



# TP1 : Déformations des matériaux de la lithosphère

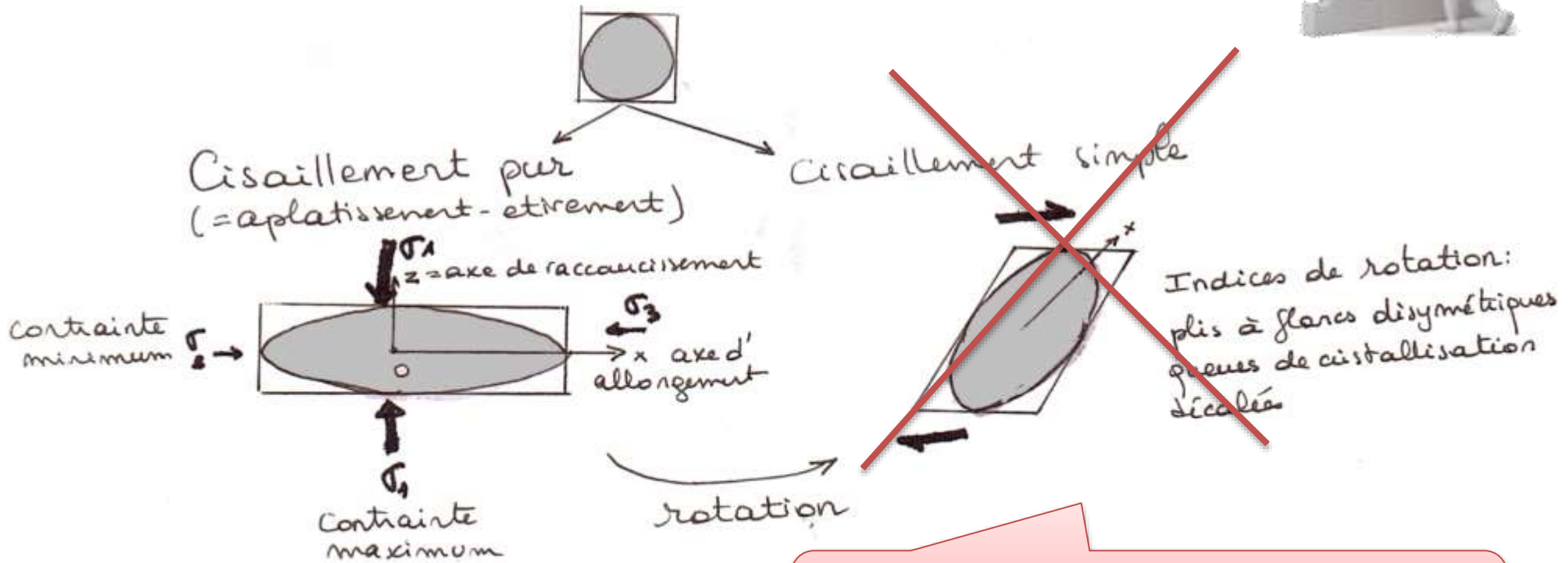
## Objectifs :

- décrire et interpréter les déformations à partir d'une carte, d'une roche, d'une photo ou d'une lame mince; interpréter un mécanisme au foyer
- Faire un schéma structural

*Cours associés : Rhéologie, les Alpes, risques, carte. Voir aussi la géographie.*

# Un seul des deux mécanismes de déformation sera étudié en TP

Il y a deux mécanismes de déformation plane, mais un seul permet de reconstituer les contraintes

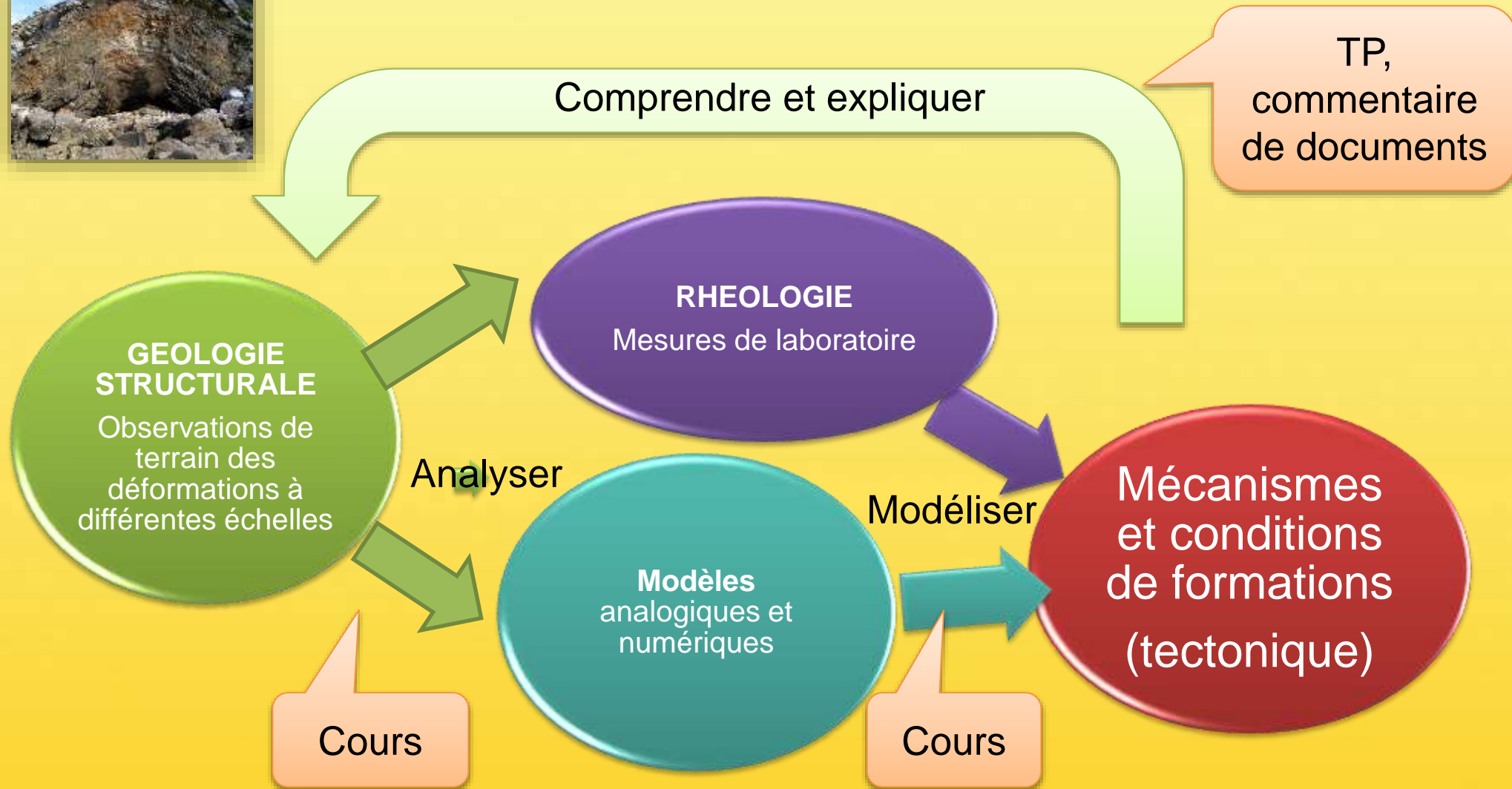


Absent de ce TP (voir cours),  
sauf dans le cas des figures C-S

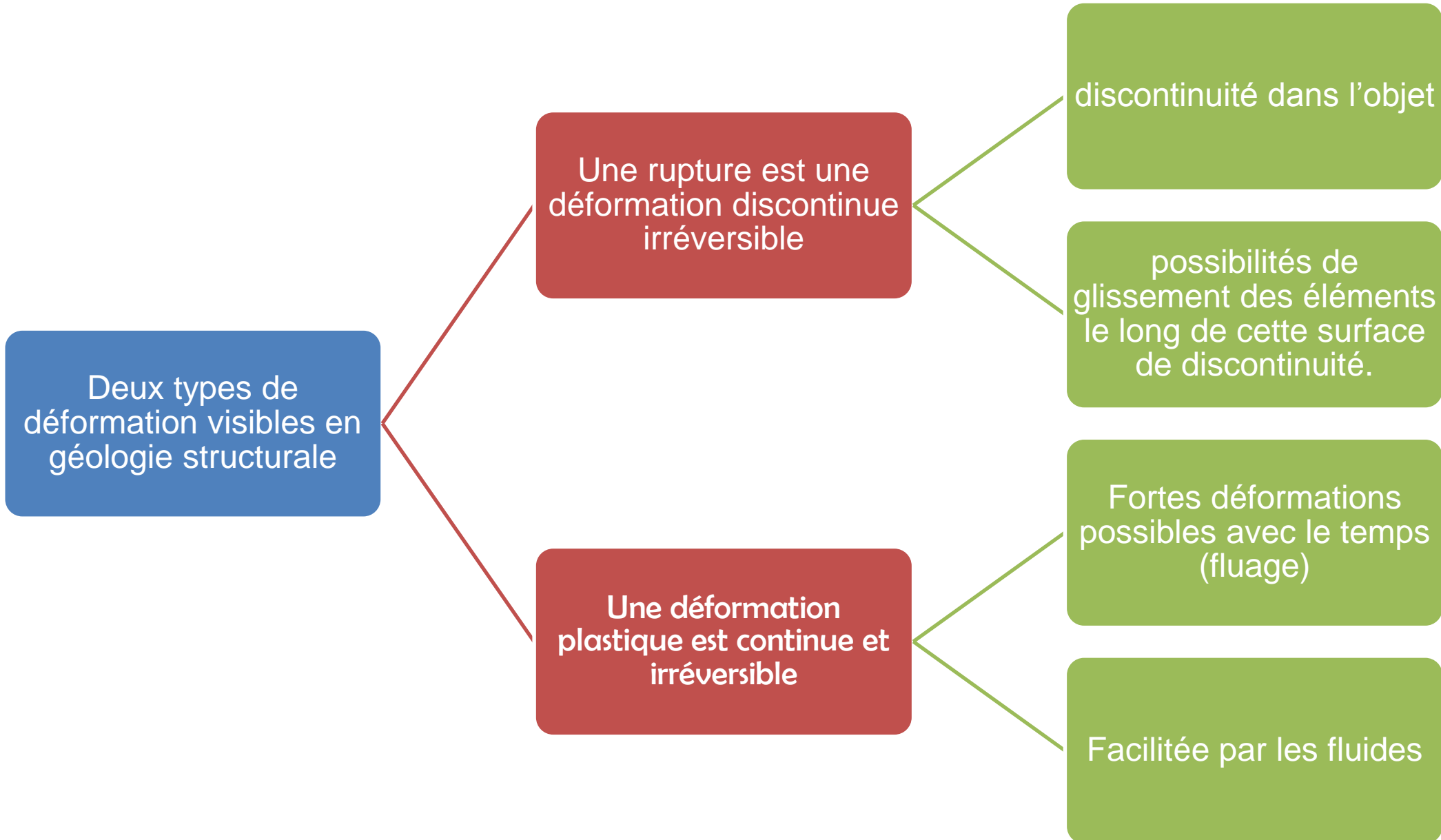




# L'étude des déformations est un aller-retour entre les données de terrain et les modèles



# Déformation plastique et rupture sont les deux modes de déformation visibles sur le terrain



# LES DEUX TYPES DE DÉFORMATIONS EXISTENT À TOUTES LES ÉCHELLES

## Minéraux (lame)

Fracture de minéraux

*Schistosité*  
*Ombre de pression*  
*Microplis*

## Roche (objet)

Fractures  
Fentes de tension  
Joints stylolithiques

*Schistosité*  
*Linéations*  
*Figures C-S*

## Affleurement (photo & carte)

Faïlle (mylonite et miroir de faille)

*Plis*

## Région (carte)


Chevauchement  
Fossé d'effondrement

*Charriage (nappe)*

## Lithosphère

Grandes failles

*Bombement*  
*Flexuration*



Savoir reconnaître et interpréter ces déformations

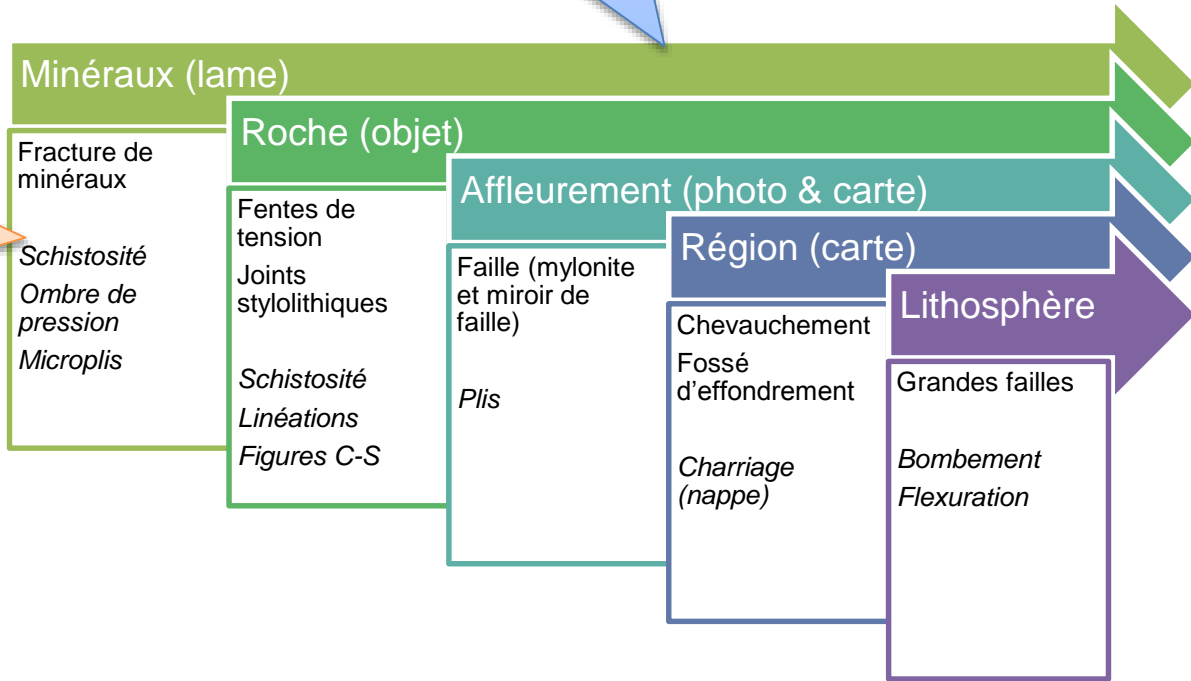
*En italique, les déformations continues (plastiques)*



## Complémentarité cours-TP

En cours,  
synthèse par  
échelle  
d'observation

En TP  
étude par type  
de déformation  
(cassante ou  
plastique)



# ANALYSER UN OBJET DÉFORMÉ



Absent de ce TP, (étudié en cours), sauf dans le cas des figures C-S

Objet en déformation finie

Reconstitution de l'état initial  
(objet de forme connue, strates sédimentaires horizontales, etc).



~~des indices de rotation~~

~~cisaillement simple~~

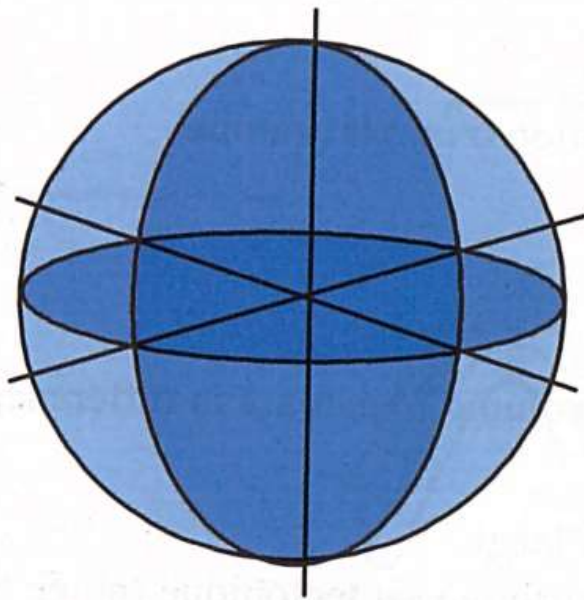
~~-> impossible de remonter aux contraintes  
On cherche les plans de cisaillement~~

Pas d'indice de rotation

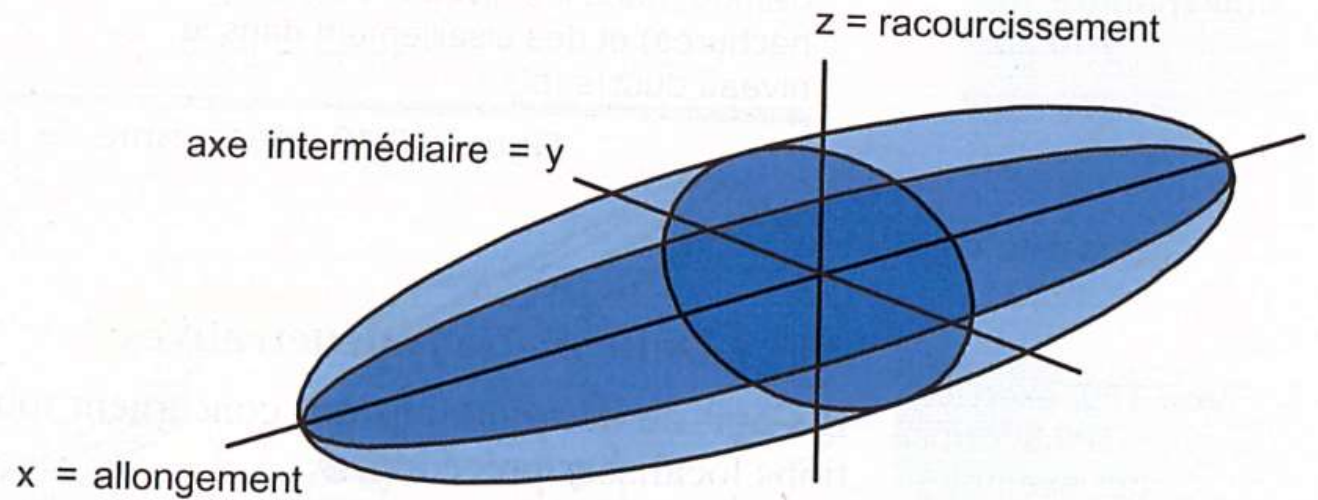
Ellipsoïde des déformation ( $Ox Oz$ )

Ellipsoïde des contraintes ( $\sigma_1$  selon  $Oz$ ,  $\sigma_3$  selon  $Ox$ )

# Définir les axes de déformations et les représenter par un ellipsoïde



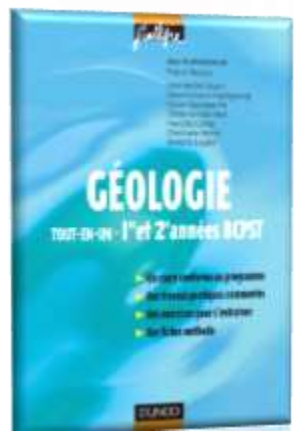
Sphère initiale



Ellipsoïde de déformation

Figure 10.12 Ellipsoïde de déformation.

$$\varepsilon \text{ (en \%)} = (l_1 - l_0) / l_0 * 100$$

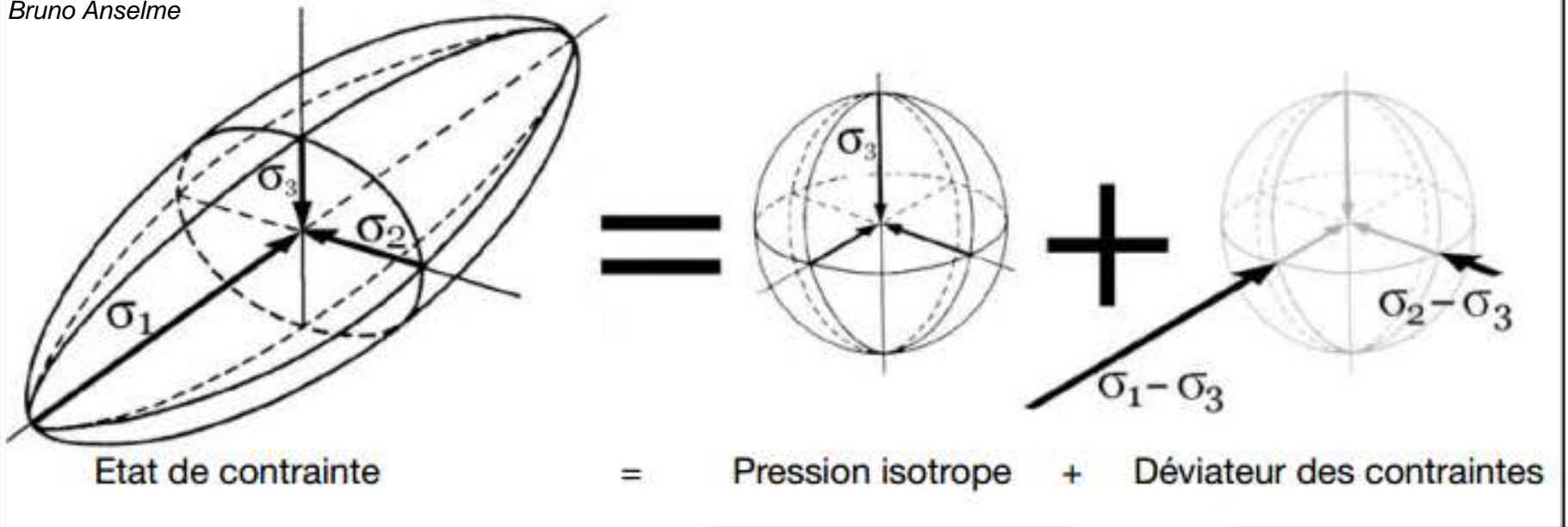






Une contrainte est composé d'un terme qui représente la profondeur et d'un terme qui représente la contrainte tectonique éventuelle

