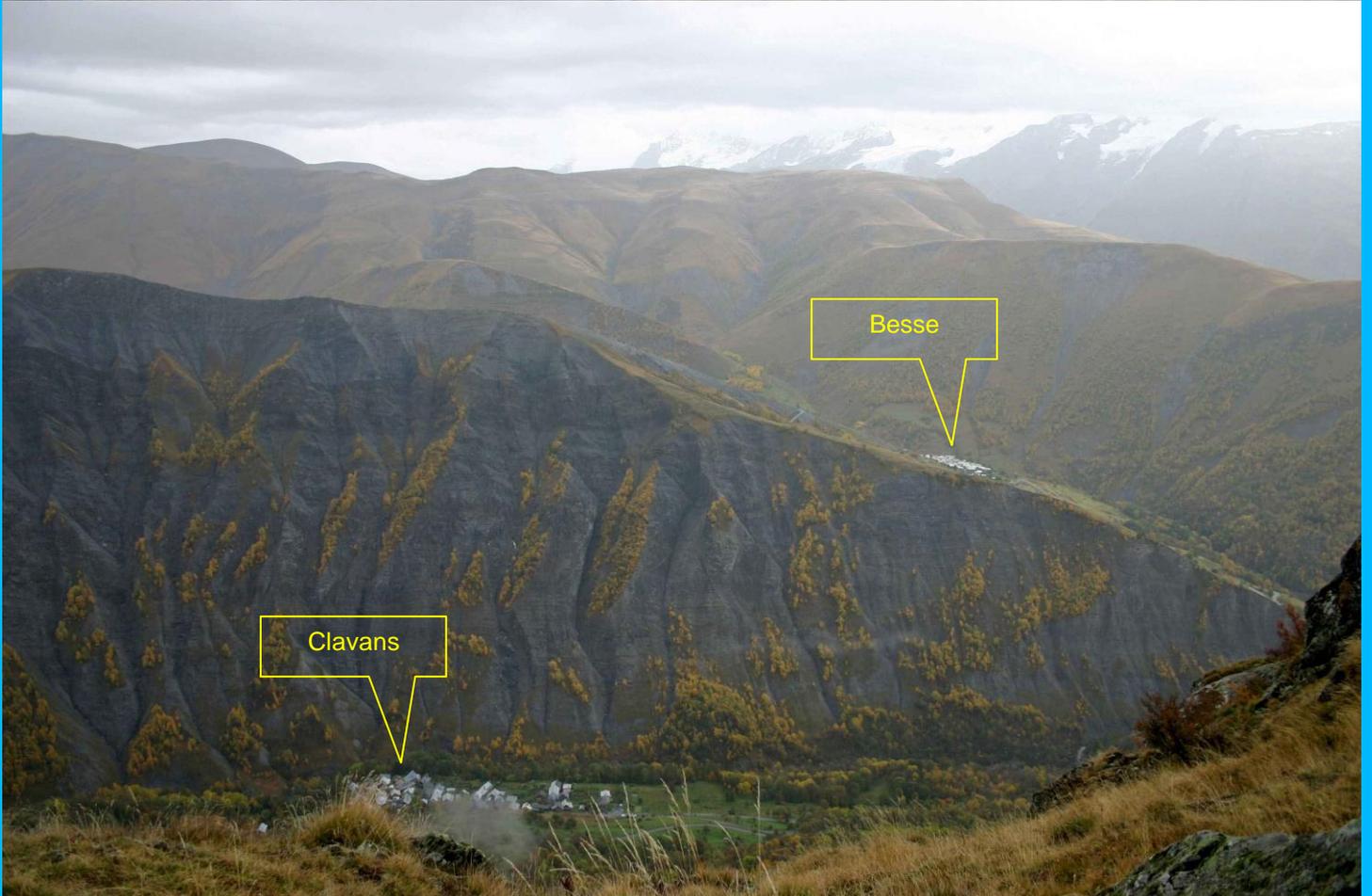


**SORTIE du 13-10-2008.**

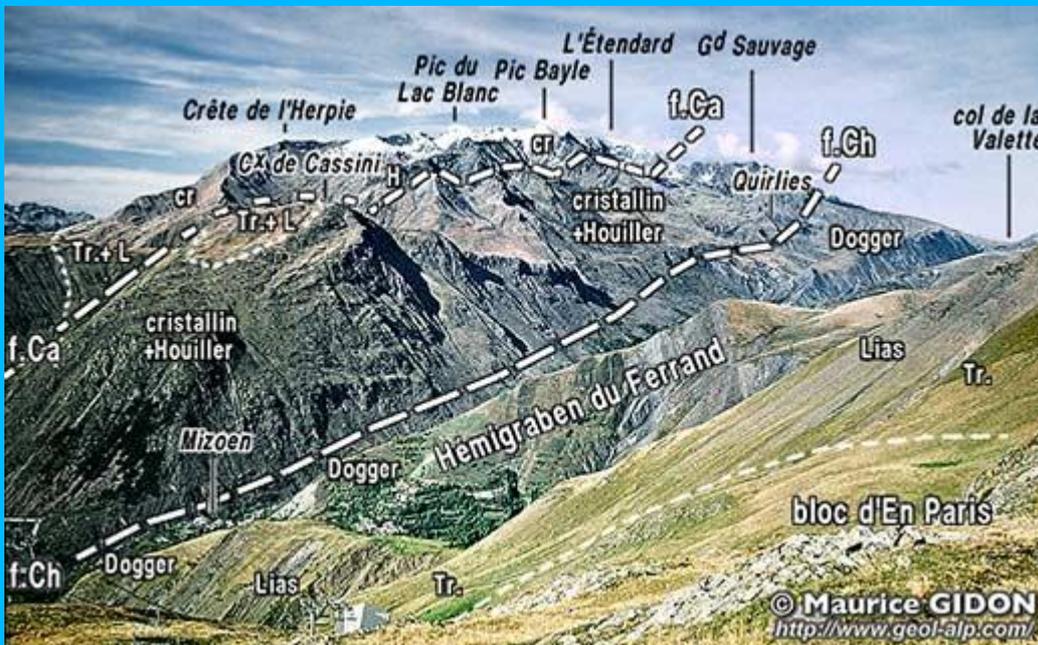
Sortie à la Croix de Cassini.

Tout renseignement sur Cassini auprès de François. Départ du col de Sarenne. Rapidement on voit la vallée du Ferrand, Clavans qui risque de se retrouver sous l'éboulement de la Croix de Cassini, et Besse.





On se trouve sur la faille orientale des Grandes Rousses.

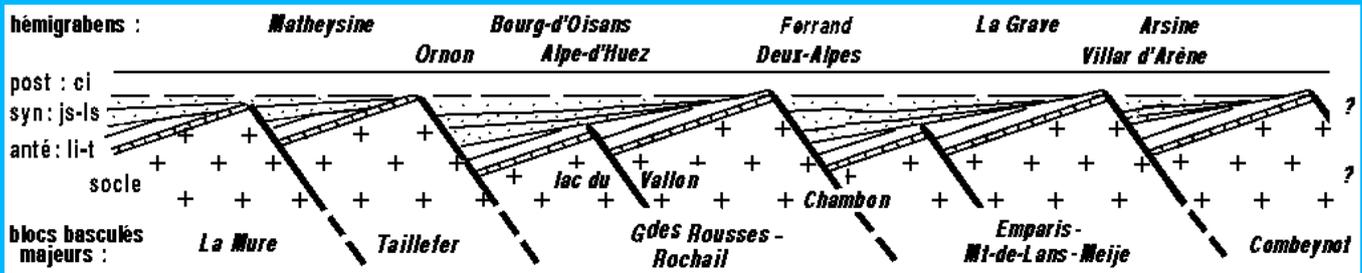


On a essentiellement des roches cristallines de la pénéplaine hercynienne + quelques couvertures dont on va parler. Du côté Clavans, Besse on a des calcaires. On retrouve le cristallin vers Emparis.

Belledonne à l'Ouest, les Grandes Rousses, Emparis : l'ensemble de blocs basculés que la surrection des Alpes a conservé malgré tout, ce qui en ferait un ensemble unique au monde, n'ayons pas peur des mots.

Schéma très simplifié du système de blocs basculés des massifs cristallins externes des Alpes au sud-est de Grenoble d'après Gidon (transversale de la vallée de la Romanche)

ci = Crétacé inférieur ; js = Jurassique supérieur ; ls = Lias supérieur ; t = Trias



Les marnes et calcaires sont les témoins du retour de la mer entre les blocs basculés (on est à l'époque où s'amorce le rift continental quand Pangée a commencé à se déchirer).

L'ensemble de cette structure est essentiellement NS. Les vallées sont également NS avec l'exception notable de la Romanche perpendiculaire à cette structure.

