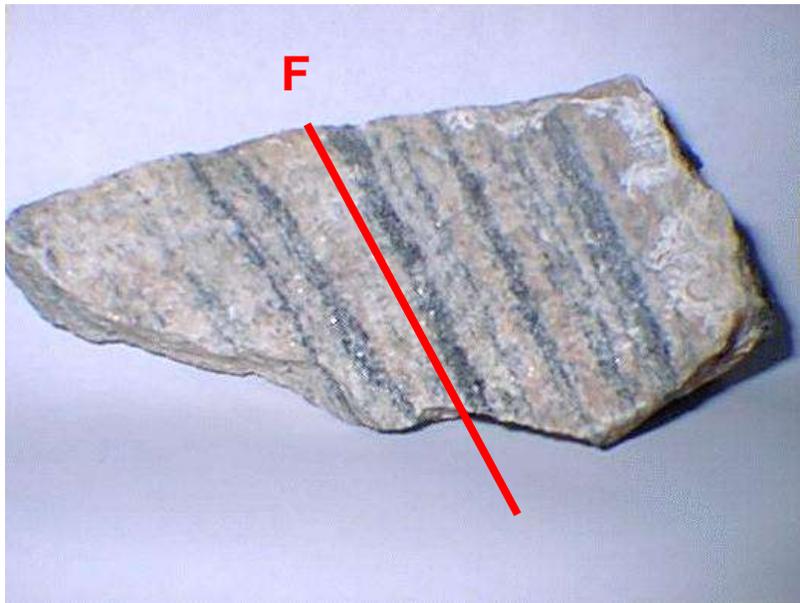
a. Schistosité, linéation et foliation



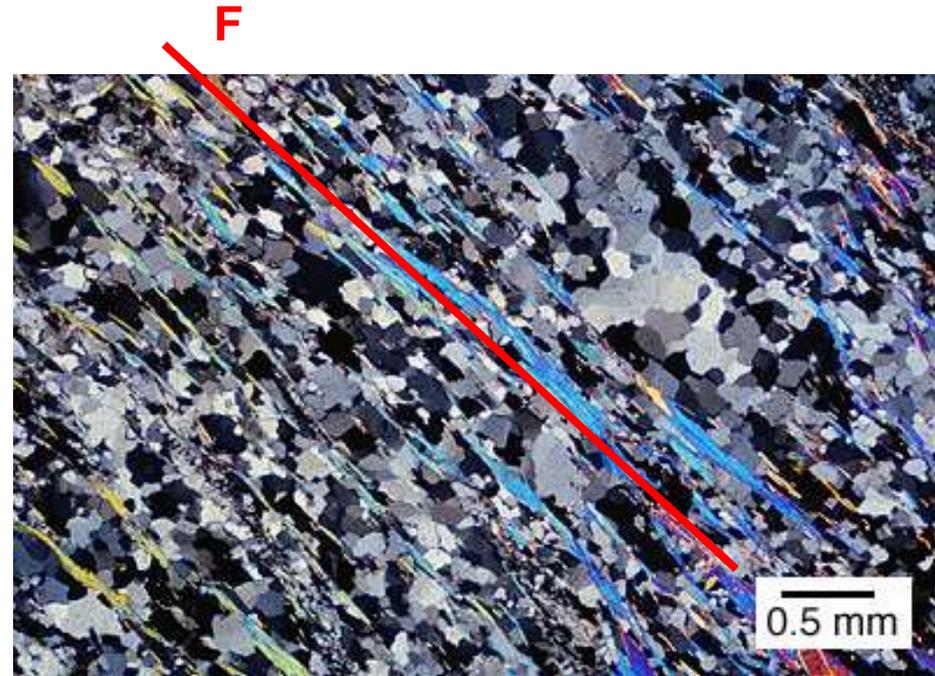
Linéation d'étirement dans un gneiss



LA FOLIATION ET LA CRISTALLISATION DES MINERAUX DU METAMORPHISME



Observation macroscopique
Ech: 10 cm



Observation microscopique
en LPA

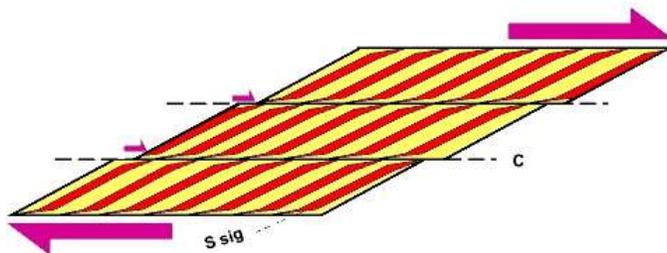
Exemple d'un gneiss

Foliation: (attention au faux amis: foliation = schistosity) est une schistosité soulignée par la cristallisation ou recristallisation de minéraux de métamorphisme)

b. Structures C/S



Déformation par cisaillement simple
Déformation importante, partiellement discontinue :
plans C et schistosité sigmoïde