Bruno Anselme



Profondeur

Contrainte tectonique

Facilite les déformations ductiles

Détermine le type et l'ampleur des déformations

# 1. DÉFORMATIONS DISCONTINUES (RUPTURE)

Minéraux (lame)

Fracture de minéraux

Roche (objet)

Fentes de tension  
joints  
stylolithiques

Affleurement (photo & carte)


Faille (mylonite  
et miroir de faille)

Région (carte)

Chevauchement  
Fossé  
d'effondrement

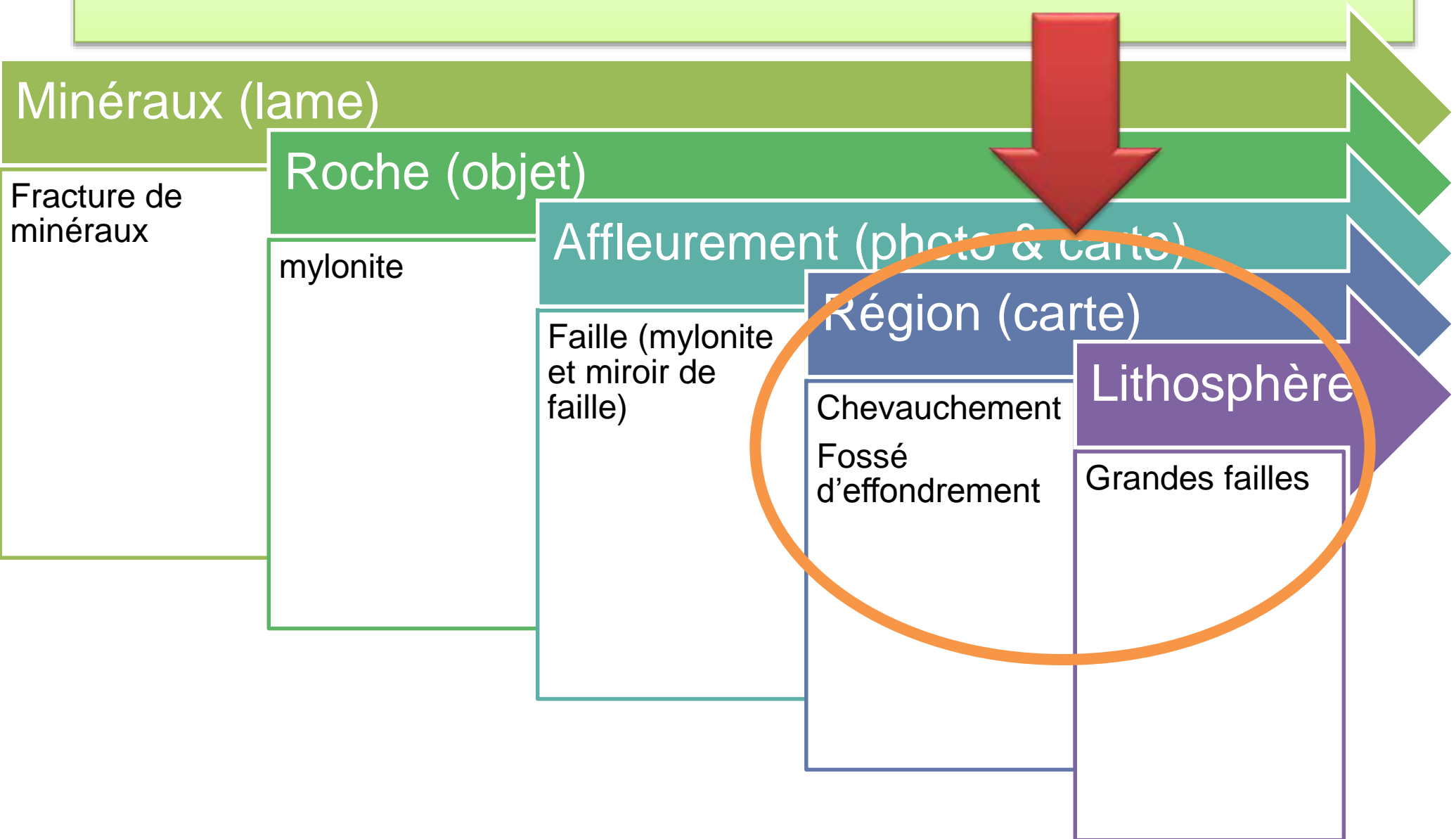
Lithosphère

Grandes failles



Savoir reconnaître  
et interpréter ces  
déformations

# 1.1. Les Failles existent à toutes les échelles



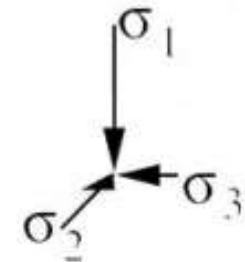
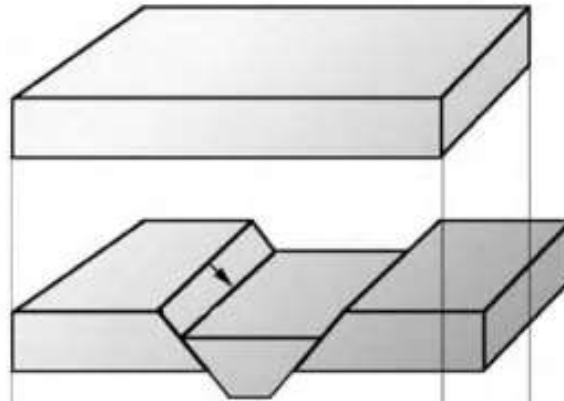
# 3 types de failles correspondant à 3 régimes de contraintes

Démontré  
en cours

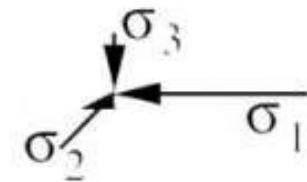
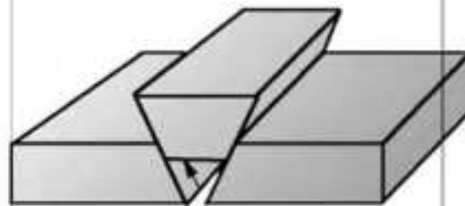
## Identification des contraintes

D'après la théorie de la rupture, les plans de fracture sont toujours obliques par rapport aux contraintes extrêmes  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$ , avec un angle d'environ  $30^\circ$  avec  $\sigma_1$ . En revanche,  $\sigma_2$  est contenu dans le plan de fracture. Ces considérations permettent de reconstituer l'orientation des contraintes ayant présidé à la formation d'une faille dont on connaît le jeu.

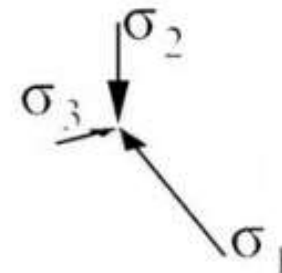
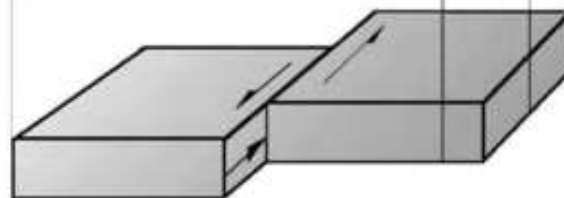
Faille normale



Faille inverse



Décrochement





# 11.1. Failles en carte



Comment voit-on sur une carte une faille?  
Le type de faille est-il indiqué  
ou doit-on le découvrir par soi-même?



## ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

### Accidents et failles

- Faille normale, détachement
- Accident décrochant
- Faille inverse, chevauchement
- Accident indifférencié
- Accident majeur
- Accident important
- Accident mineur
- en tiretés : accidents ou flexures masqués ou supposés

### Isobathes et structures profondes

- Isobathes de la base du Pliocène : bassin du Pô
- Isobathes de la base du Cénozoïque : fossé rhénan, bassins péri-alpins, bassin sous-pyrénéen, bassin de l'Èbre et golfe du Lion
- Isobathes de la base du Trias : bassin subalpin, bassins de Paris et d'Aquitaine, Manche, golfe de Gascogne

- Discontinuités géophysiques
- Diapirs et rides salifères

### Morphologies et autres structures

- Stratocône du Cantal
- Caldeira volcanique probable
- Impactite de Rochechouart
- Incision messinienne
- Paléodéfilé messinien

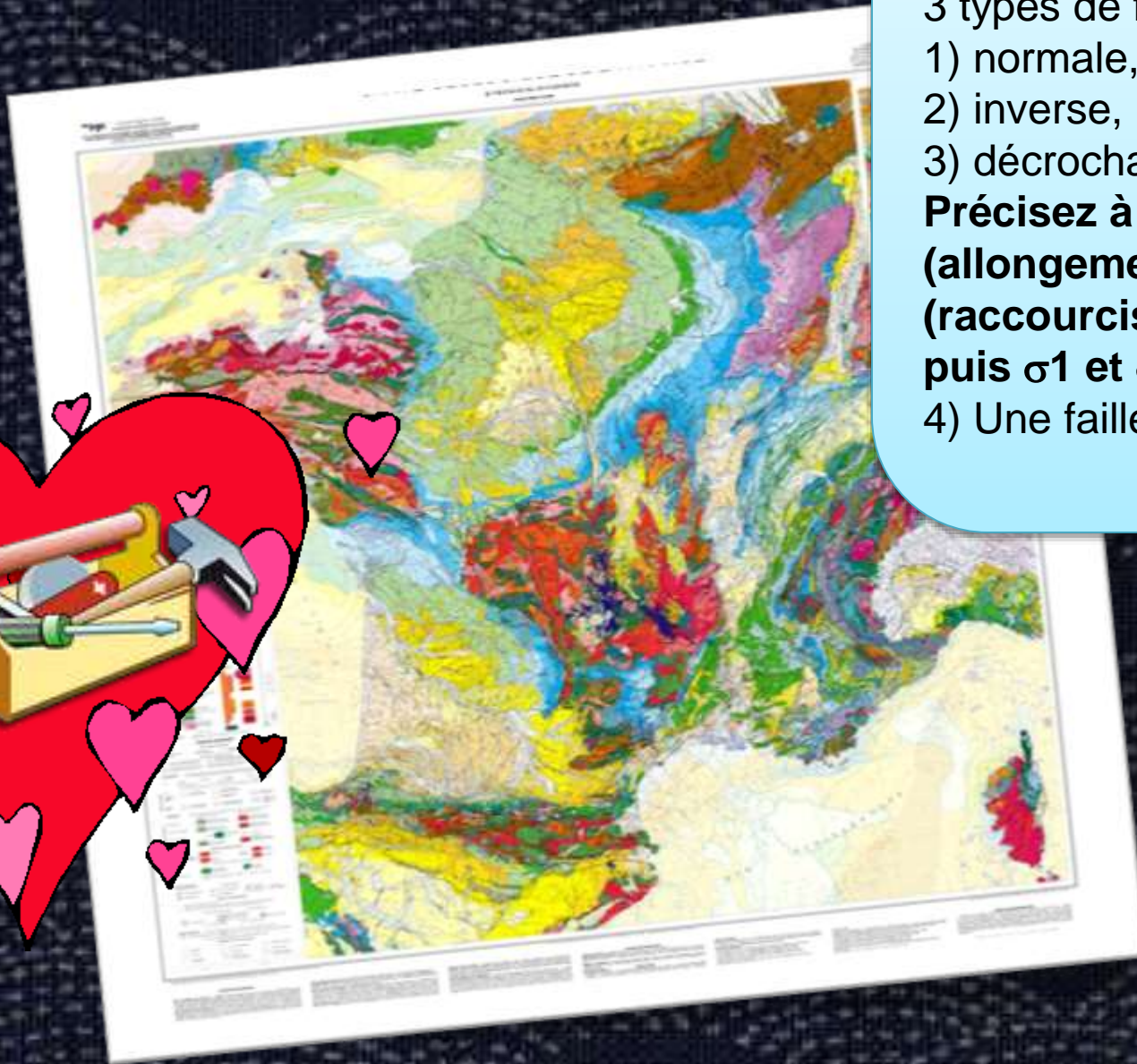
# Carte de France au millionième

Sur la carte de France au millionième, identifiez les 3 types de failles :

- 1) normale,
- 2) inverse,
- 3) décrochante.

**Précisez à chaque fois Ox (allongement) et Oz (raccourcissement), puis  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$**

- 4) Une faille supposée







En carte, comment déterminer le pendage d'une faille?



**Le pendage des couches recoupées par la faille...  
n'a aucun lien avec la faille!**

**La faille est une coupure,  
comme celle que crée un  
couteau dans un gâteau.**

Vous pouvez couper le gâteau  
comme vous voulez!

C'est indépendant de la  
stratification du gâteau!



# Le pendage d'une faille se détermine exclusivement par la méthode du « V dans la vallée »



Vous **devez** utiliser la méthode du V dans la vallée pour les failles, et vous **pouvez** l'utiliser pour les strates dans les zones où le pendage n'est pas indiqué.

Observez les 2 modèles en pâte à modeler cuite.

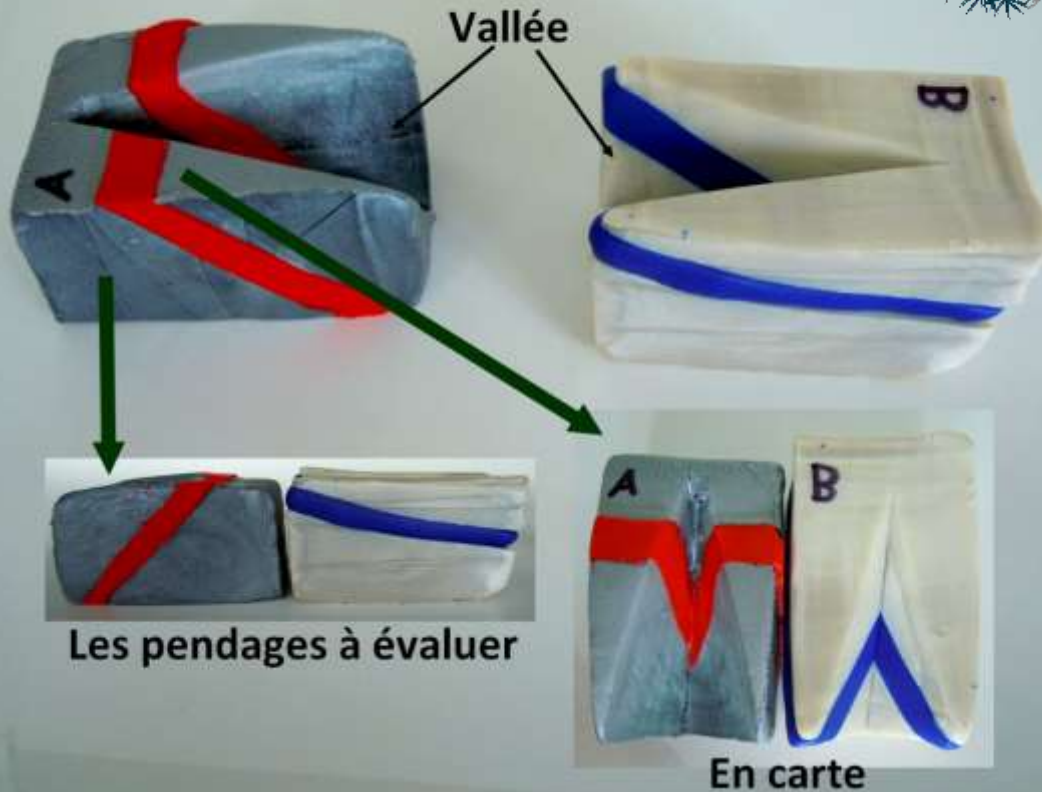
Observez la tranche et **prolongez par la pensée la couche colorée rectiligne.**

Puis voyez comment elle est découpée par la vallée.

En comparant les cas A et B, en déduire la règle dite du « V dans la vallée »



## V dans la vallée



Cette règle s'applique au sommet d'une strate, ou une faille.



La méthode du V dans la vallée, s'utilise... dans une vallée!

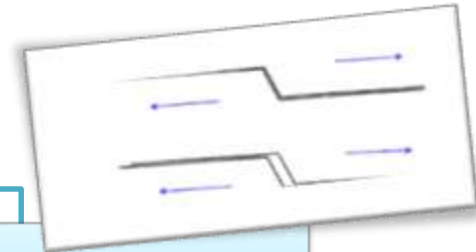
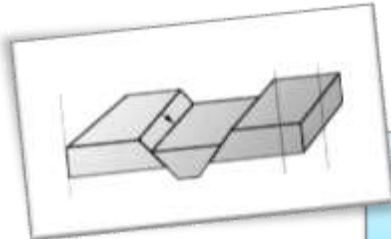
En carte, commencez par rechercher une vallée puis un V (et non l'inverse).



## 11.2. Les failles caractérisent certains bassins sédimentaires



*Déformations,  
Grands ensembles structuraux,  
Bassin sédimentaire,  
Massif ancien*



Bassin sédimentaire continental

Limité par des failles

Fossé d'effondrement

Bassin en pull-apart

Bassin rectangulaire à subsidence rapide,  
par le jeu de failles normales

bassins losangiques, étirés et peu  
subsidents,  
associés au jeu de failles coulissantes  
(=décrochantes)

Rift actif  
(Afrique de  
l'Ouest)

Rift avorté :  
fossé rhénan,  
Limagne, etc.

Mer morte

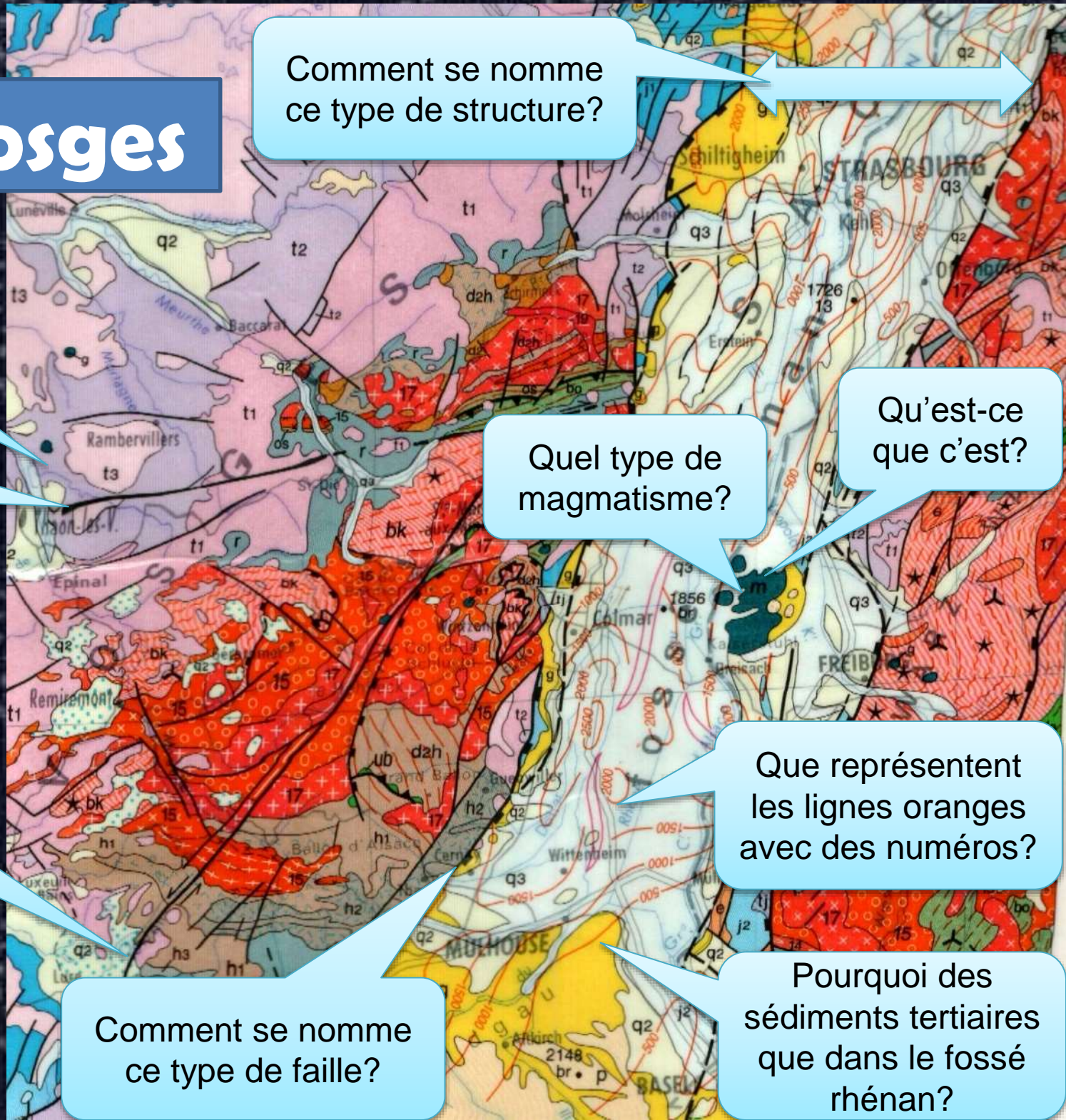
Bassins  
houilliers en  
France

Sur la carte de France, identifiez un fossé d'effondrement





# Alsace-Vosges



Comment se nomme ce type de structure?

Quel est le pendage de la couche  $t_2$ ?

Donnez le pendage de la faille

Comment se nomme ce type de faille?

Comment se nomme ce type de faille?

Quel type de magmatisme?

Qu'est-ce que c'est?

Que représentent les lignes oranges avec des numéros?