Si on franchit la Romanche, on trouve vers le sud le Mont de Lans qui poursuit ce massif. Par contre après le Mont de Lans on trouve 2 sommets granitiques, la Meije et Combénot qui n'ont pas leur équivalent côté nord. Il y a un décalage de l'ordre de 1000m par rapport à Emparis, avec des nappes de charriage qui ont justement buté contre la Meije et Combeynot, déjà soulevées et qui traduisent le contrecoup de la formation des Pyrénées. Entre les côtés nord et sud une grande déchirure qui a été empruntée et affouillée (et non pas creusée) par la Romanche. La partie Clavans, Mizoen, les Deux Alpes correspond au remplissage sédimentaire d'un hémigraben (on en reparlera à la fin).

Le glacier qui se trouvait dans la vallée du Ferrand a décapé beaucoup de sédiments. Après la décompression due à la disparition du glacier, la gravité va reprendre ses droits. On observe des affaissements et des failles avec des blocs tombés dedans. A quand la disparition de Clavans ?



Affaissement



Faille

Après avoir admiré les couleurs de l'automne, on s'arrête auprès d'un affleurement.



Au moins un chevauchement qui ne posera pas de problème de compréhension !



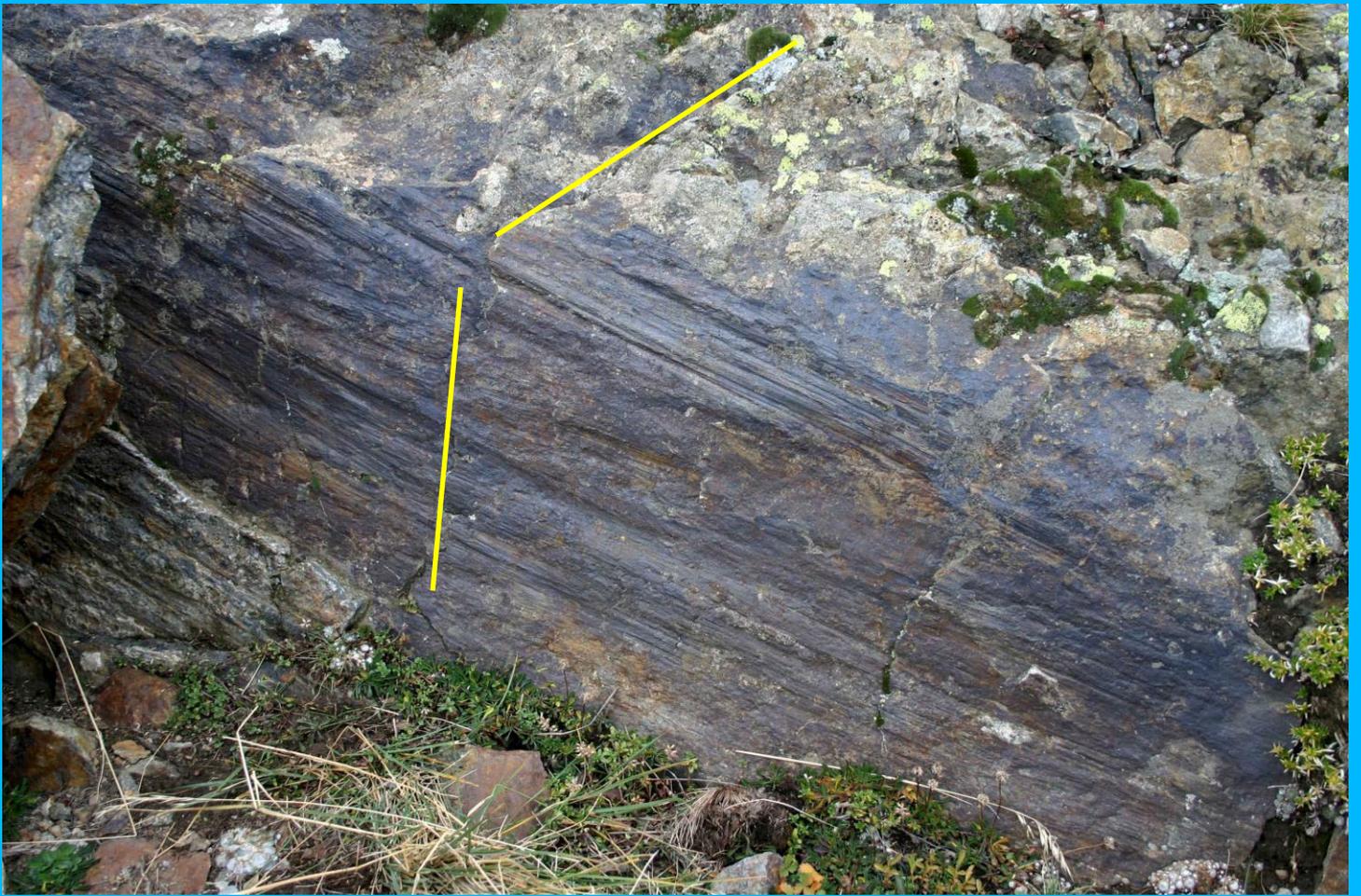
Cette roche est détritique avec des argile gréseux, des galets, des conglomérats bréchiques ou poudingues. Tout le versant oriental est ainsi : c'est un conglomérat de l'âge carbonifère, jusqu'au Grand Sauvage et les mines de l'Herpie, avec éventuellement des fossiles de fougère.