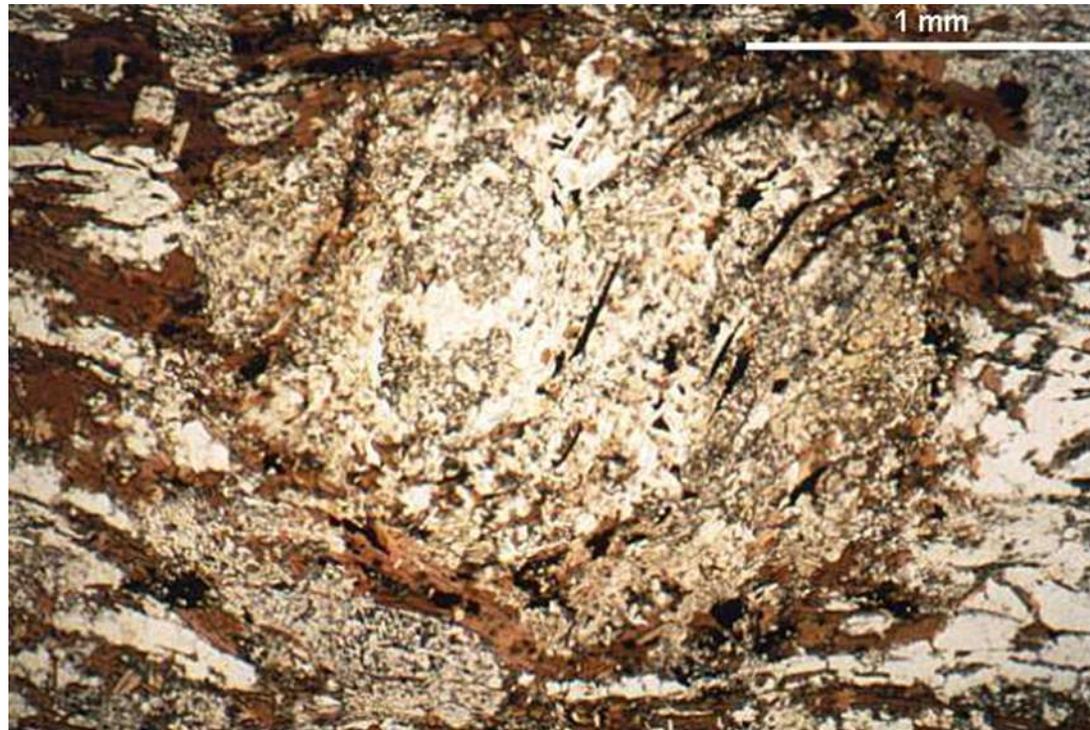
S sig = plan d'aplatissement cisailé = schistosité sigmoïde
C = plan de cisaillement

Les structures C/S, des figures de la déformation non coaxiales
Photos et interprétation P. Thomas

c. Ombres de pression et minéraux hélicitiques

Conclusion ?

La formation des oxydes (en noir) semble
Recoupée la schistosité



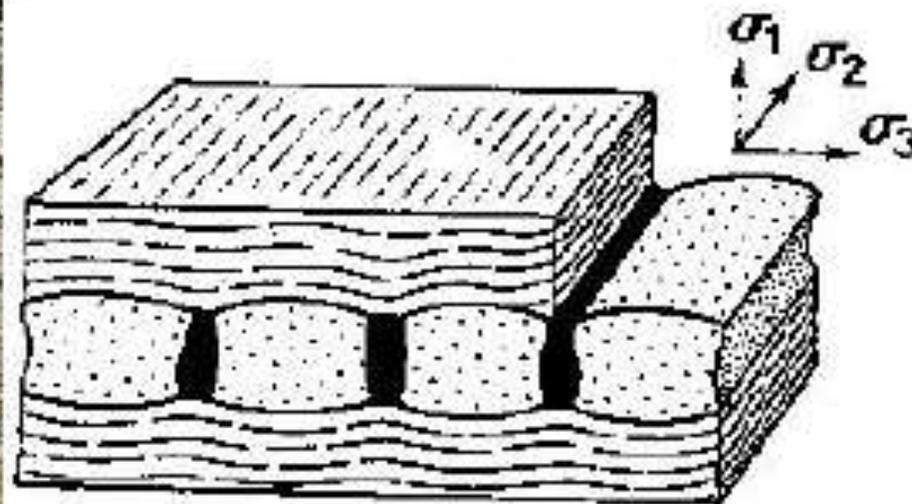


Grenat hélicitique et ombres de pression

Pour finir : quelques images
(en plus de celles vues en TP)



Boudinage: les différents matériaux constitutifs de la roche n'ont pas le même comportement



Plis anisopaques dans les méta-gabbros du Queyras



Echelle 10 cm



Echelle : 5 cm