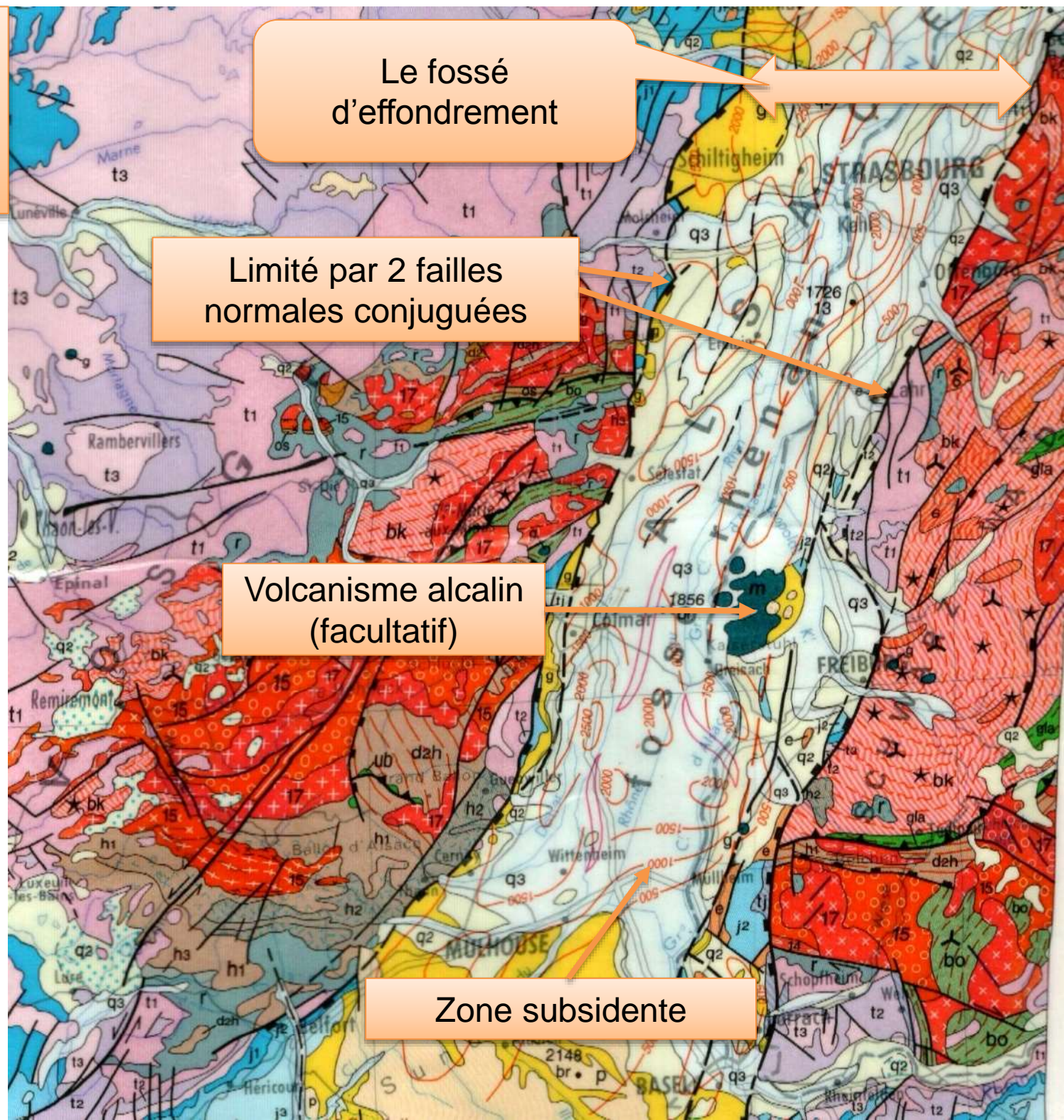
Pourquoi des sédiments tertiaires que dans le fossé rhénan?



**Déformation à l'échelle régionale :**  
**Un fossé d'effondrement**



**fossé rhénan**  
(300km de long 35  
à 40 de large)



Le fossé  
d'effondrement

Limité par 2 failles  
normales conjuguées

Volcanisme alcalin  
(facultatif)

Zone subsidente

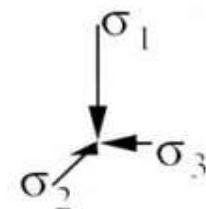
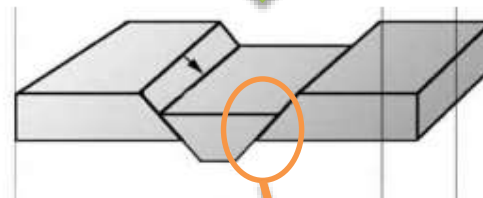


# Recul critique



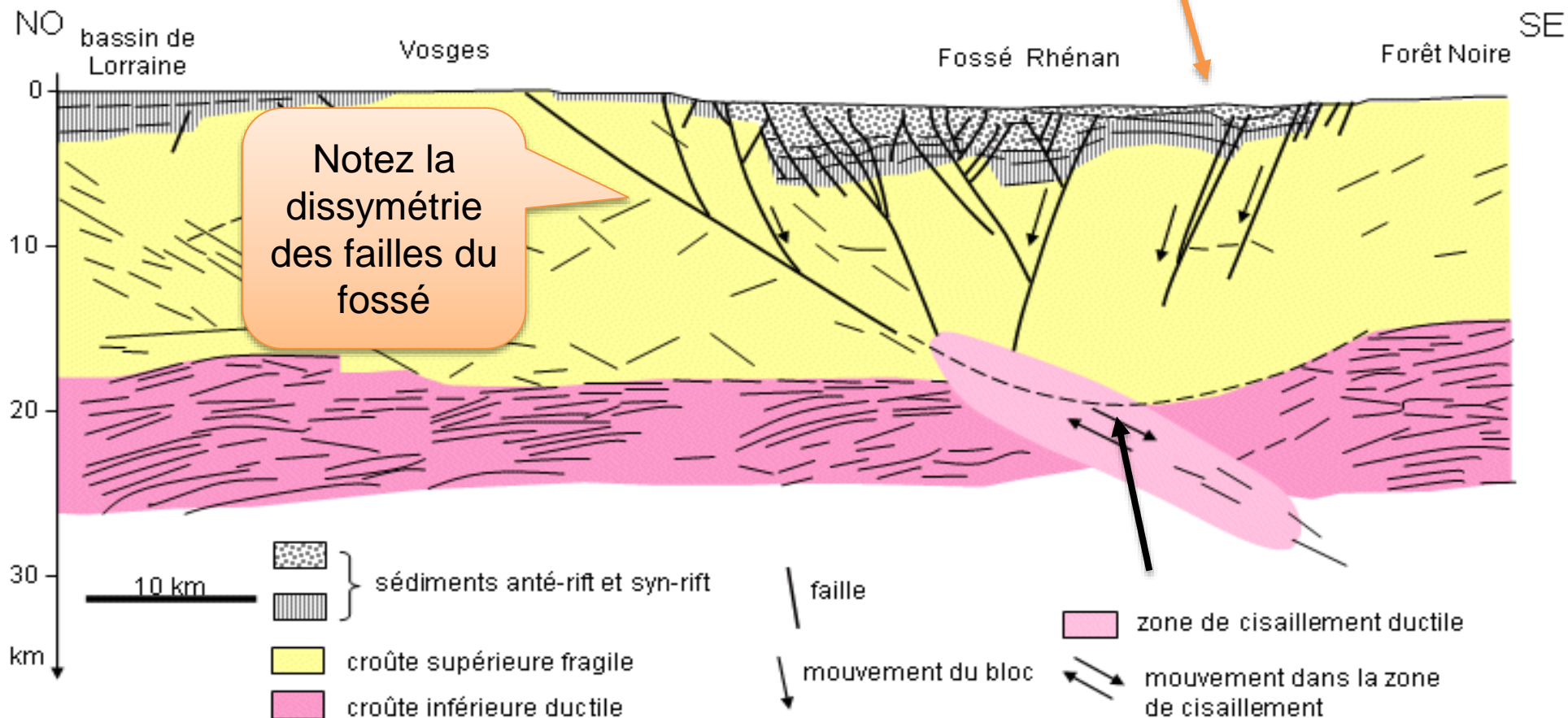
Faïlle normale

Modèle de labo (sable)



Profil ECORS

interprétation du profil sismique ECORS dans le sud du Fossé Rhénan montrant les relations entre les failles dans la croûte supérieure et la zone de cisaillement dans la croûte inférieure.  
modifié d'après C. Brunet



# Changeons d'échelle...

Minéraux (lame)

Fracture de minéraux

Roche (objet)

Fractures

Fentes de tension

joints stylolithiques

Affleurement (photo & carte)

Faille (mylonite et miroir de faille)

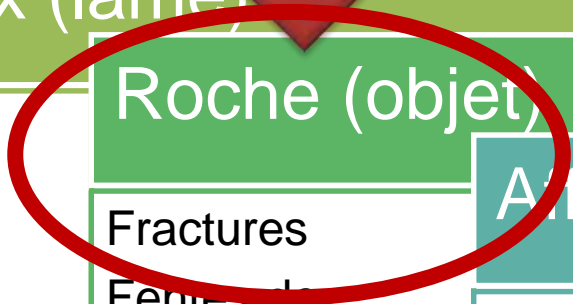
Région (carte)

Chevauchement

Fossé d'effondrement

Lithosphère

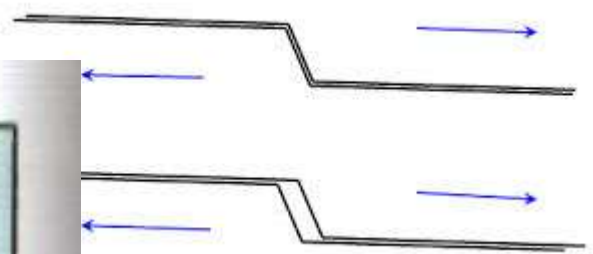
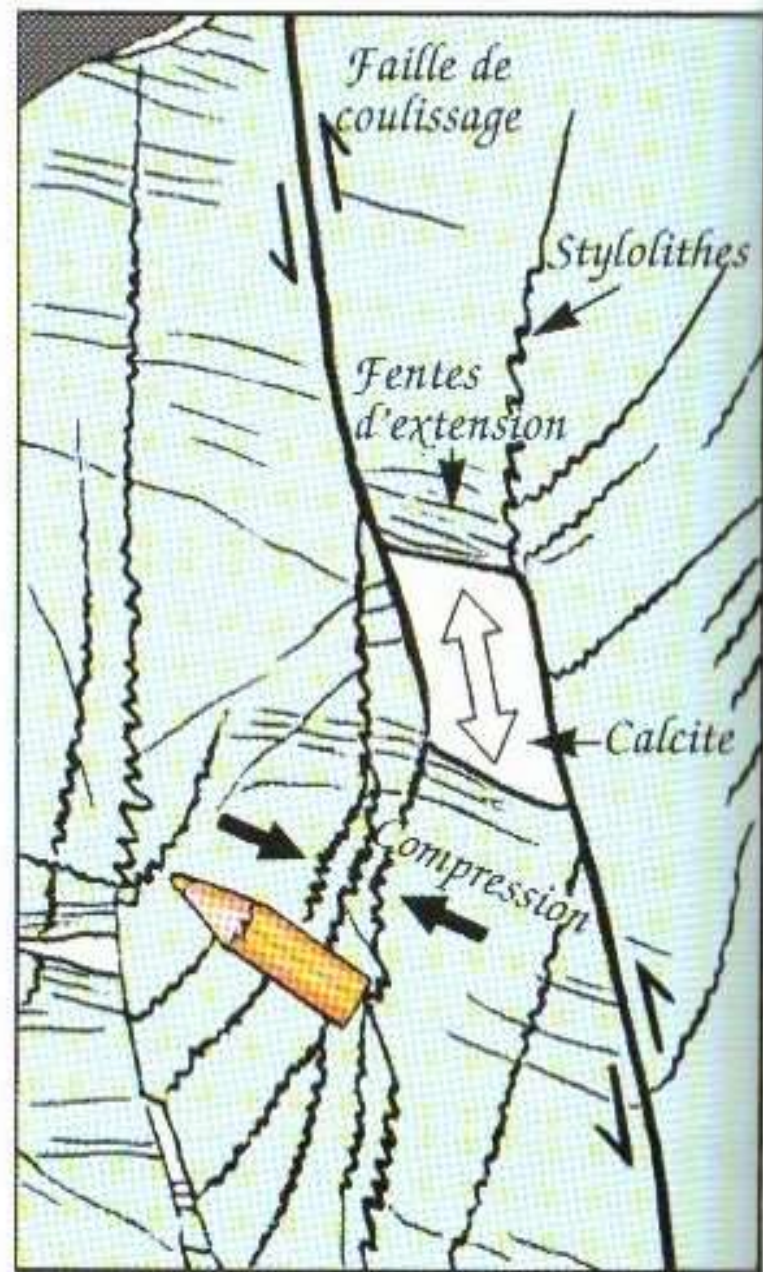
Grandes failles





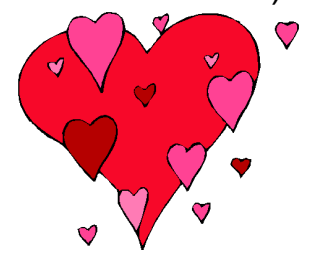
# Les failles décrochantes zigzagantes forment des bassins en pull-apart

## Bassins en pull apart à l'échelle d'un affleurement



Calcaire du Languedoc, près de Montpellier

(Mattauer « ce que disent les pierres » Belin, à lire absolument !)

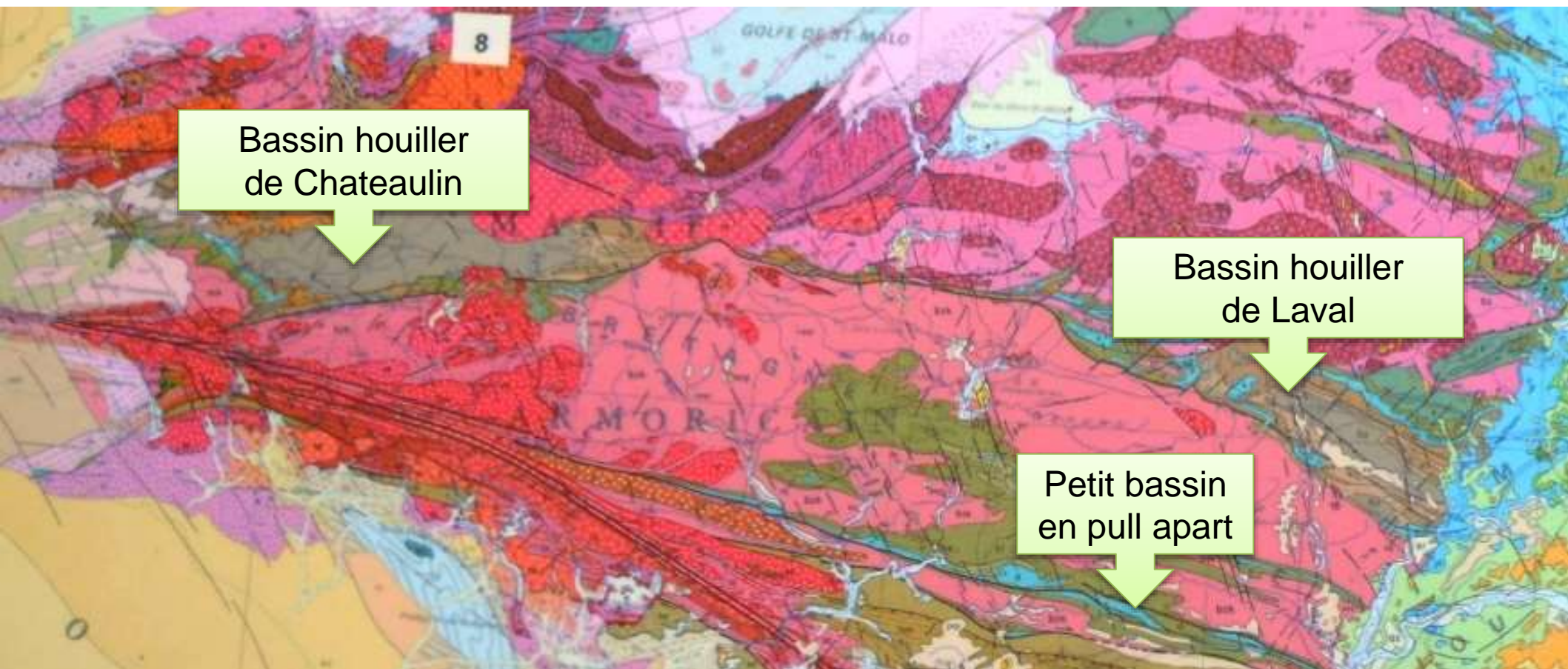
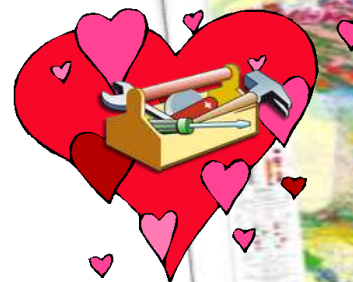
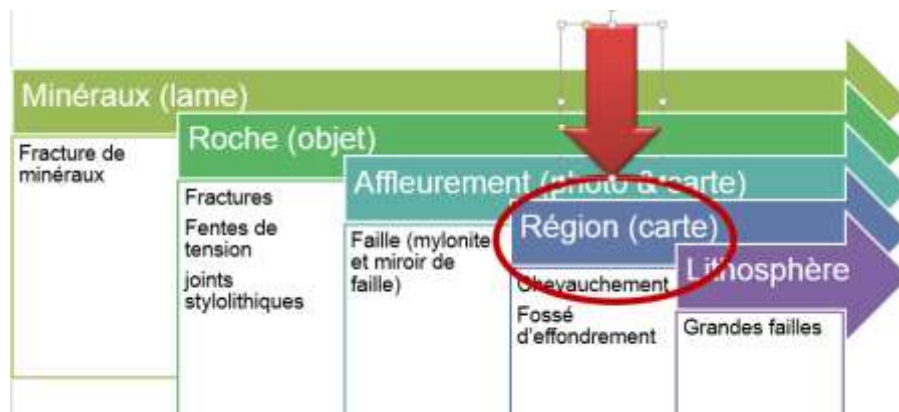




# Bassins en pull apart régionaux

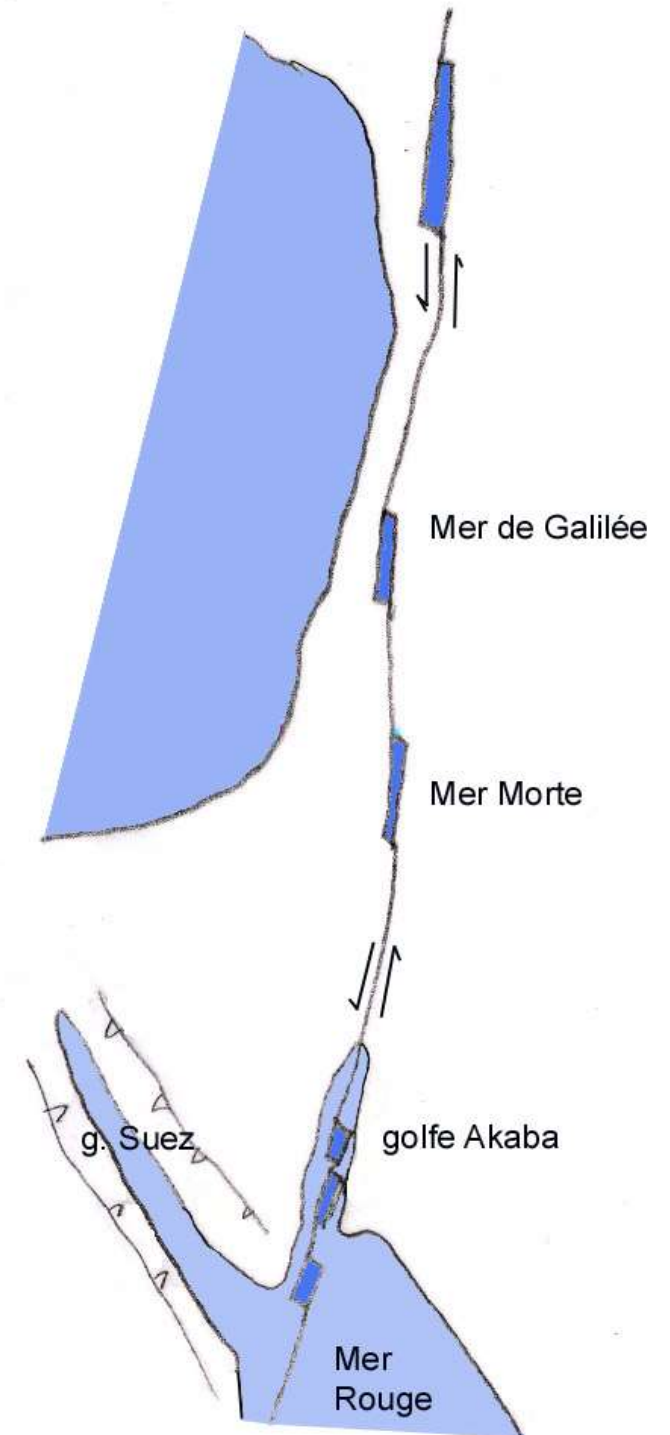
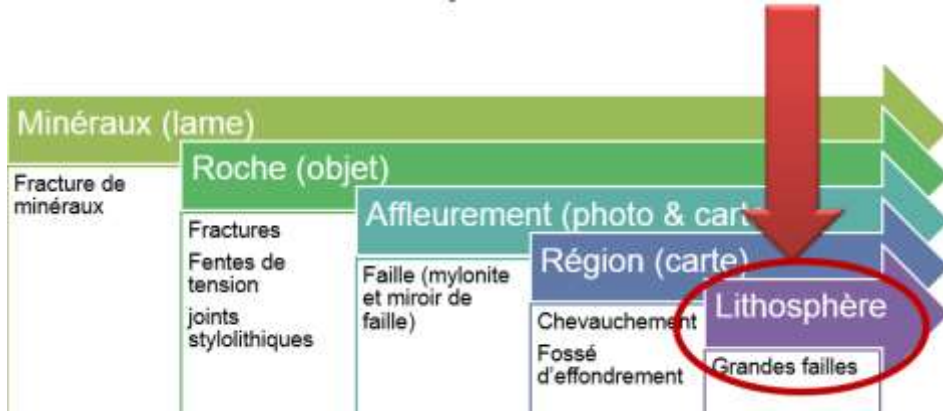