Le socle de Cassini est donc un conglomérat du carbonifère supérieur (milieu de l'ère primaire) ou houiller.

Ce sont des morceaux d'érosion de la chaîne hercynienne qui se mélangent à des granites, des gneiss de la même chaîne.

On était arrivé au niveau de la pénéplaine post hercynienne ou ante triasique si on préfère.

Nous arrivons vers une roche qui va bien nous occuper et mettre nos neurones (osons le pluriel) à contribution.



Vue de face

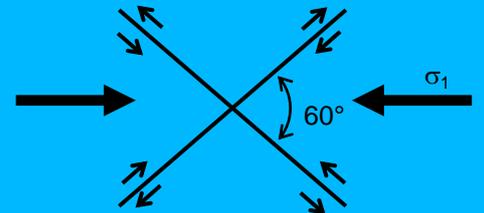
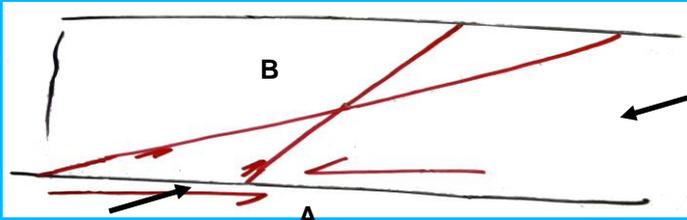


Vue de dessus (partie sombre verticale)

Ce mur a bien été "frotté". C'est un miroir de faille. Question : dans quel sens s'est fait le mouvement. On cherche et on voit des tectoglyphes (signes laissés par la tectoniques). On voit déjà des rayures presque horizontales. Ces stries ont été faites pendant le glissement par des morceaux durs tels que du quartz. Les fluides qui circulent ont amené la recristallisation de quartz et de calcite qui croissent en baguette dans le sens du mouvement.

Le mouvement ici est essentiellement horizontal (angle des stries avec l'horizontale inférieur à 45°). On va donc parler de faille de décrochement. Est-elle dextre ou senestre ? Une faille est senestre si moi, observateur installé sur l'un des compartiment, je vois le compartiment d'en face partir sur ma gauche (un observateur placé sur l'autre compartiment me verrait aussi partir sur sa gauche). Rappelons le cours de la semaine passée :

Dans le cas d'un matériau compétent : deux fractures conjuguées, les fractures de Riedel, formant un angle de 60° dont la contrainte est la bissectrice.



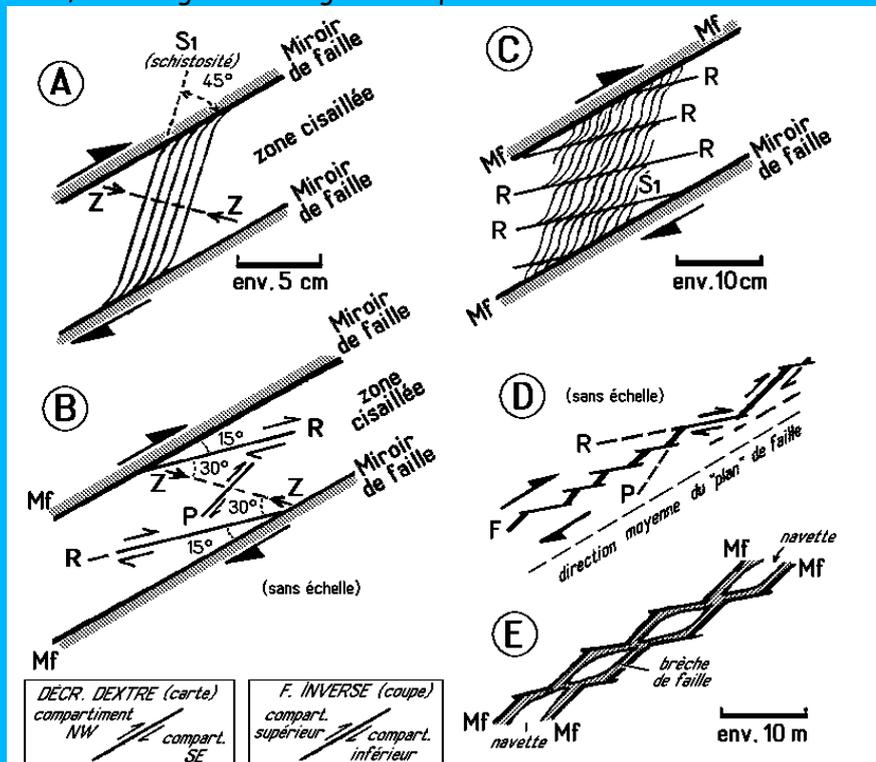
Le dessin représente ce qu'on voit de dessus (en fait on ne voit qu'une fracture, peut-être qu'on voit une fracture conjuguée un peu plus loin). La faille est senestre : si je suis en A je vois partir B sur ma gauche. L'angle aigu entre le miroir et la fracture va dans le sens du mouvement. Quand on passe le doigt sur la surface en A (l'air où je suis!) de la gauche vers la droite on sent qu'on va à "rebrousse poil". Que dit Gidon ?