Massifs anciens



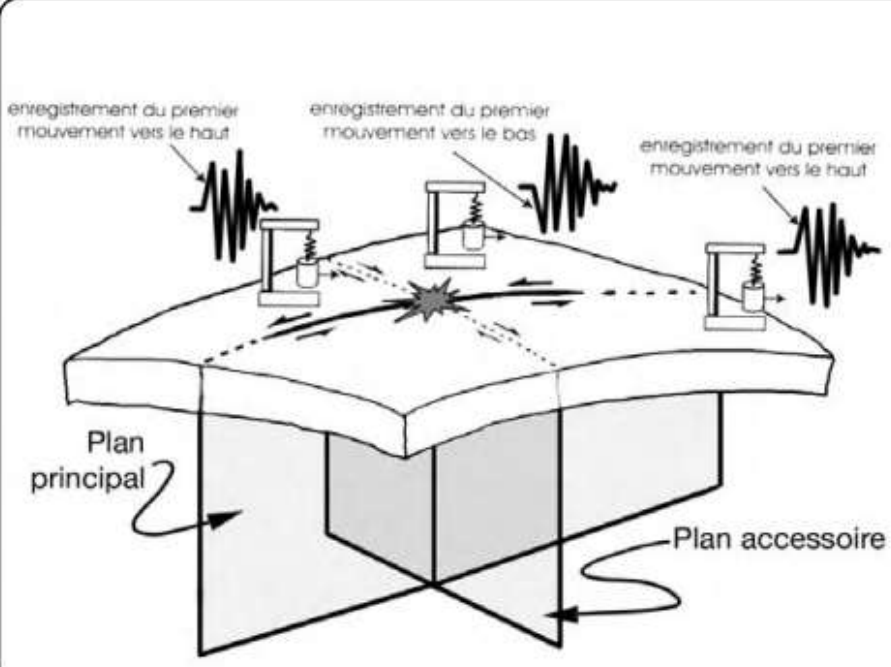


# À l'échelle planétaire



# 11.3. Le mécanisme au foyer caractérise chaque type de faille

## Les mécanismes au foyer -1-



enregistrement du premier mouvement vers le haut

enregistrement du premier mouvement vers le bas

enregistrement du premier mouvement vers le haut

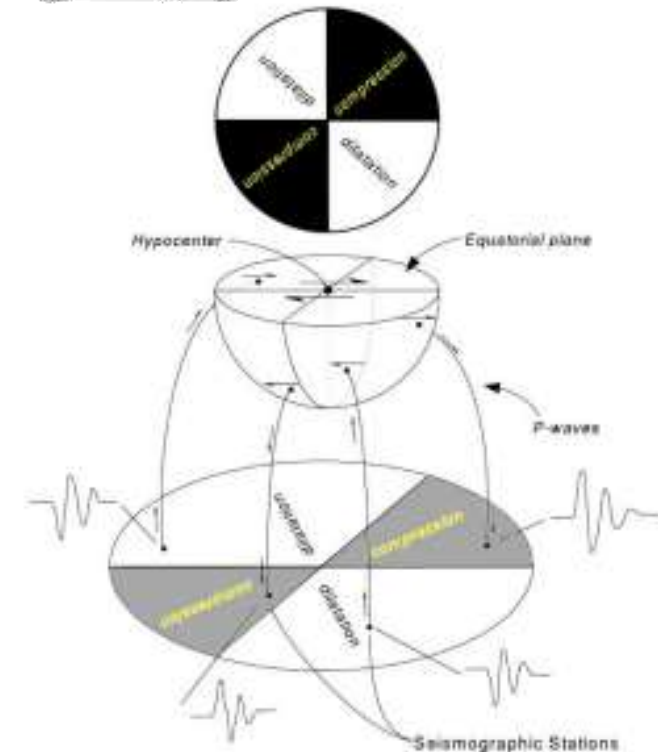
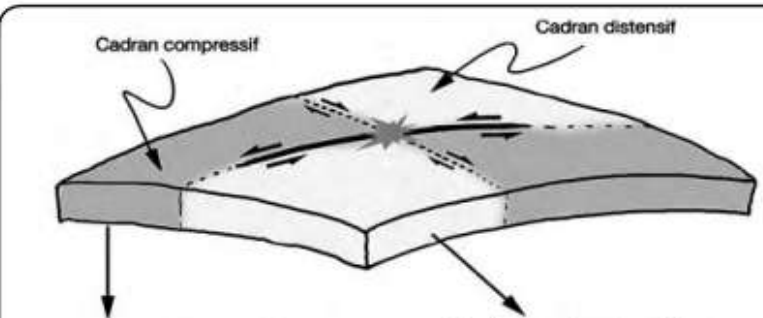
Plan principal

Plan accessoire

**Premier mouvement enregistré**

Lorsqu'une faille fonctionne, l'espace peut être partagé en quatre domaines séparés par le plan de faille et un plan accessoire qui lui est orthogonal.

L'impetus enregistré par les sismographes n'est pas le même selon le cadran où il se trouve.

Cadran compressif

Cadran distensif

Le sismographe se prend un coup dans la figure : il enregistre une compression

Le sismographe est aspiré par le foyer : il enregistre une distension

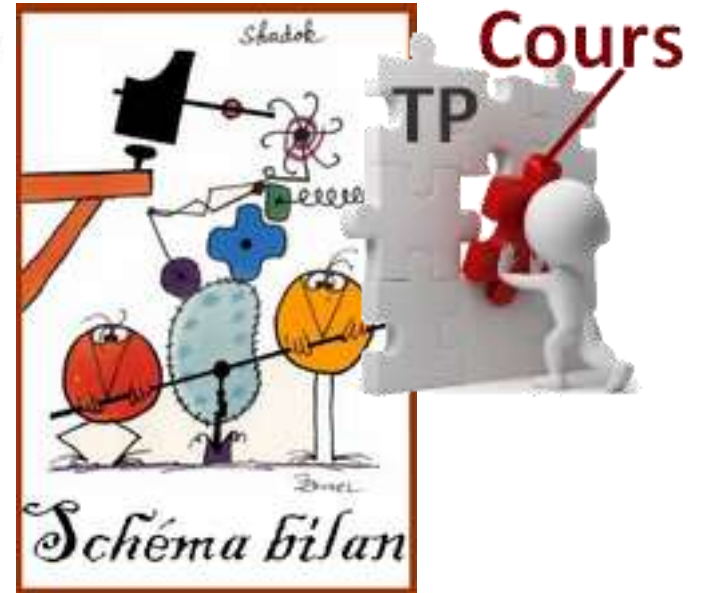
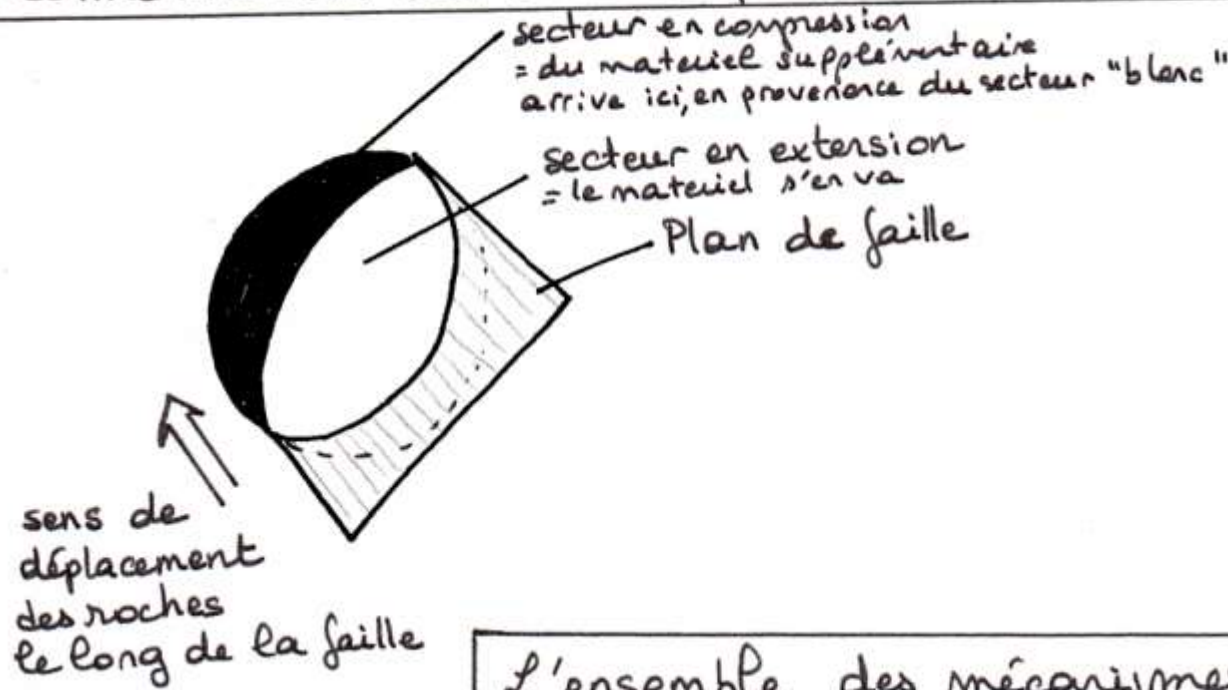
**Contraintes et séisme**

La connaissance des contraintes à l'origine du séisme permet de comprendre le partage en quatre cadrans.

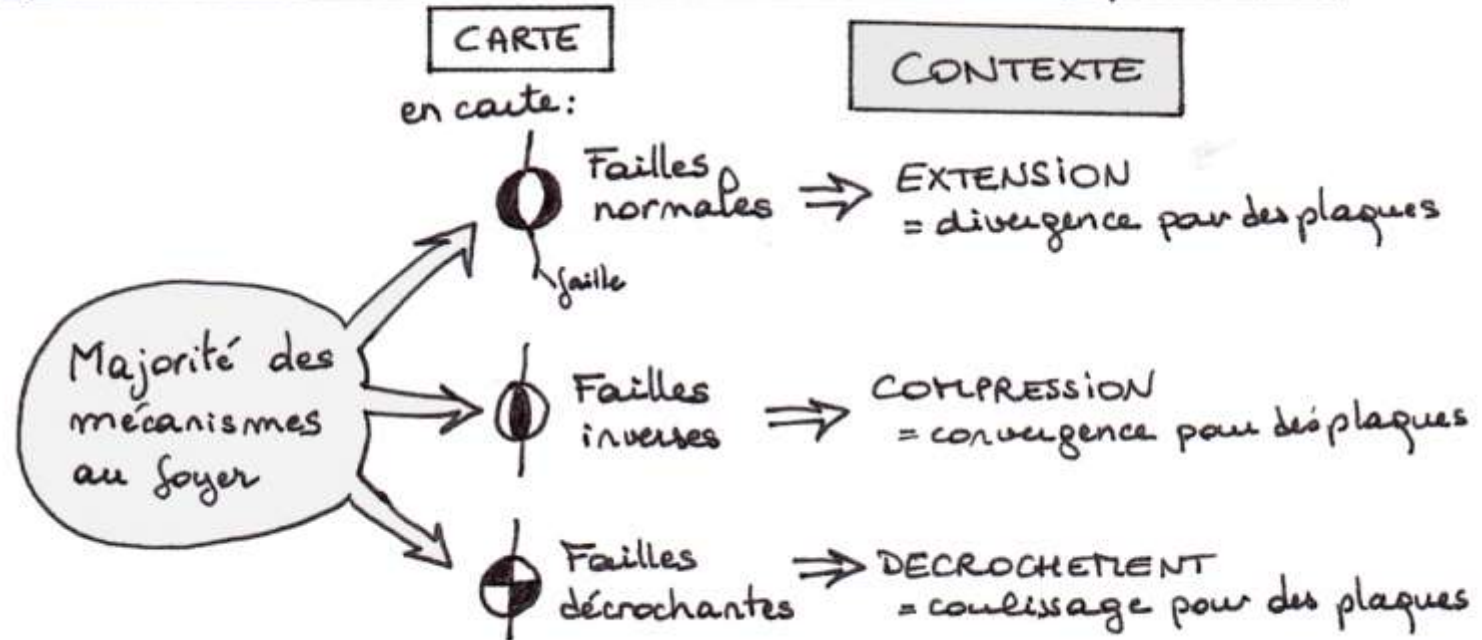
Inversement, La connaissance des cadrans permet de connaître l'orientation des contraintes.

Bruno Anselme

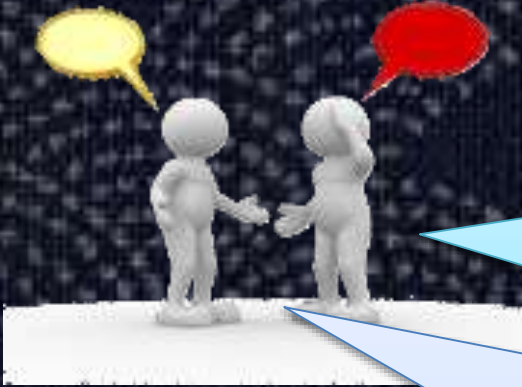
# Le mécanisme au foyer donne la géométrie de la faille et le mouvement des deux compartiments



L'ensemble des mécanismes au foyer d'une région permet de caractériser le contexte tectonique







Travail par deux

Matériel :

- 2 classeurs ou trousse pour matérialiser les deux compartiments qui ont bougé le long de la faille
- 2 ½ sphères noires et blanches = sphère des mécanismes au foyer

### EXERCICE 1

- Proposez à votre voisin « une faille » qui a déplacé un des deux compartiments par rapport à l'autre.
- Il doit placer le plan de coupure de la sphère selon le plan de faille (ce plan là ne peut pas changer!)
- Tournez la sphère (sans changer le plan de faille) jusqu'à obtenir la bonne répartition des compartiments en dilatation (blancs) et en compression (noirs). Notez qu'il n'y a qu'une seule solution!
- **Regardez par au-dessus pour projeter** cette sphère sur la paillasse =c'est ainsi qu'on la représentera sur une carte -> mémorisez l'image obtenue pour chaque type de faille

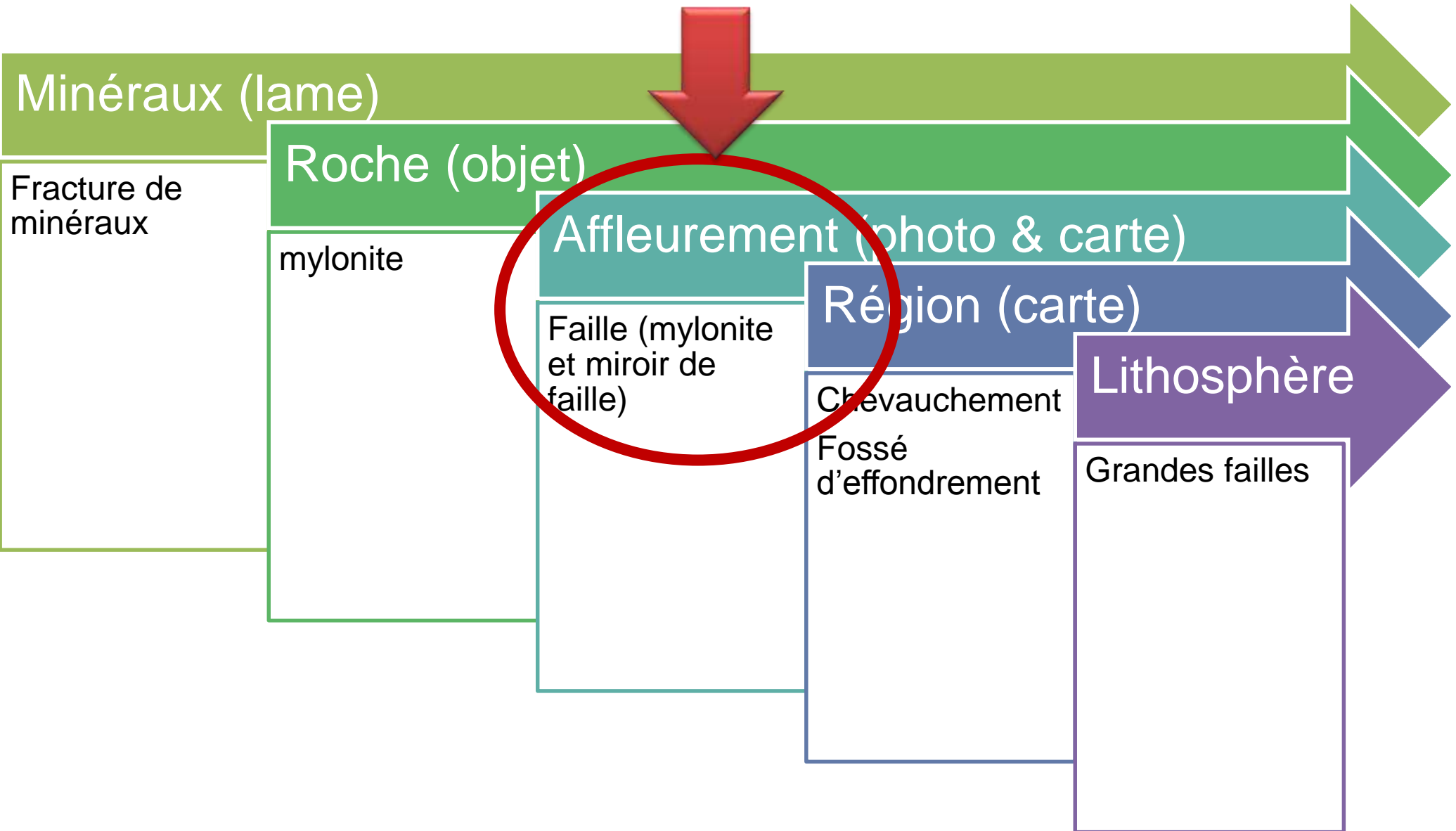
### EXERCICE 2

- Cette fois-ci, vous proposez directement une sphère à votre voisin, qui doit dire, en regardant par au-dessus, de quel type de faille il s'agit)



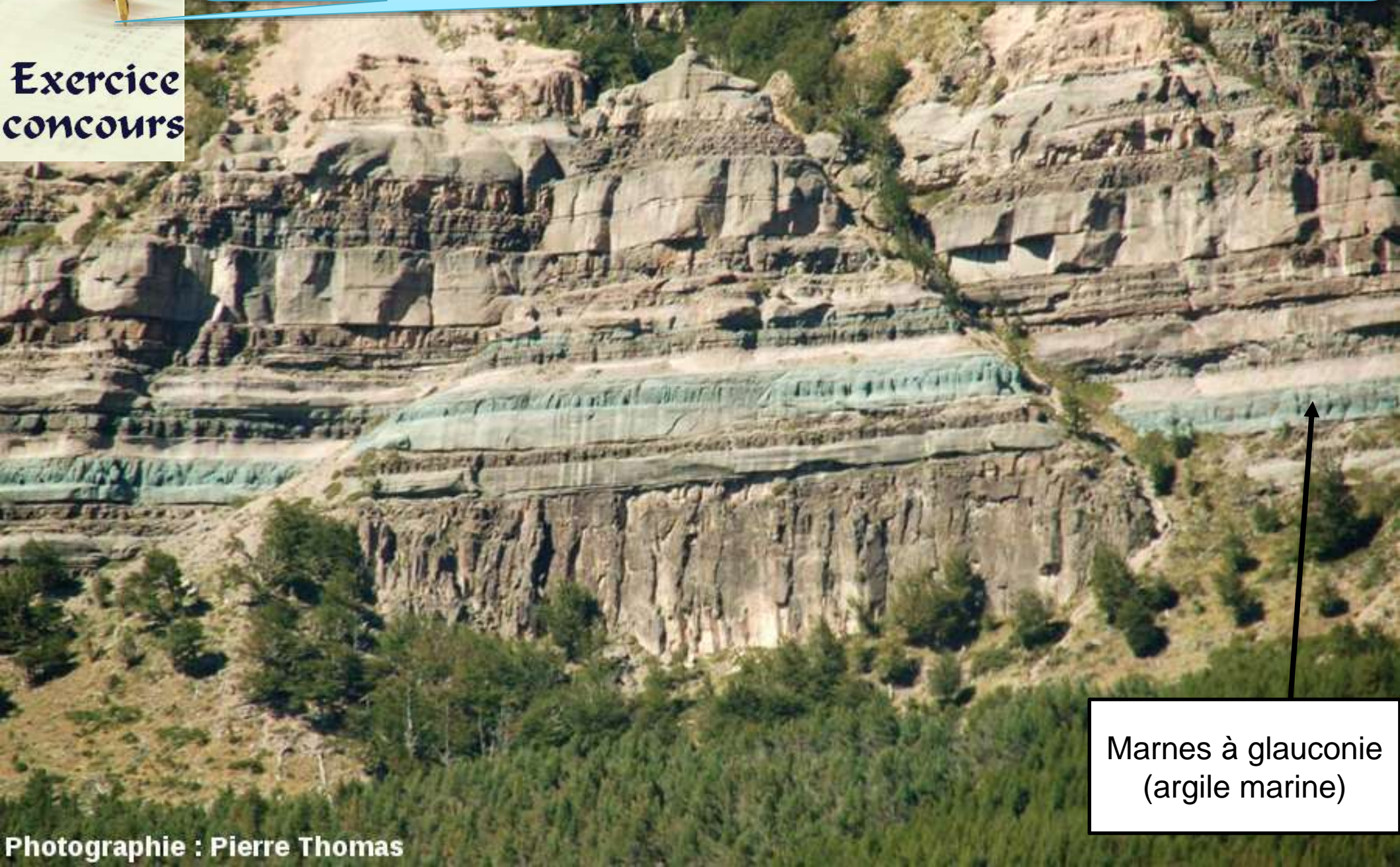


# 11.4. Repérer et analyser une faille dans un paysage



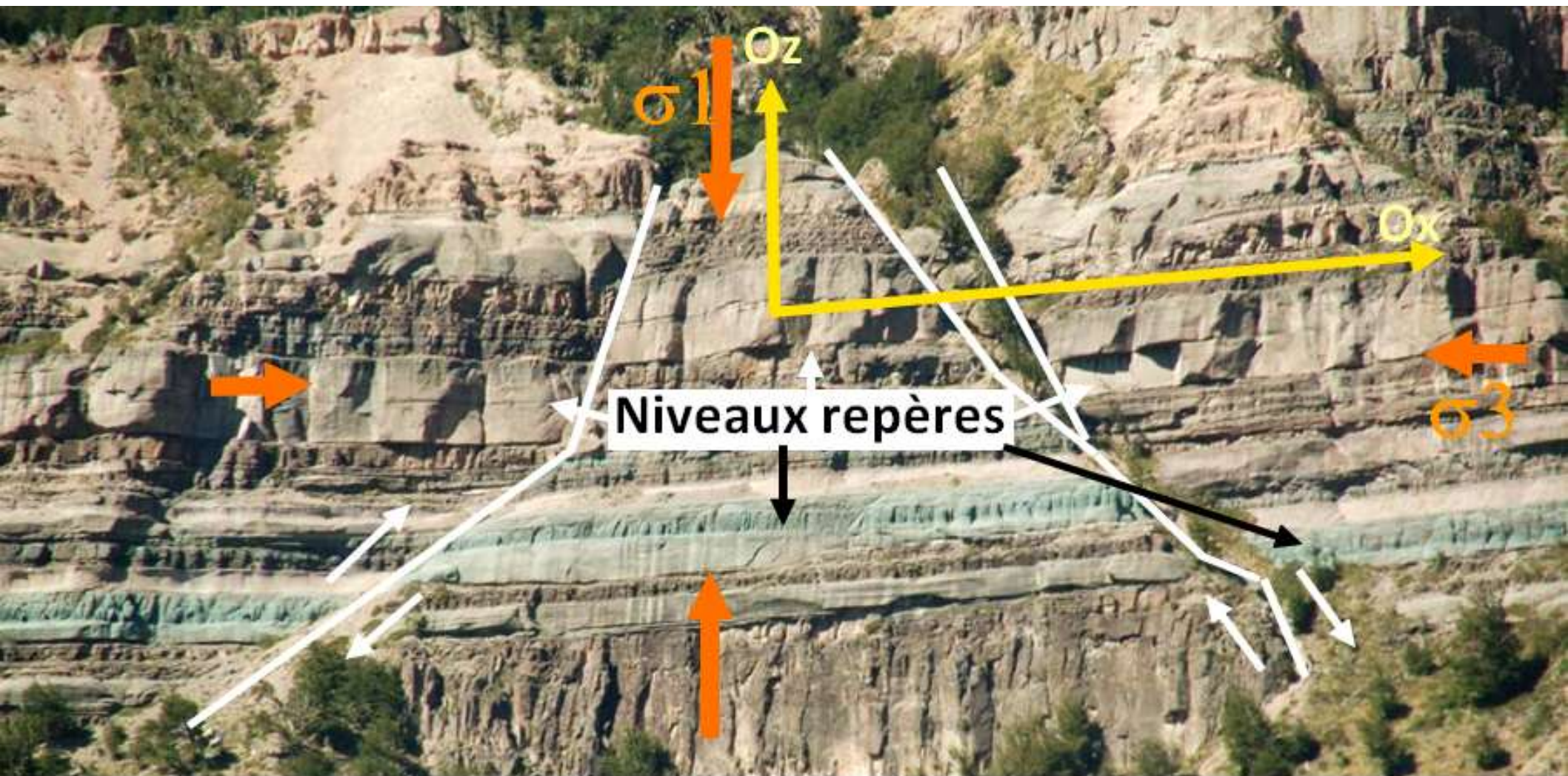
En supposant que toute la déformation se fait dans le plan de l'affleurement, quantifier la déformation, donner l'ellipsoïde des déformations et des contraintes. Expliquer la formation d'un tel affleurement à l'aide de schémas. Nommer le type de fracture et proposer un contexte de formation si possible.

**Exercice  
concours**



Marnes à glauconie  
(argile marine)





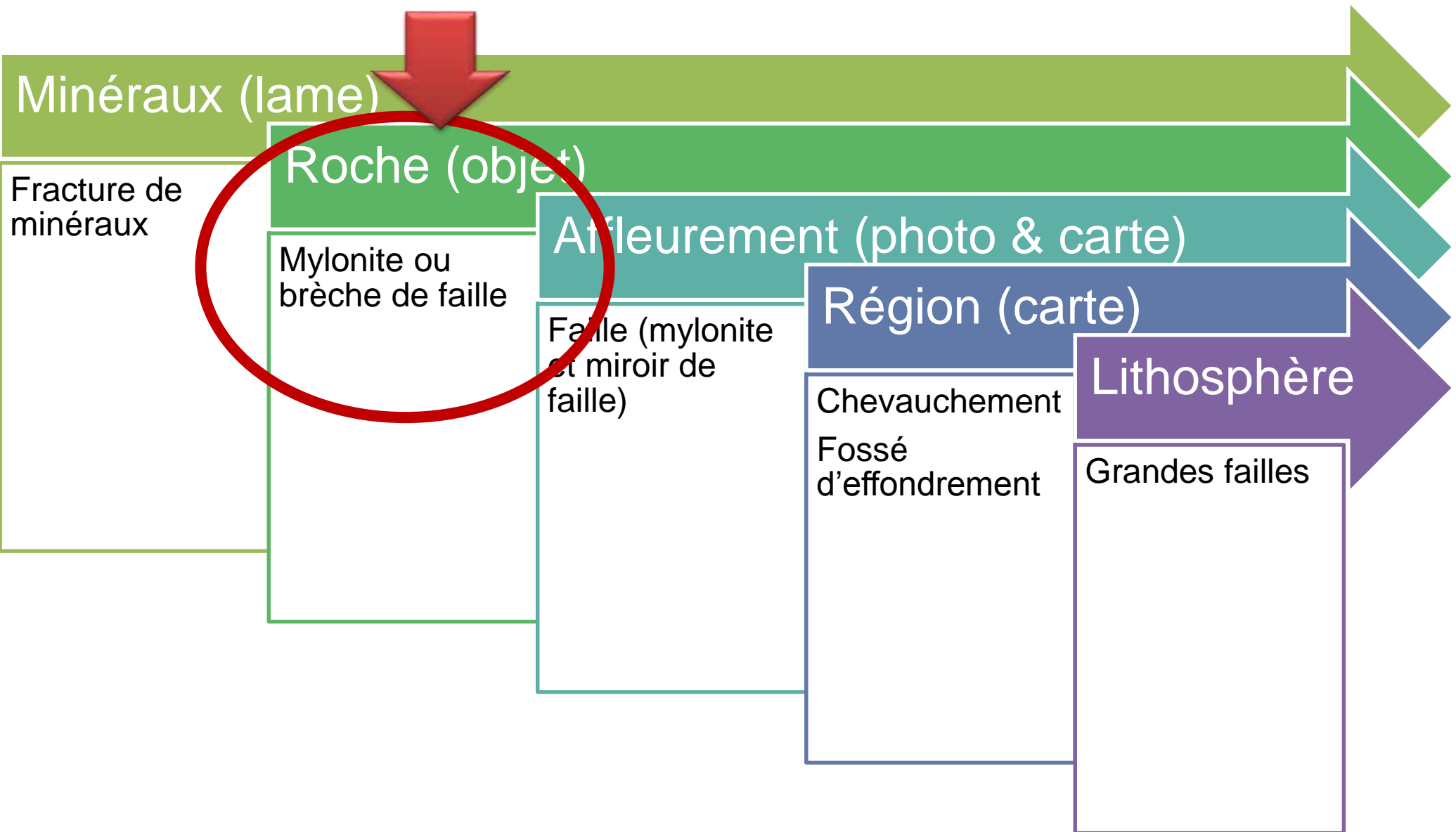
Niveaux repères

Il s'agit d'un système de 2 failles normales conjuguées, donc un contexte distensif. On reconnaît des failles normales car c'est comme si les blocs "glissaient" selon la gravité. Ces failles ont un pendage de  $60^\circ$ , ce qui est attendu. L'extension est d'environ 7%. Il n'y a pas d'indice de rotation, donc on peut reconstituer les directions des pressions, parallèlement aux directions d'allongement maximum ( $Ox$ ) et de raccourcissement max ( $Oz$ ).





## 11.5. Une faille broie la roche sur une certaine épaisseur, et produit une brèche de faille ou une mylonite



## À l'échelle de l'affleurement, une faille n'est pas une surface plane sans épaisseur !



Une faille n'est pas une surface plane, sans épaisseur, mais généralement un "couloir de faille", entre les 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 . 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.



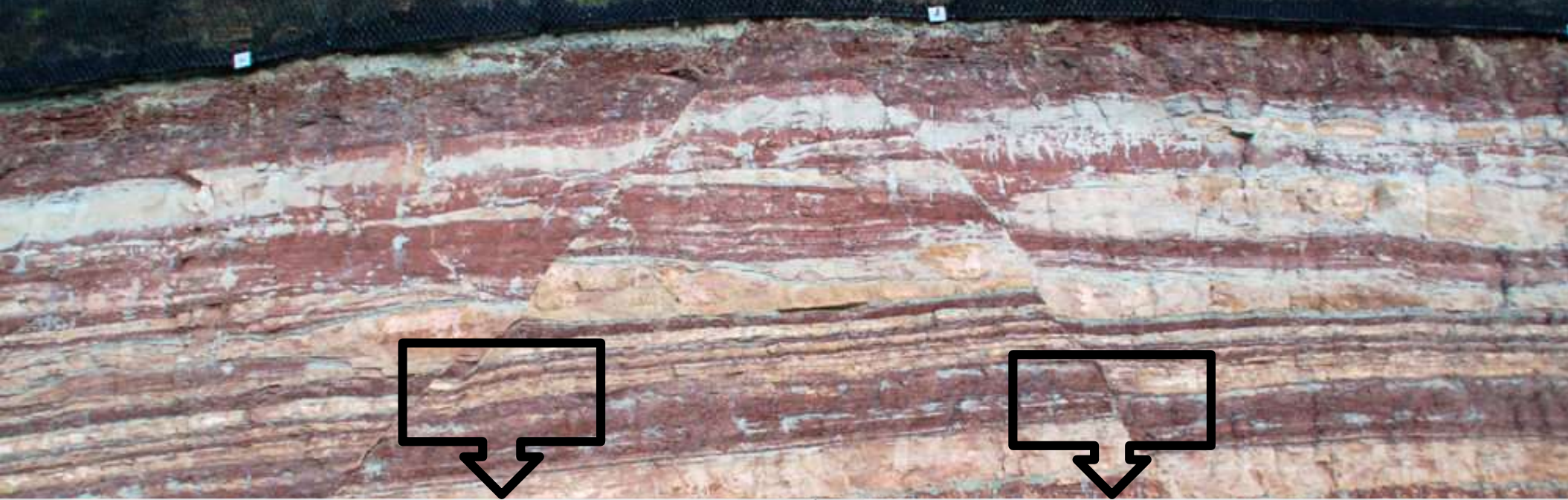
Couloir de faille rempli d'une brèche ayant subi un début de mylonitisation

Sentier du couloir ouest du Petit Som, (Savoie)

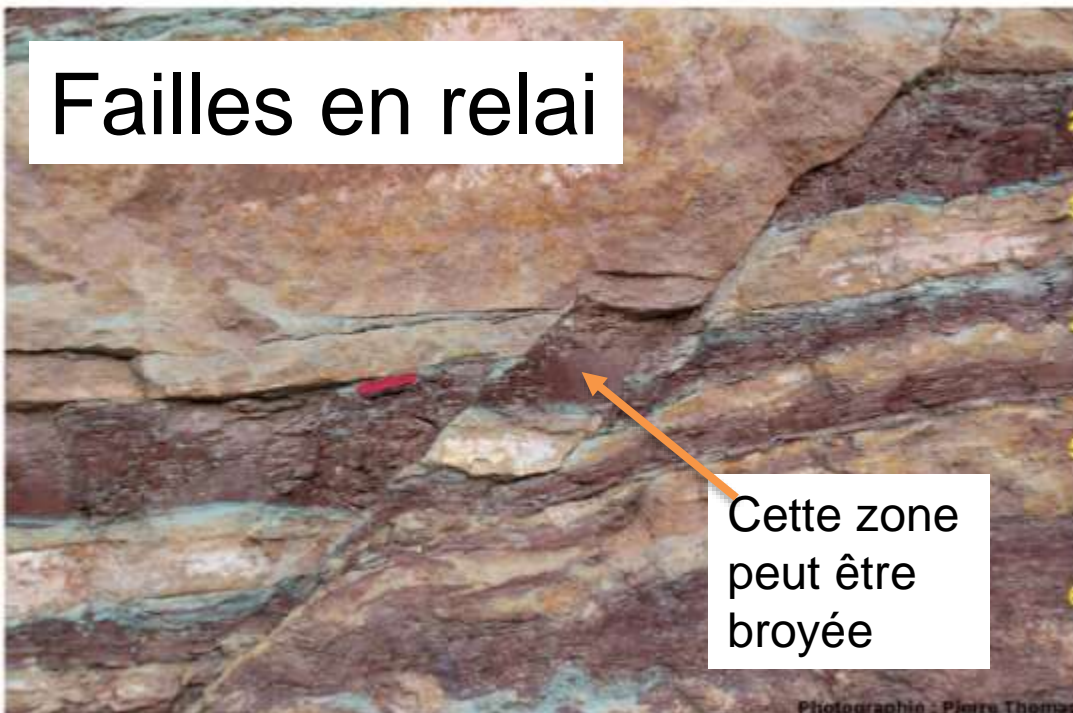
Source ;le fabuleux site de Maurice Gidon (niveau Master) : [http://www.geol-alp.com/0\\_geol\\_gene/tectomicro/couloirs\\_faille.html](http://www.geol-alp.com/0_geol_gene/tectomicro/couloirs_faille.html)



## 11.6. Une faille présente des microstructures associées

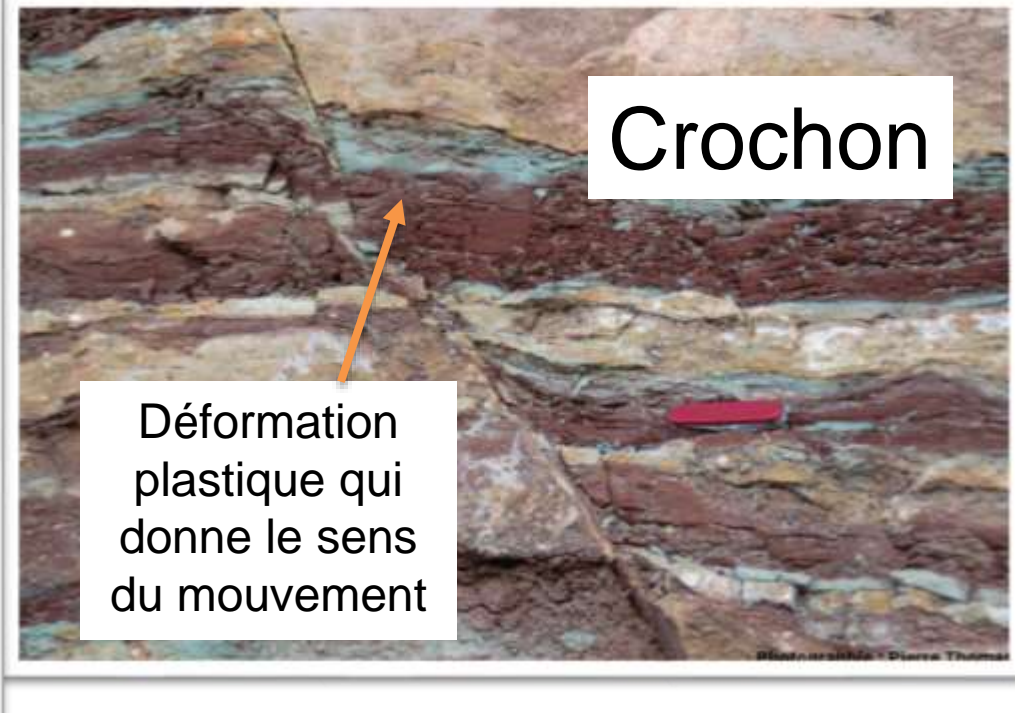


Failles en relai



Cette zone  
peut être  
broyée

Crochon



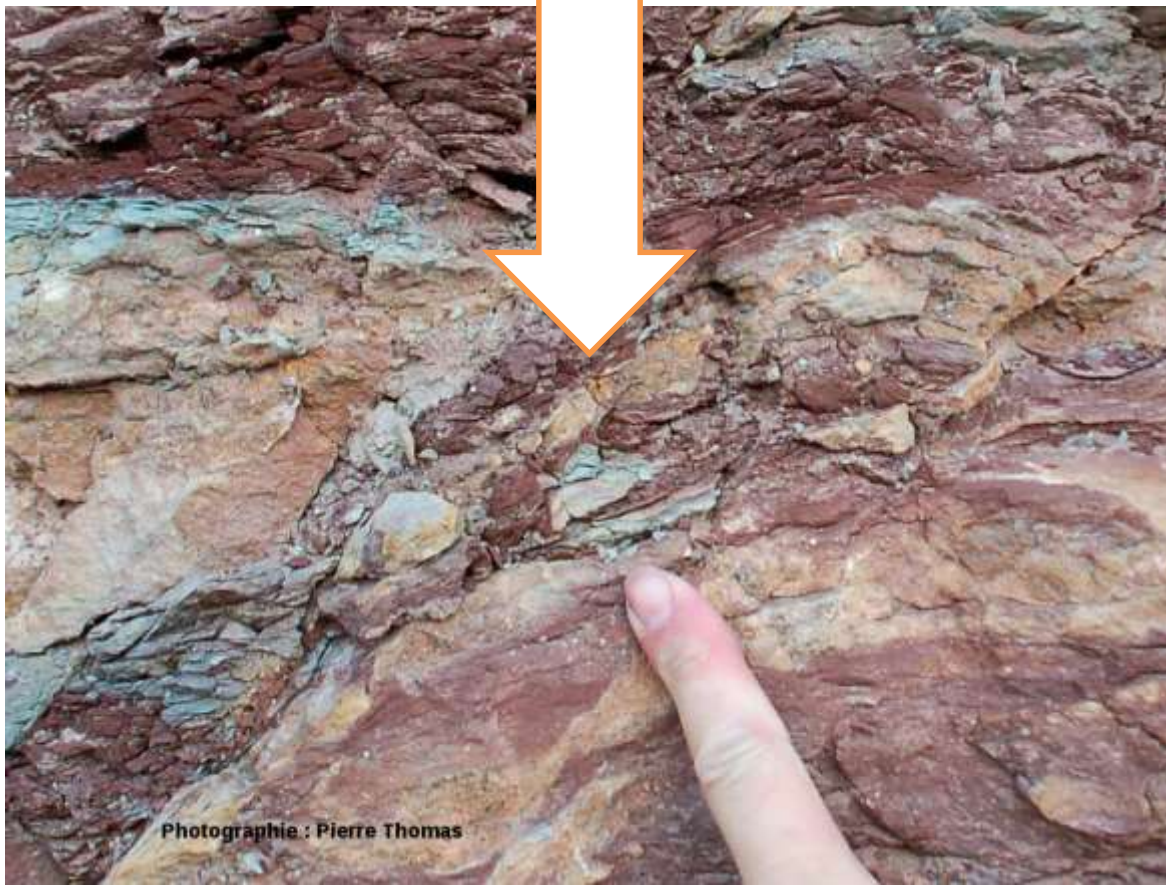
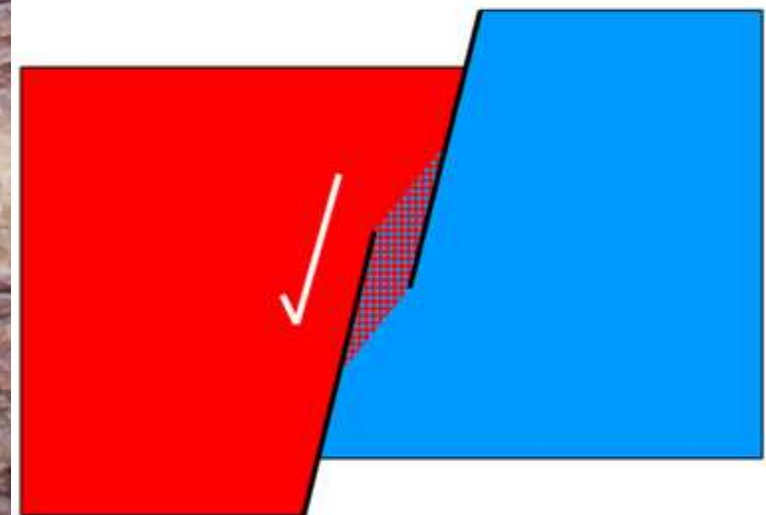
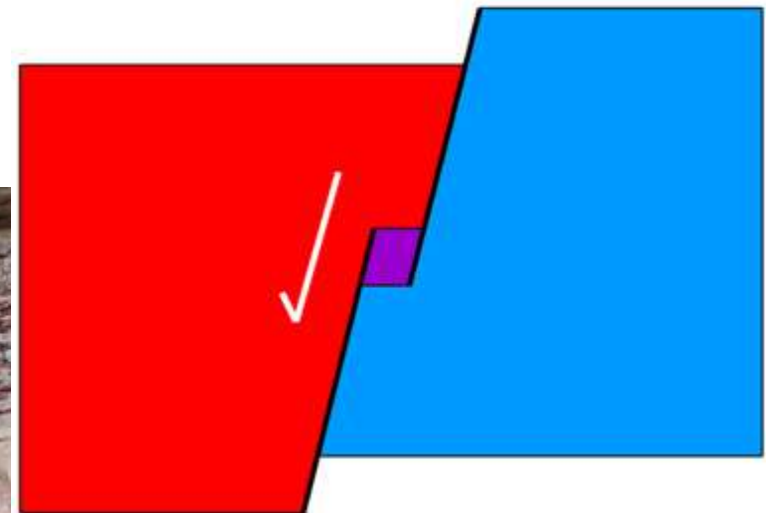
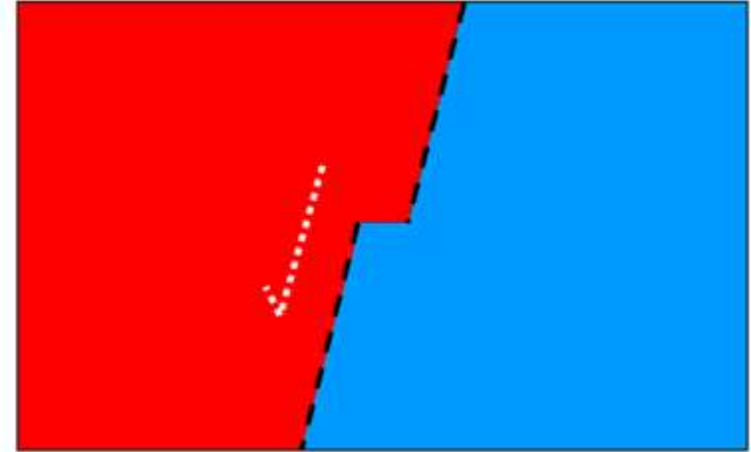
Déformation  
plastique qui  
donne le sens  
du mouvement