### Microstructures des couloirs de faille

Le plus souvent une faille n'est pas une surface plane, sans épaisseur, mais se révèle jalonnée par un coussinet de roche plus ou moins épais, qui constitue un "couloir de faille", entre les lèvres de chacun des deux compartiments en mouvement relatif. Sa largeur varie, d'une faille à l'autre et d'un point à l'autre d'une même faille, depuis un décimètre jusqu'à quelques mètres pour les failles importantes.

Cette tranche de roche intercalaire est "broyée" plus ou moins intensément car il s'exerce, entre les deux compartiments en déplacement, un serrage qui induit une friction analogue à celle qui a lieu dans une meule (c'est-à-dire associant du cisaillement et de l'écrasement). Il en résulte la formation d'une brèche de faille ou d'une mylonite, suivant la nature de la roche et l'intensité des pressions.

Le résultat peut se limiter à ce broyage. Dans d'assez nombreux cas il se développe au contraire des microstructures organisées, dont l'agencement géométrique est d'ailleurs étroitement lié au sens du mouvement.



Relations géométriques existant entre les failles et les structures microtectoniques associées

On s'est limité aux cas fréquemment observés en Chartreuse. : le mouvement relatif des deux compartiments est indiqué par les demi-flèches grasses.

Les schémas A, B et C donnent une représentation schématique de la disposition géométrique des plans de déformation microtectonique dans le couloir de faille, entre les deux miroirs de faille (Mf), c'est-à-dire dans la "zone cisailée", où se concentre la déformation et leur disposition par rapport à la direction principale de raccourcissement (Z).

Le schéma B montre notamment la disposition angulaire des failles secondaires, "de Riedel", ainsi créées et le schéma C montre comment elles sont disposées en échelons. Leur intersection avec le feuilletage schisteux aboutit à une texture de déformation microtectonique de la roche dite texture S/C, où les plans de schistosité (S) s'entrecroisent avec des plans de cisaillement (C) que sont les microfailles P.

Le schéma D montre le rôle que jouent souvent les fractures secondaires pour donner au tracé des failles principales un dessin en baïonnette (notamment à l'échelle décamétrique). Le schémas E montre enfin comment ce tracé en zig-zag peut détacher des "navettes" entre les deux miroirs de faille majeurs (Mf).

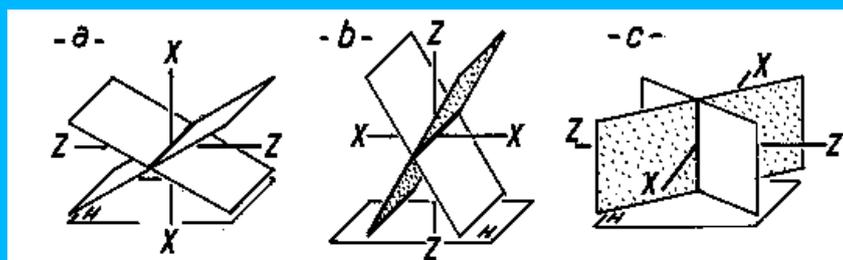
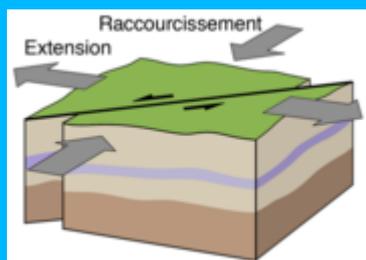
#### Disposition des microfailles (schéma B) :

Les fractures les plus importantes sont celles, dites "de Riedel" (R). Elles se disposent à environ  $30^\circ$  de la direction de raccourcissement Z et se branchent à angle aigu (environ  $15^\circ$ ) sur le miroir, "dans le sens voulu pour que le mouvement de la faille principale puisse s'y engager" (en fait il peut théoriquement s'en former une deuxième famille "conjuguée" mais on n'a représenté que les failles de la famille qui se développe de loin le plus fréquemment).

Dans certaines conditions il apparaît aussi des failles "P" qui se disposent de façon à peu près symétrique aux "R", par rapport à la direction du couloir et finissent par les connecter.

#### Failles conjuguées

Les études mécaniques ont montré que les failles se disposent, lors de leur formation, de façon à former un angle de l'ordre de  $30$  à  $35^\circ$  par rapport à la direction de raccourcissement induite par les efforts exercés sur la roche. Il peut donc se former deux failles symétriques, dites "conjuguées", par rapport à cette direction, qui devient la bissectrice de l'angle aigu entre les deux failles (la bissectrice de l'angle obtus correspond à la direction d'extension dans la masse rocheuse).



disposition des surfaces de cassures des failles conjuguées  
a = failles inverses ; b = failles normales ; c = décrochements  
X = direction d'allongement ; Z = direction de raccourcissement

Au sommet, après le pique-nique.

En quelques mètres nous faire un grand voyage dans les temps géologiques.

Tout au sommet, des grès : des conglomérats puis des grès marins de la base du lias (comme au lac Besson où on avait les ripple marks).

On est donc dans la vieille pénéplaine hercynienne qui a été remontée par les Alpes : avec un peu de provocation, quand on regarde au loin le grand Galbert qui ne fait vraiment pas montagne jeune tant les pentes sont modestes, on peut dire qu'il est en fait tellement jeune qu'il n'a pas encore eu le temps d'être érodé.

Au début du secondaire, quand la mer revient elle dépose du sable.

Puis le climat se fait plus chaud et aride ; il y a beaucoup d'évaporation qui provoque la précipitation des dolomies qu'on voit plus bas.

Dolomie : carbonate double de calcium et de magnésium,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  qui donne une réaction avec HCl à chaud. On parle ici de dolomie capucine en raison de sa couleur café au lait qui rappelle le cappuccino (quoique un café aussi "orange" me paraîtrait suspect !). Cette couleur est prise quand la dolomie est patinée. Sur une coupe fraîche, elle est bien bleue. On descend encore un peu : des beaux calcaires, avec fossiles, réagissant à l'HCl : les premiers calcaires du jurassique (héttangien) : la mer est devenue plus profonde. Entre la dolomie et le calcaire il y a une couche noire de

l'ordre du mètre. Ce sont des cendres volcaniques compactées : volcanisme des débuts de la dislocation de Pangée déjà évoqué la semaine dernière à Auris.



Grès de la base du lias



Dolomie capucine



Calcaire du jurassique avec fossiles



Basalte du trias

Ce basalte, cinérite de la fin du trias et annonçant le lias, est l'équivalent, n'ayons pas peur des grands mots, pour la région de ce qu'est le Kilimandjaro à la Tanzanie !

On a donc la suite conglomérats, grès, dolomie, basalte, calcaires visiblement dans le mauvais ordre. Allez, on rentre !  
 Chemin faisant, un filon où l'on trouve des quartz, filon qui a été déjà bien exploité !  
 On rencontre aussi de la dolomie bréchifiée, avec des cupules de dessiccation et peut-être des silex (trous qui se remplit de silice amorphe). Les cupules, formées quand la mer s'évapore, peuvent être soulevées et aller s'entasser pour faire des brèches quand la mer revient.



Chemin faisant et bavardant, on apprend que la limite entre différentes aires est toujours caractérisée par des variations biologiques et pas géologiques. Les ammonites par exemple apparaissent au jurassique.