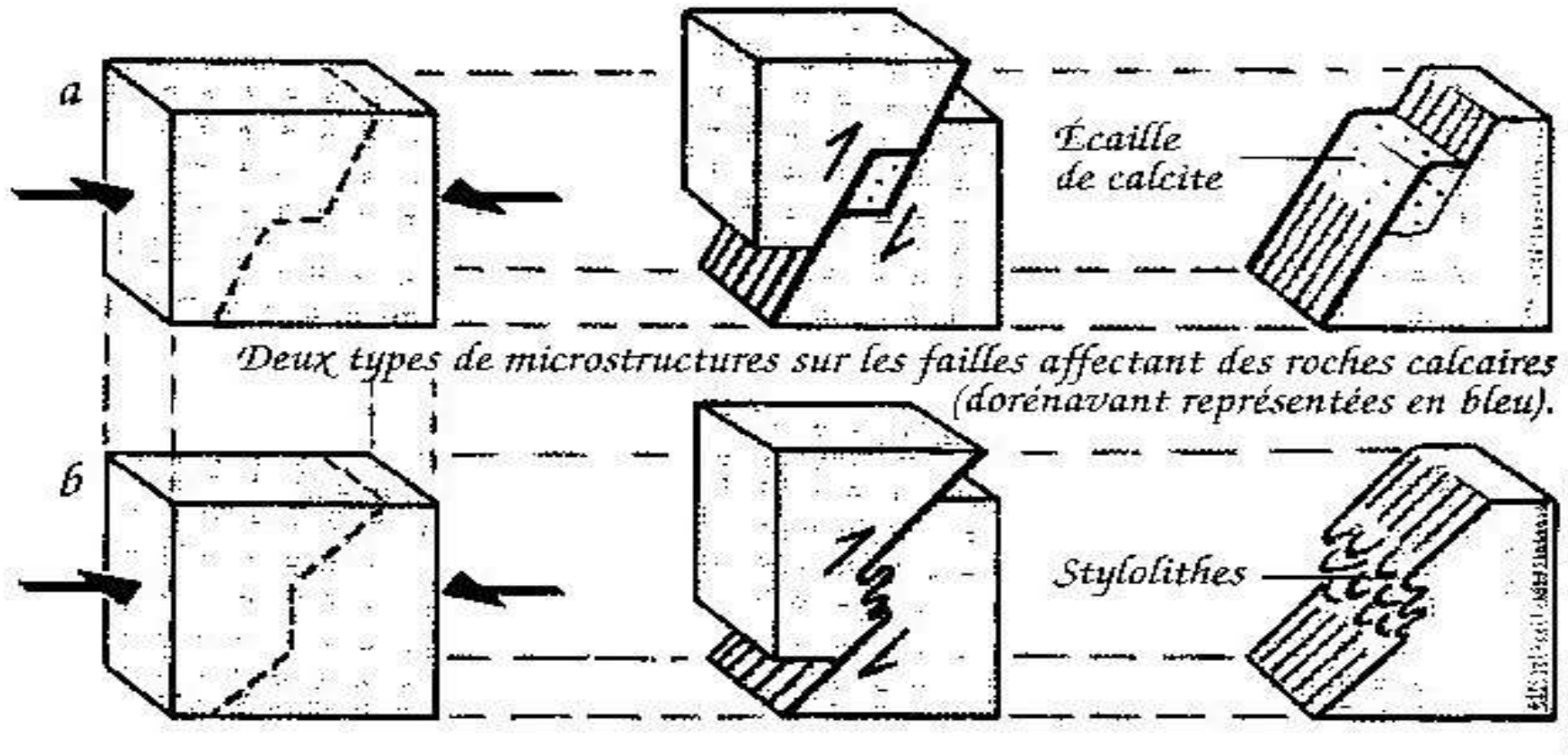
## Dans les zones de relai en compression, il y a des brèches de faille

Une brèche de faille est une brèche dont les éléments figurés proviennent de la (des) roche(s) recoupée(s) par la faille.

En cas de broyage intense, on parle de mylonite.



## Quand un seul des deux compartiments persiste, on peut voir le miroir de faille



Présence de stries -> direction (mais pas le sens).

Avec une faille pas complètement plane,

on peut **déterminer dans quel sens la faille a joué pour la dernière fois.**



## Un miroir de faille sans microstructures

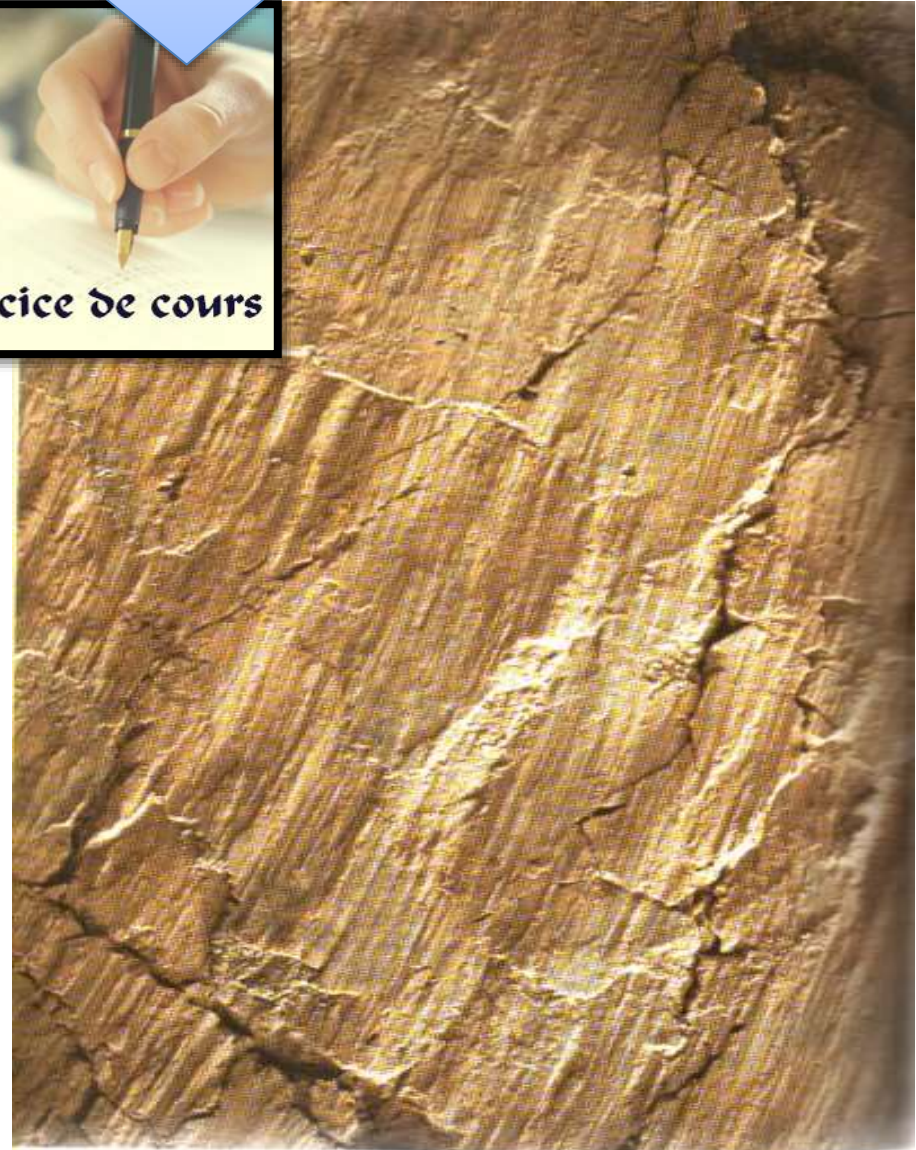


Déterminez le type de jeu de cette faille.  
Comparez cela à son pendage apparent

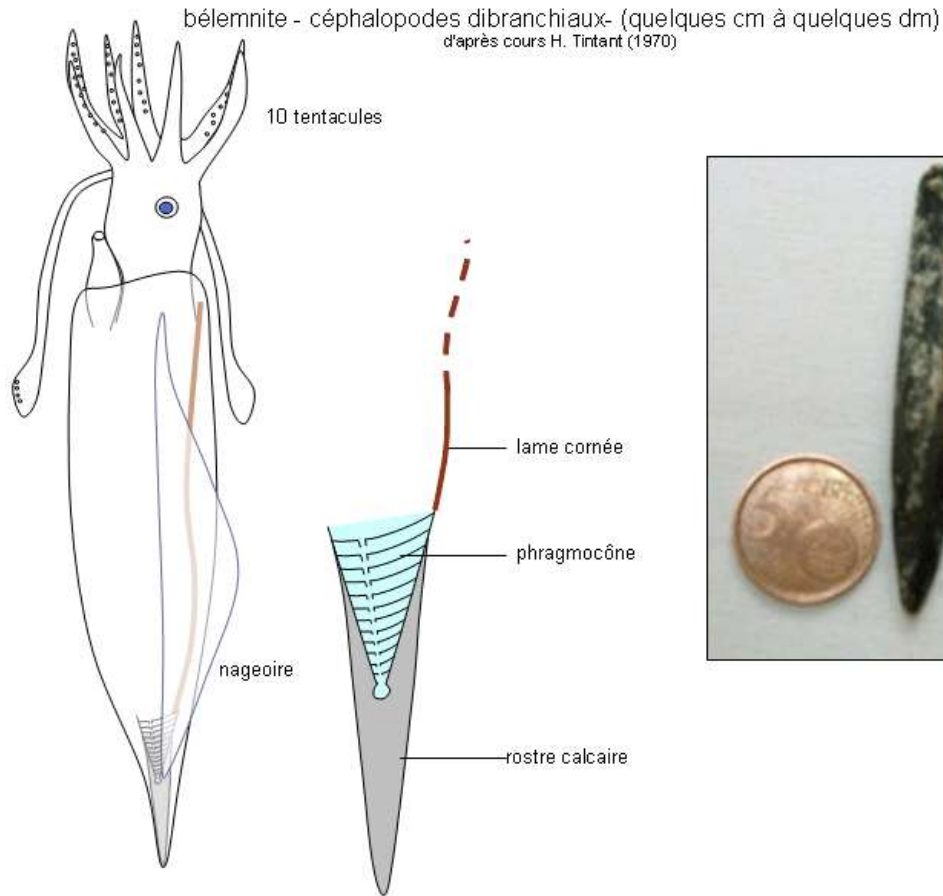
Exercice de cours

### ***Attention ! Une faille peut rejouer!***

- On connaîtra le mécanisme de formation de la faille à l'aide de son pendage (faille normale =  $60^\circ$ ; faille inverse =  $30^\circ$ ).
- On connaîtra parfois son dernier jeu avec les microstructures du miroir de faille



# 11.7. Dans une roche, des minéraux ou des fossiles peuvent être fracturés ou tronçonnés perpendiculairement à l'axe d'allongement maximum

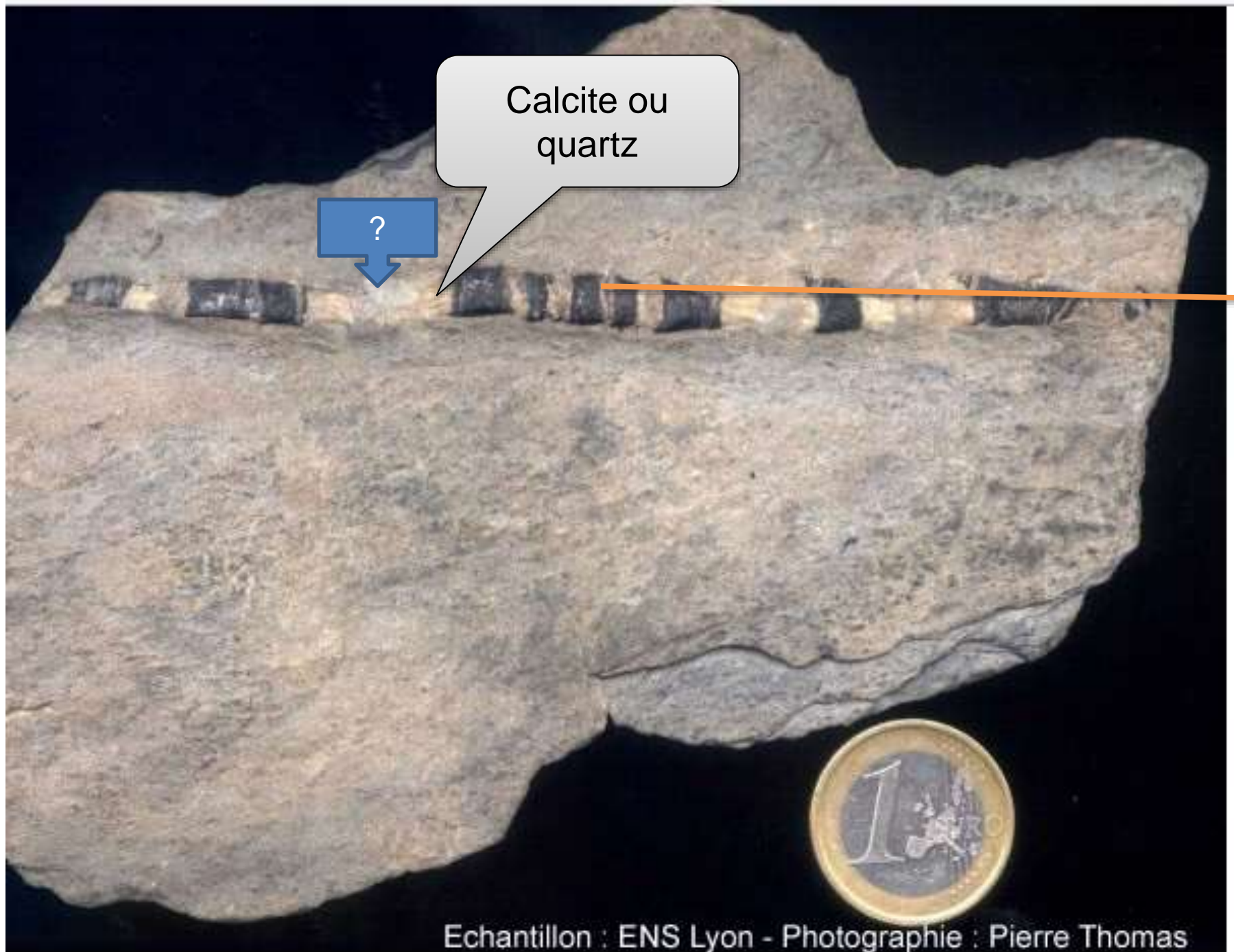


Analysez

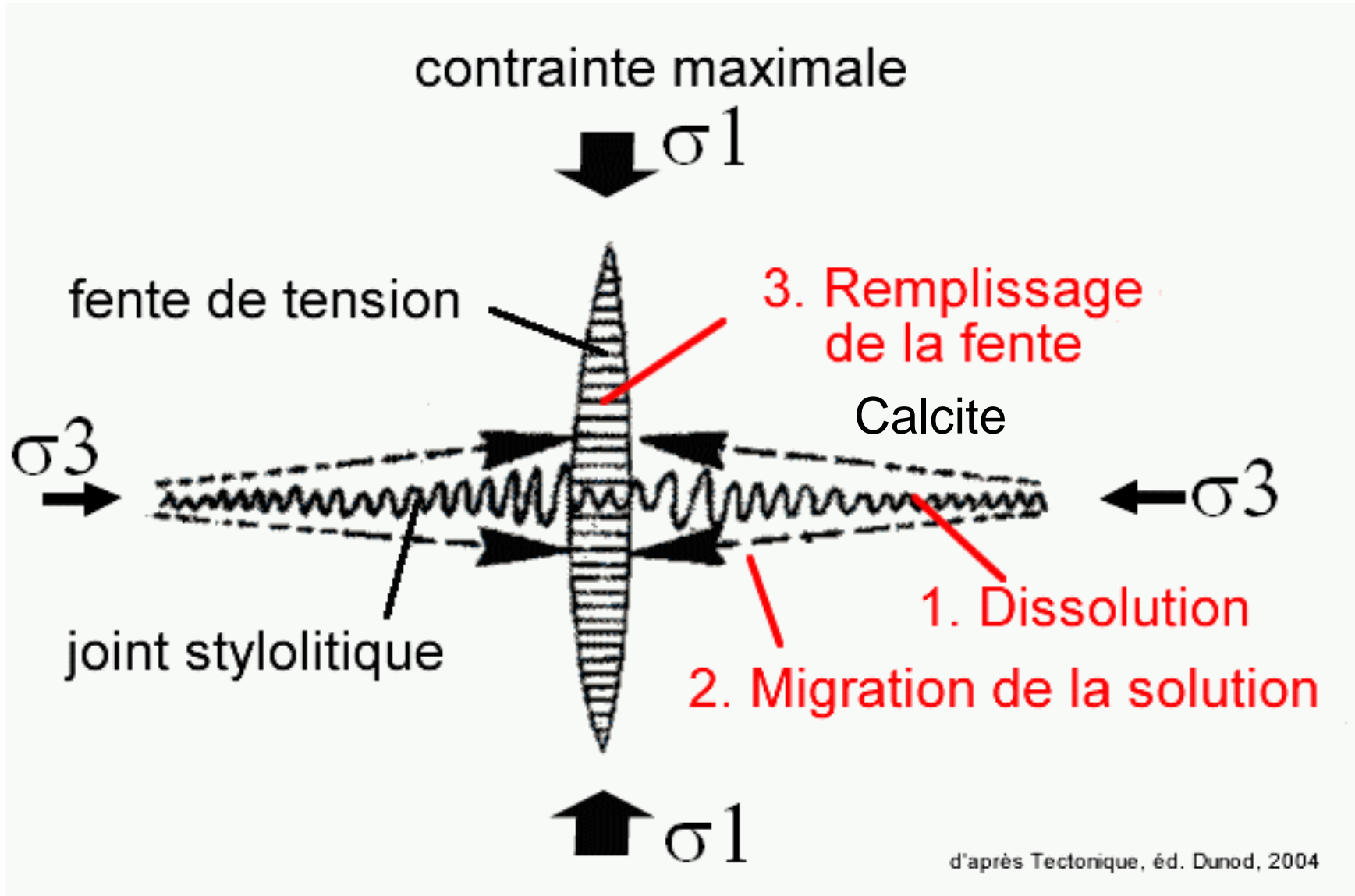




## Les minéraux ou fossiles tronçonnés donnent Ox

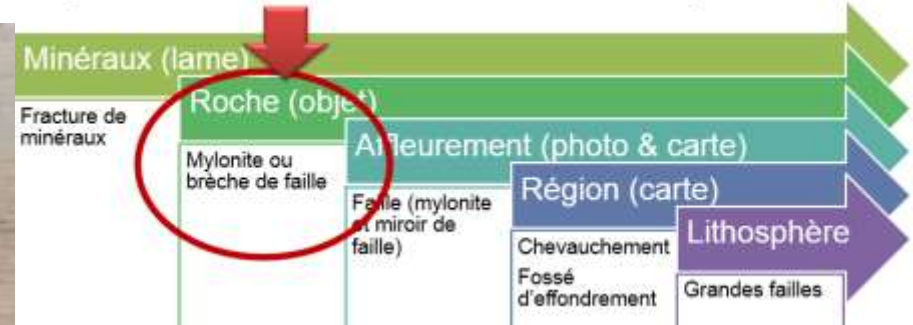
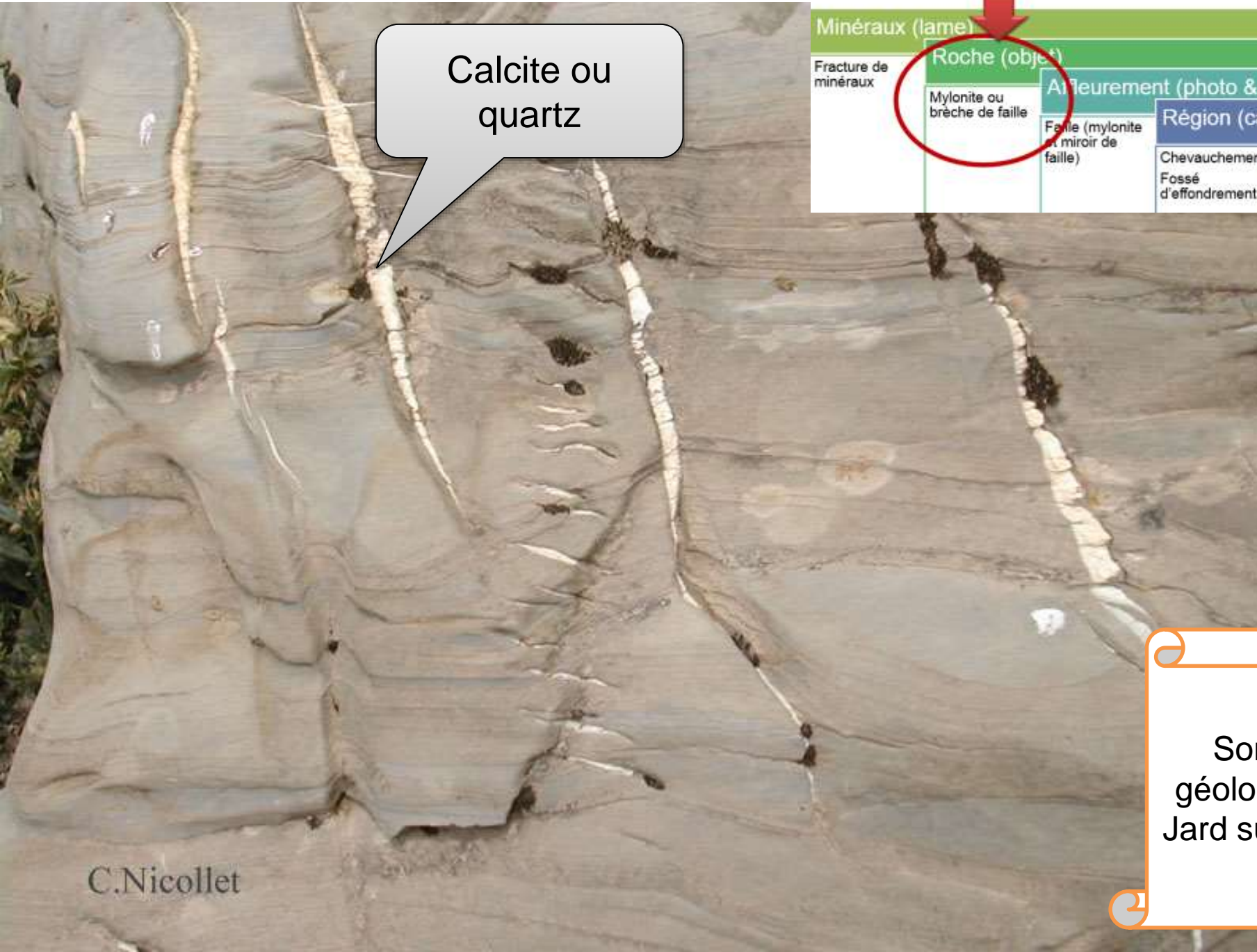


## 1.2. Des fentes de tension peuvent se former dans toutes les roches, et des joints stylolithiques dans les roches calcaires





## 12.1. Toute roche en extension peut produire des fentes de tension



Sortie  
géologique  
Jard sur Mer

## 12.2. Seules les roches calcaires produisent des joints stylolithiques

### Exercice concours

Où avez-vous vu ce type de déformation?