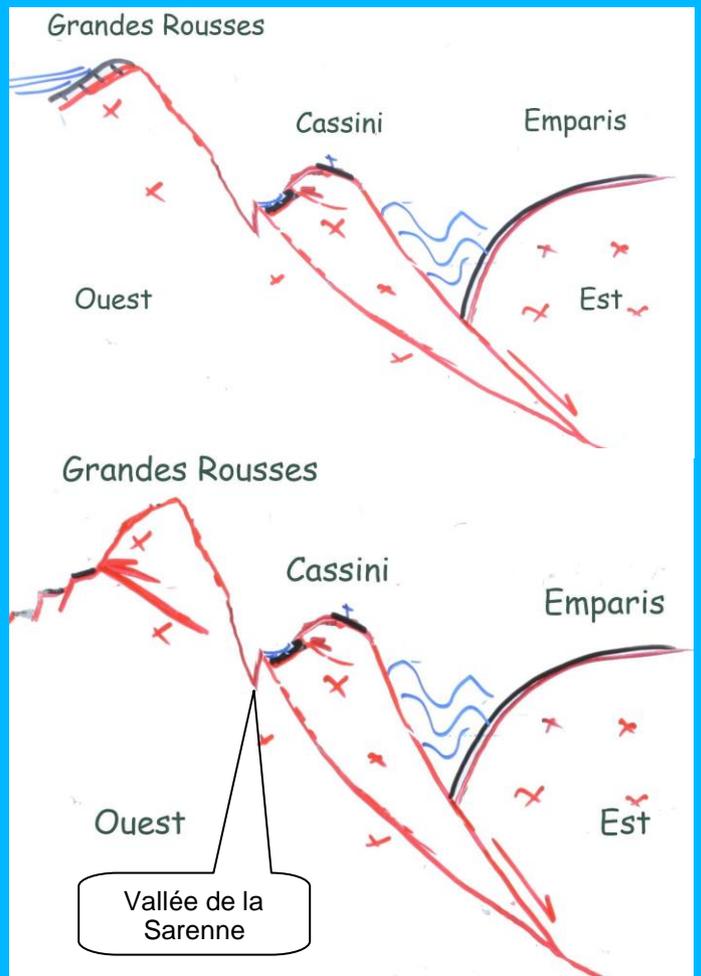
Dolomie bréchifiée

Pour expliquer l'ordre inverse des couches, un petit dessin.  
 La compression de Cassini vers les Grandes Rousses a provoqué un chevauchement.  
 Les calcaires en bleu et faute de vert, la dolomie en noir. On retrouve donc bien la dolomie au dessus des calcaires. Cassini est un satellite des Grandes Rousses avec une faille intermédiaire.



Détail de Cassini.  
 Bien évidemment l'érosion a enlevé les calcaires et pas mal de dolomie des Grandes Rousses. On passe le crayon puis le doigt sur le dessin.  
 Pour terminer, un petit rappel sur les failles.  
 Lisons Gidon.

Bloc basculé / Hémigraben  
 Les hémigrabens se distinguent des grabens en ceci que la dépression tectonique à laquelle ils correspondent n'est délimitée que d'un seul côté par une faille. L'autre côté correspond à la pente du sommet du bloc de socle effondré,



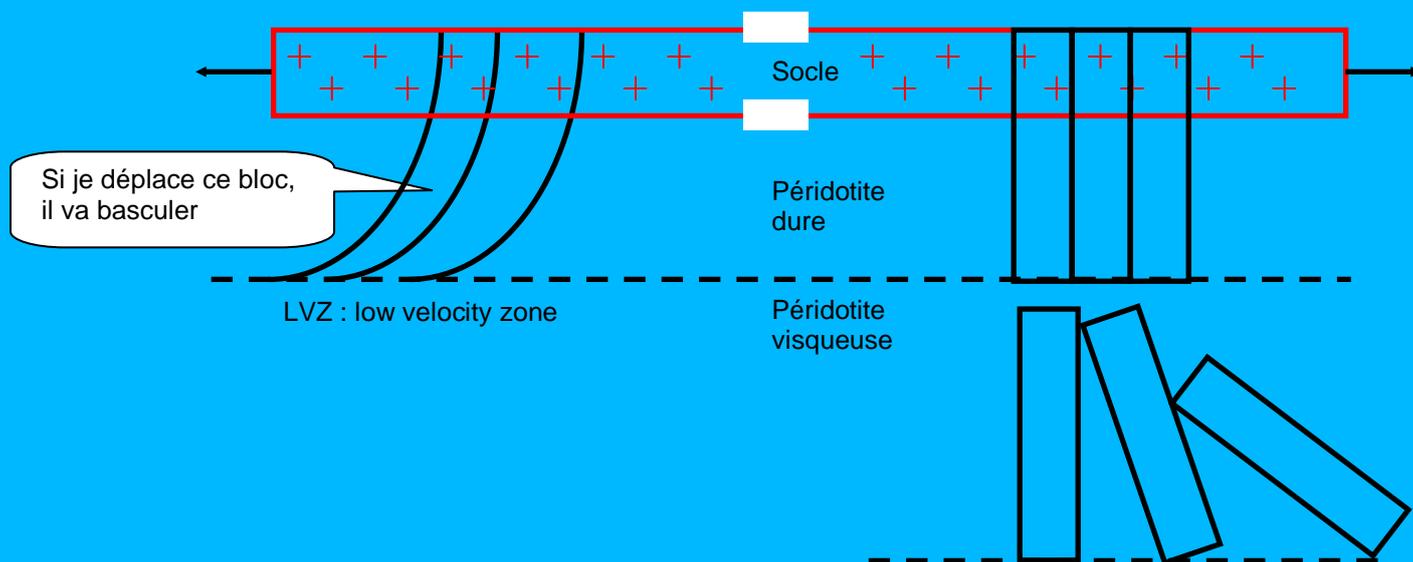
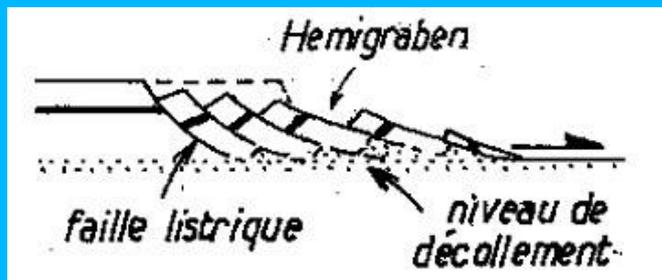
basculé à l'occasion du jeu de la faille (ce basculement est le plus souvent dû à ce que la faille normale est "listrique", c'est-à-dire concave vers le haut).