Culture générale

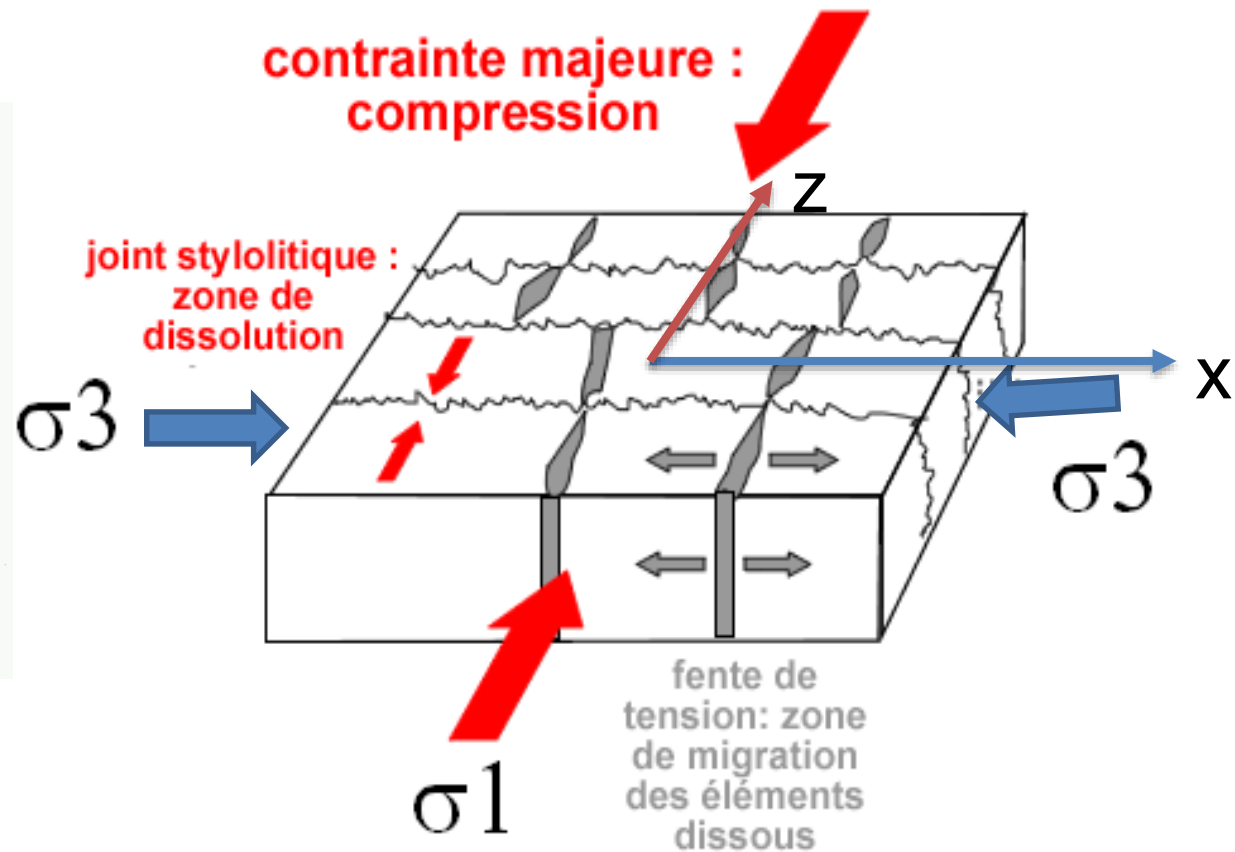
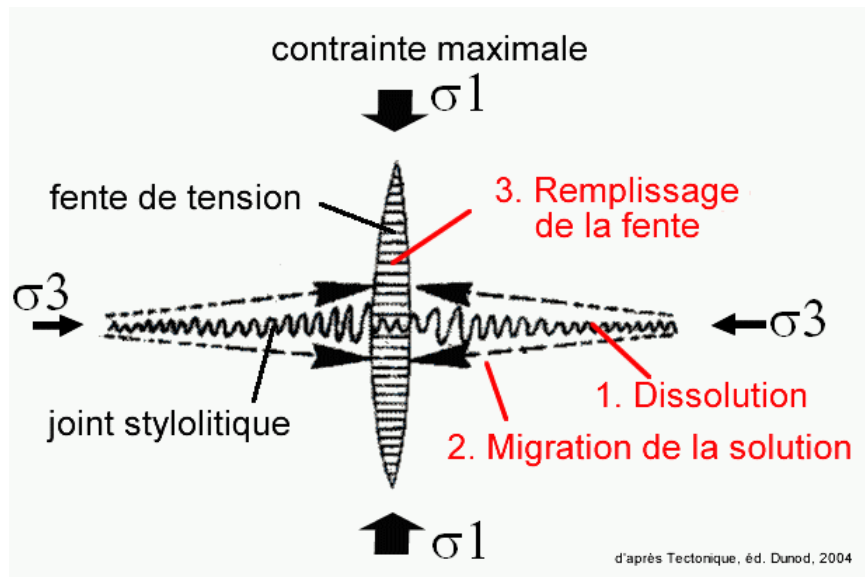


Prenez le porte-couteau (un pour 2), analysez la déformations et précisez la nature de la roche.



## 12.3. Ces deux structures sont associées dans les roches calcaires

- Dans une roche calcaire en cisaillement pur, les plans des fentes de tension et des joints stylolithiques sont perpendiculaires.
- Perpendiculaire à chacun de ces plans, on trouve respectivement l'axe d'allongement maximum ( $Ox$ ) et de raccourcissement maximum ( $Oz$ ).
- Comme il n'y a pas de rotation par cisaillement simple, on trouve la contrainte maximum  $\sigma_1$  selon  $Oz$  et la contrainte minimum  $\sigma_3$  selon  $Ox$ .

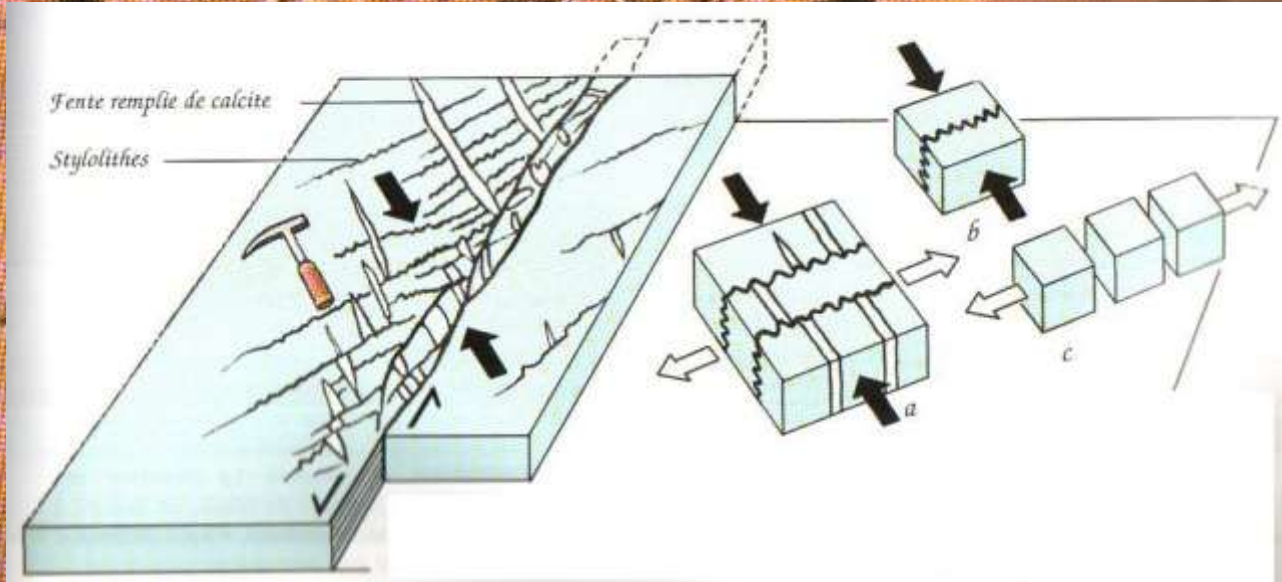
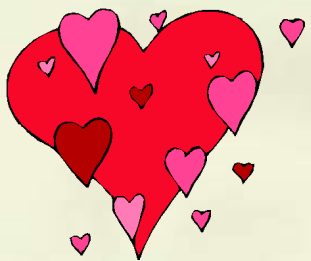


Analysez cet affleurement du Languedoc



# Exercice concours

(Mattauer « ce que disent les pierres » Belin, à lire absolument !)





# 1.3. Chevauchement et charriages déplacent les roches horizontalement

## 13.1. Chevauchement et charriages sont repérables en carte par un figuré

Comment voit-on sur une carte un chevauchement?

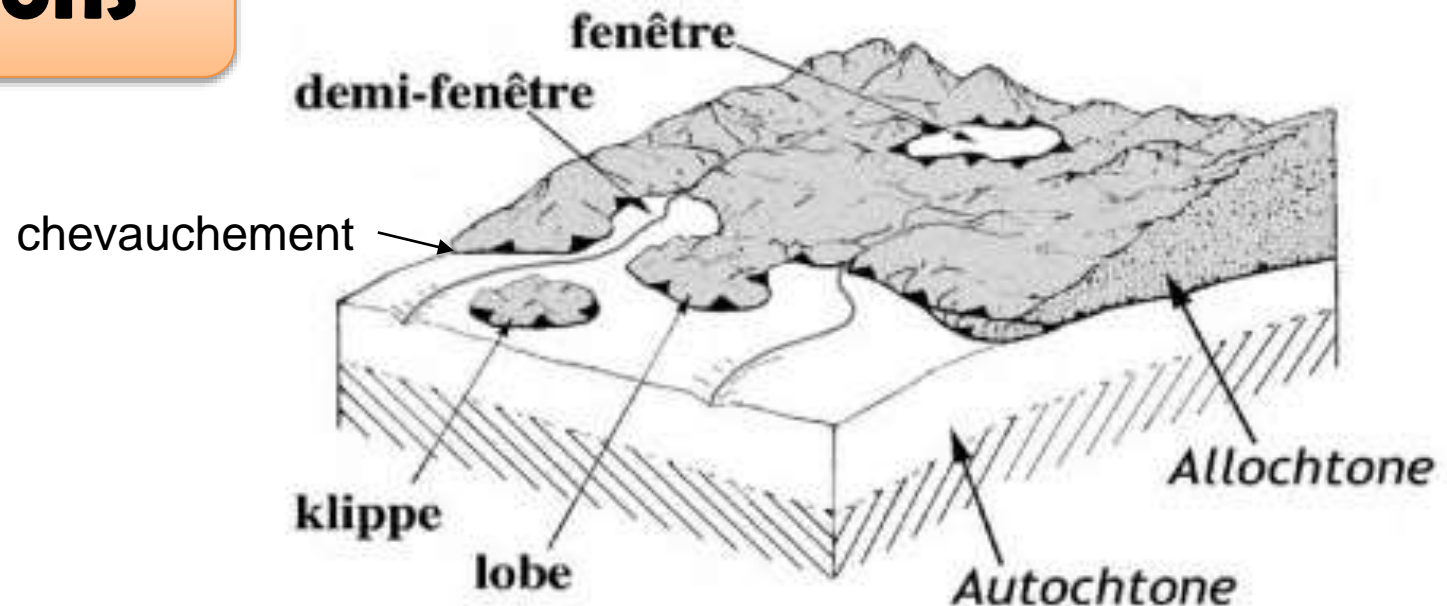


Que veut dire le figuré de chevauchement?





# Définitions



- Un **chevauchement** désigne un mouvement tectonique qui amène une série de terrains à en recouvrir une autre par le biais d'un contact anormal de type **faille inverse**, généralement de faible inclinaison, nommé surface de chevauchement.
- Un chevauchement d'amplitude pluri-kilométrique est appelé un **charriage**.
- Une **klippe** (mot allemand : *écueil*) est une partie d'une nappe de charriage isolée du reste de celle-ci par l'effet de l'érosion.
- À l'inverse, des terres anciennes isolées apparaissant à la surface, entourées d'une nappe de charriage, sont appelée **fenêtre** géologique.



# Carte de France million



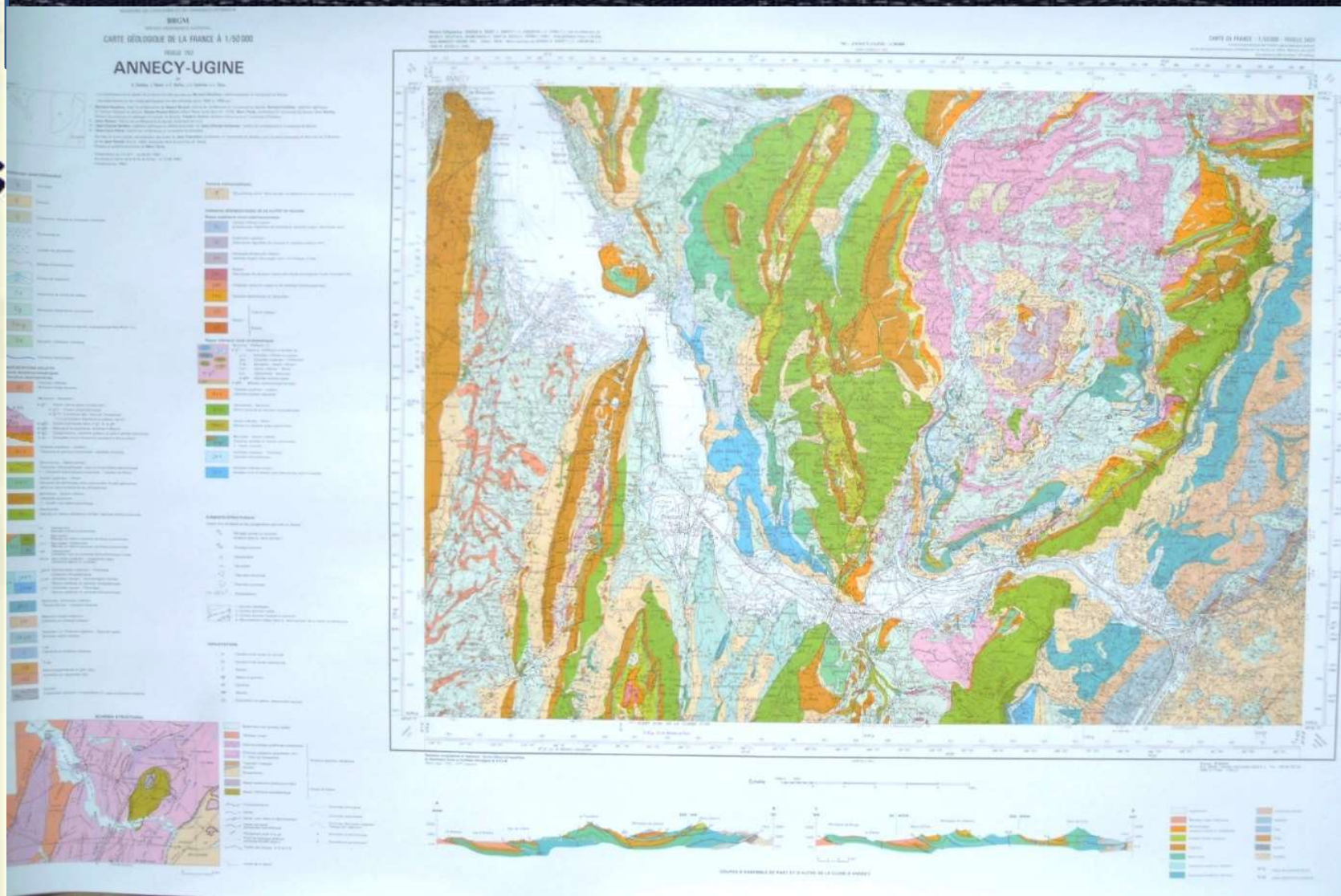
- Sur la carte de France au millionième, identifiez
- 1) Un chevauchement
  - 2) Une nappe de charriage
  - 3) Une klippe
  - 4) Une fenêtre





# Exercice concours

Sur la carte D'Annecy Ugine au 1/50 000,  
identifiez une klippe.  
Comment savoir immédiatement  
si il y a une klippe à chercher sur une carte ?



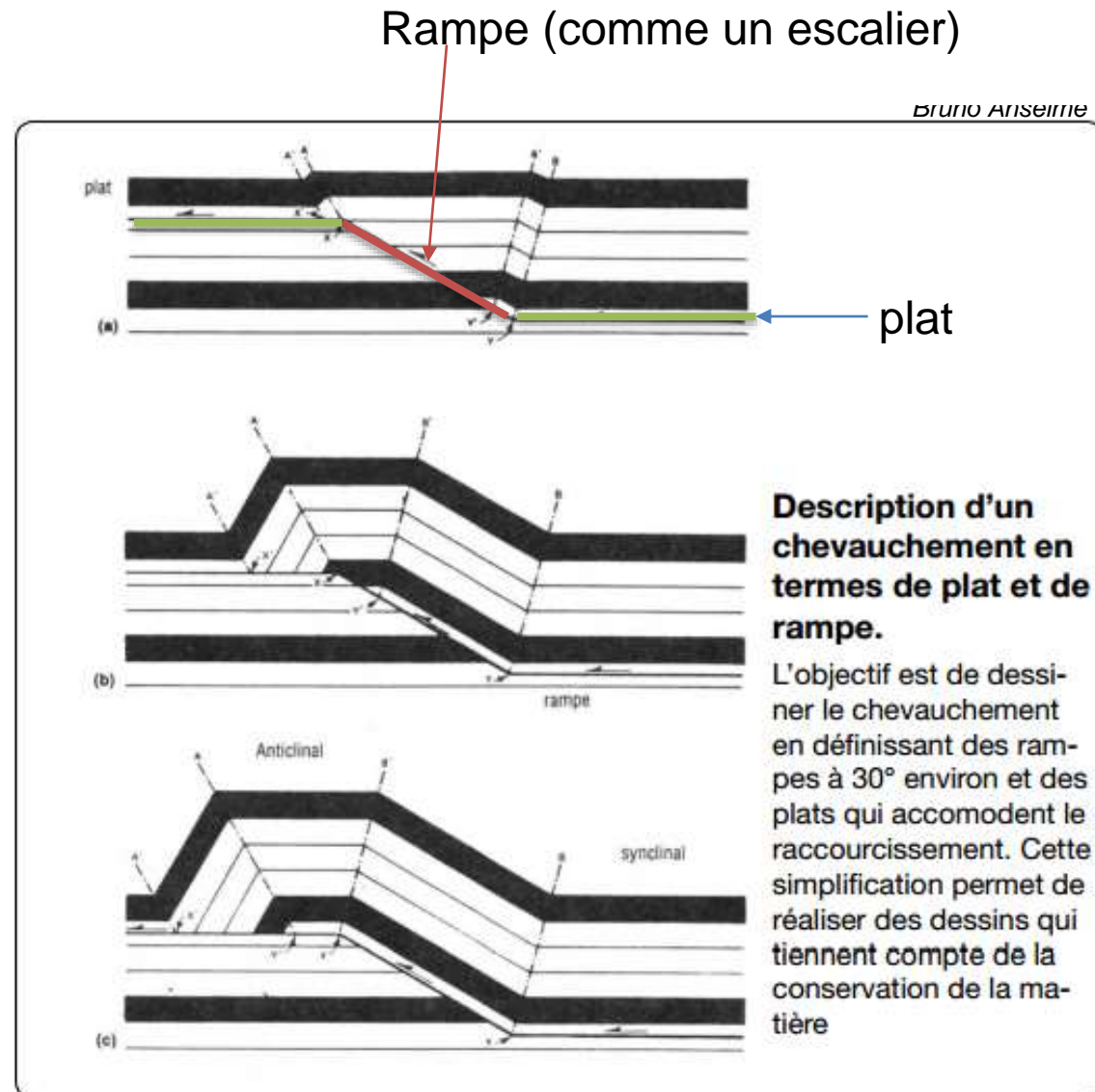


## 13.2. Un chevauchement avec un changement de pente fait apparaître un anticlinal de rampe

Un anticlinal peut se former lors d'un chevauchement qui monte sur une rampe. On parle d'anticlinal de rampe.