Les sédiments déposés dans un tel système se partagent en trois tranches :

- anté-tectoniques, où les couches sont basculées avec leur soubassement,
- syn-tectoniques, où les couches se disposent en éventail, par discordances\* principalement en onlap\*
- post-tectoniques, où les couches sont discordantes sur les failles, qu'elles cachent.

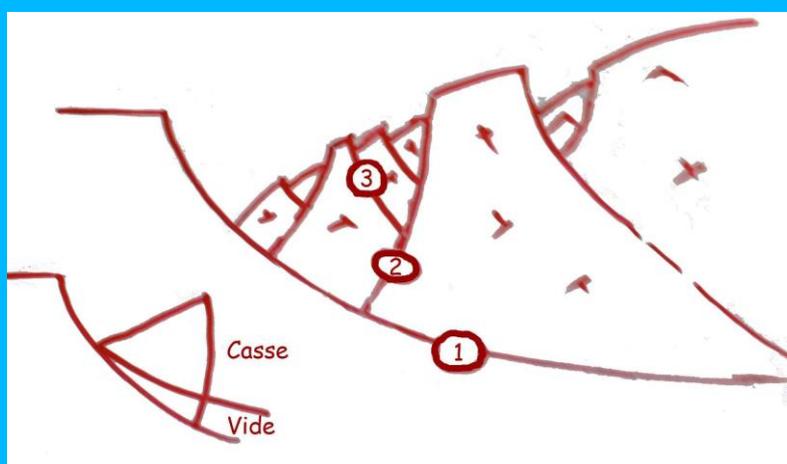
Ces fossés tectoniques, dus au découpage de la croûte par des failles normales parallèles entre elles et de même sens de rejet, appartiennent le plus souvent à des dispositifs extensifs dissymétriques liés à une expansion océanique.

Schématiquement 2 modèles :



- soit des failles listriques
- soit des failles "droites"

La réalité est sans doute entre les deux. Dans tous les cas, et la figure facile à faire avec les rectangles le montre bien, il va y avoir du vide : cela donnera d'autres cassures et on peut arriver au schéma des Grandes Rousses :



Il y a ainsi une faille du premier ordre, qui entraîne une nouvelle faille, du deuxième ordre, laquelle entraîne une troisième, etc... Les failles "parallèles" sont dites synthétiques, les autres antithétiques.

On termine par une page trouvée à l'adresse : [equinoxe.u-strasbg.fr/geomorphologie/G%E9omorphologie/faille1.ppt](http://equinoxe.u-strasbg.fr/geomorphologie/G%E9omorphologie/faille1.ppt) qui montre exactement ce qu'on a vu quand on a parlé du miroir de faille.

CRITERES DE MOUVEMENT RELATIF  
L'analyse du plan de rupture (2)



Plan de faille montrant un décrochement sénestre

- Aspect du plan de faille : tectoglyphes et stries
  - Les stries indiquent une direction (composante horizontale ou verticale)
- Les tectoglyphes un sens de déplacement