C'est très fréquent dans le Jura et la portion la plus externe des Alpes.

Une déformation continue peut succéder à une déformation discontinue et former un pli de rampe





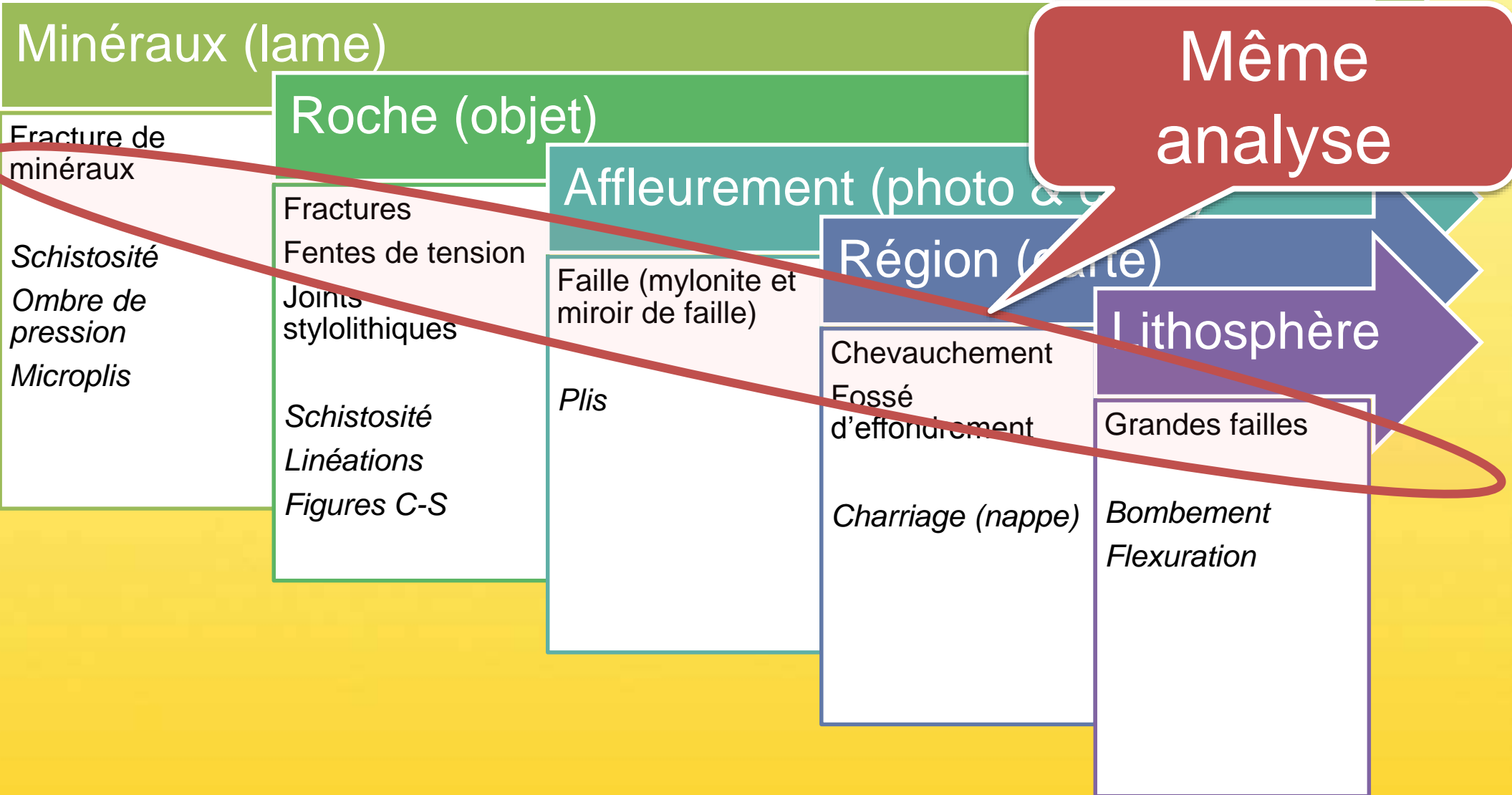
# à retenir sur les failles

- Une faille est un contact anormal d'origine **tectonique**, avec une **rupture** qui a permis un **déplacement** relatif d'un compartiment par rapport à l'autre. Il en existe à toutes les échelles. À l'échelle de la roche on parle de fracture et de **fentes de tension**.
- Une faille est caractérisée par son mouvement: **faille normale, inverse, décrochante**. Ce jeu est indiqué par un **figuré** sur la carte de France et par la projection de la sphère des **mécanismes au foyer** sur des cartes tectoniques. Sur le terrain le pendage donne le contexte de formation de la faille (**60° pour une faille normale, 30° pour une faille inverse**), et le **miroir de faille** indique le **dernier jeu** de cette faille. Ces deux données peuvent être contradictoires, car une faille peut **rejouer**.
- Une faille inverse peu inclinée et qui a permis un grand déplacement de matière est un plan de **chevauchement**. Si il y a un déplacement de matière sur plusieurs kilomètres, on parle de **charriage**.
- On peut toujours décrire **l'axe d'allongement** maximum et celui de raccourcissement maximum **en reconstituant l'objet initial** à l'aide d'un élément repère (une strate par ex). En absence de cisaillement simple (de rotation), on peut aussi reconstituer les contraintes. Pour une faille, la contrainte maximum  $\sigma_1$  **fait un angle de 30° avec le plan de faille**. Pour une **fente de tension**, ou un **élément fracturé** dans la roche (fossile, minéral), **l'axe d'allongement maximum et  $\sigma_3$  sont perpendiculaires au plan de fracture**. Dans une roche calcaire, il peut se former des joints stylolithiques par dissolution de la calcite, dans un plan perpendiculaire à  $O_z$  et  $\sigma_1$ .





# les déformations de même type s'analysent de la même façon quelque soit l'échelle



*En italique, les déformations continues (plastiques)*

# 2. DÉFORMATIONS CONTINUES (PLASTIQUES)

Minéraux (lame)

Schistosité  
Ombre de pression  
Microplis

Roche (objet)

Schistosité  
Linéations  
Figures C-S

Affleurement (photo & carte)

Plis

Région (carte)

Charriage  
(nappe)

Lithosphère

Bombement  
Flexuration

**Cours**

TP



Savoir reconnaître  
et interpréter ces  
déformations







# Une déformation plastique est continue et irréversible



Une déformation plastique est une déformation **continue**, qui **persiste définitivement**, même quand les contraintes se relâchent



Application : modelage sur argile = arts plastiques



Salvador Dali

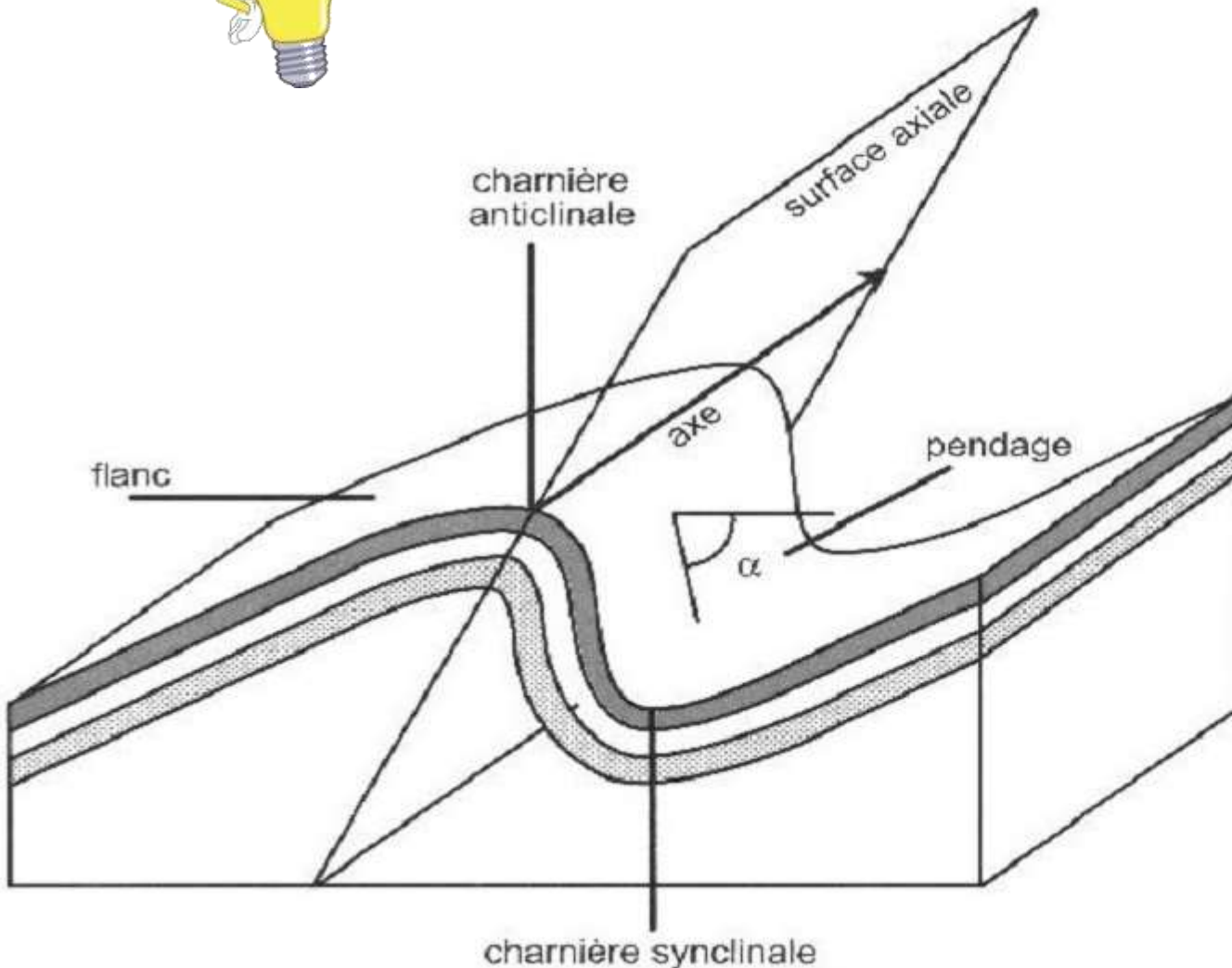
En géologie, la déformation plastique augmente avec le **temps**, malgré des contraintes stables, c'est le **fluage!**



# 2.1. Les plis existent à toutes les échelles



## Savoir décrire un pli



- synforme/antiforme
- synclinal/anticlinal
- axe du pli, charnière, flanc, pendage
- pli droit, déjeté, déversé (= en genou), couché
- isopaque, anisopaque, semblable
- déformation de flancs, de charnière



# 21.1. Un pli peut être isopaque ou anisopaque

Les déformations dans un pli isopaques sont concentrés dans la charnière

## Les différents types de plis isopaques

The image contains several diagrams and a photograph illustrating isoclinal folds. On the left, a diagram shows a 'pli isopaques' (isoclinal fold) with a vertical axial plane, labeled 'droit : le plan axial est vertical'. Below it, a 'déjeté' (overturned) fold is shown. In the center, a 'couché' (recumbent) fold is shown with horizontal flanks and axial plane, labeled 'couché : les deux flancs et le plan axial sont horizontaux'. On the right, a photograph shows a natural rock specimen with a fold. Labels include 'EXTRADOS' at the top, 'INTRADOS' at the bottom, 'styloolithes' (yellow ovals) in the hinge, and '+ Microfailles inverses' (yellow wavy lines) in the hinge. A red box points to a 'Fente de traction + cristallisation' (traction crack + crystallization) in the hinge area.

plis isopaques :

droit : le plan axial est vertical

EXTRADOS

styloolithes

+ Microfailles inverses

INTRADOS

Fente de traction + cristallisation

déjeté

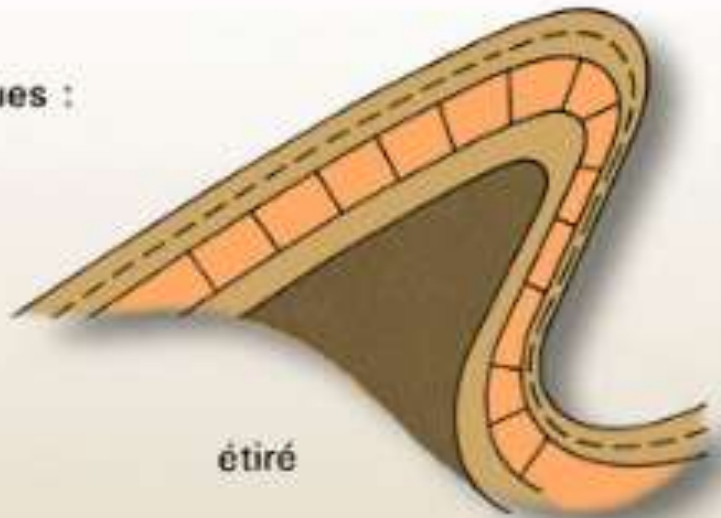
couché : les deux flancs et le plan axial sont horizontaux

déversé

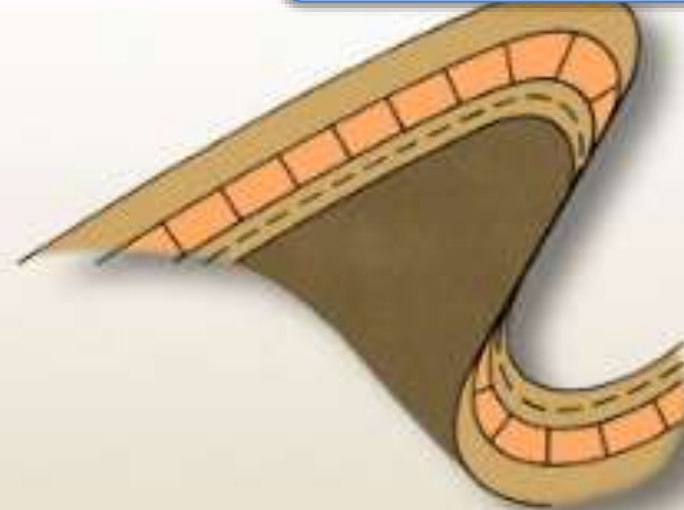
# Plis anisopaques

Les déformations dans un pli anisopaques sont concentrés dans les flancs

plis anisopaques :

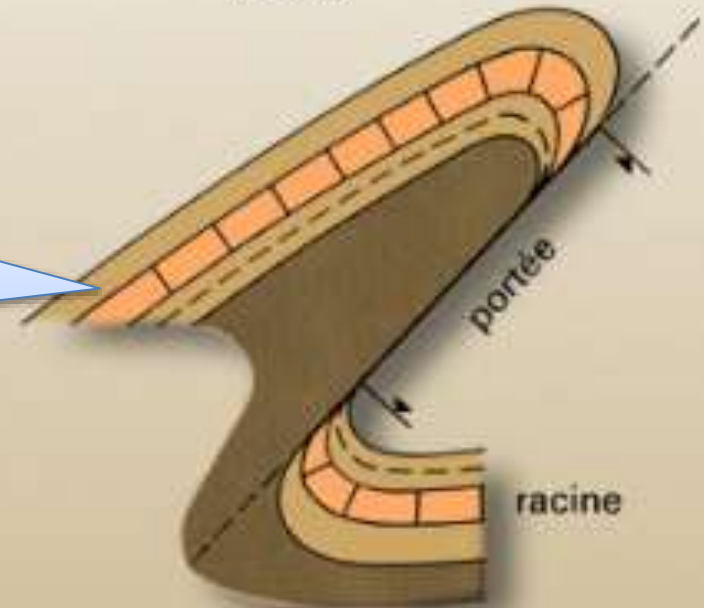


étiré



laminé

Association d'une déformation continue (pli) et discontinue (faille)



pli-faille

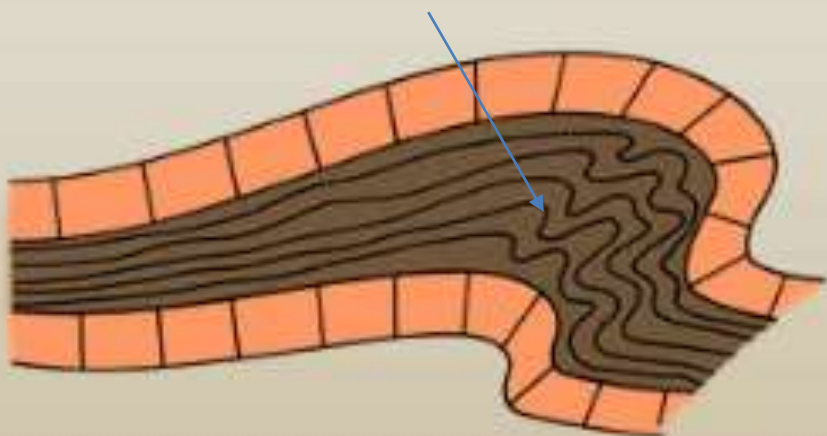


## 21.2. Un pli peut présenter une disharmonie entre les couches

### Disharmonies

a

Plissements,  
boudinage



disharmonie élémentaire à l'échelle d'un pli

b



disharmonie fondamentale  
entre socle et couverture sédimentaire;  
on notera l'indépendance des plis de couverture  
par rapport au socle (comparer avec c)



## 21.3. Repérer et analyser un pli dans un paysage

En supposant que toute la déformation se fait dans le plan de l'affleurement, donner l'ellipsoïde des déformations et des contraintes, si c'est possible.  
Expliquer la formation d'un tel affleurement à l'aide de schémas.  
Nommer le type de pli.

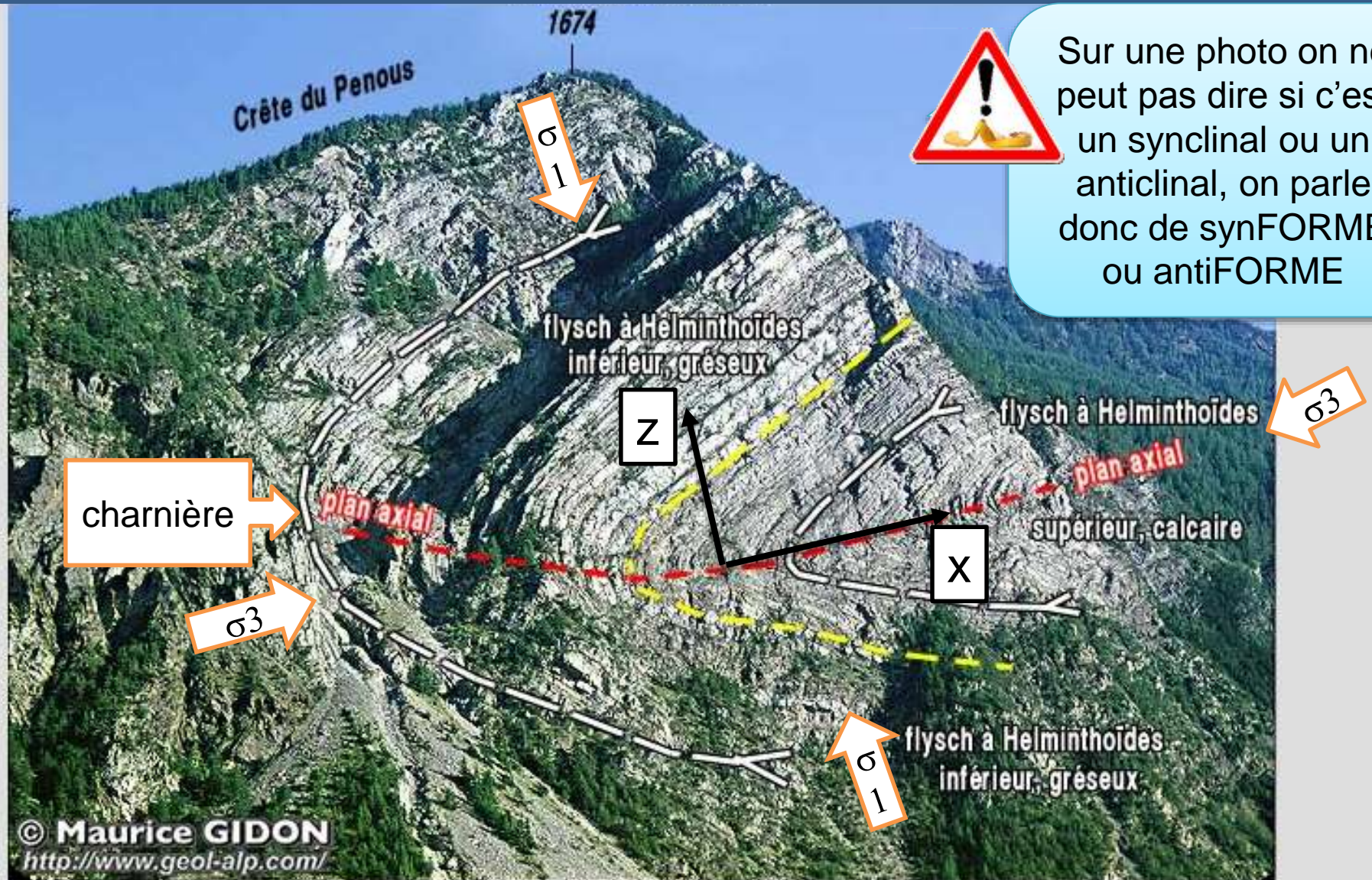
Exercice  
concours





# Solution

## Pli isopaque couché de saint Clément (Alpes du Sud)



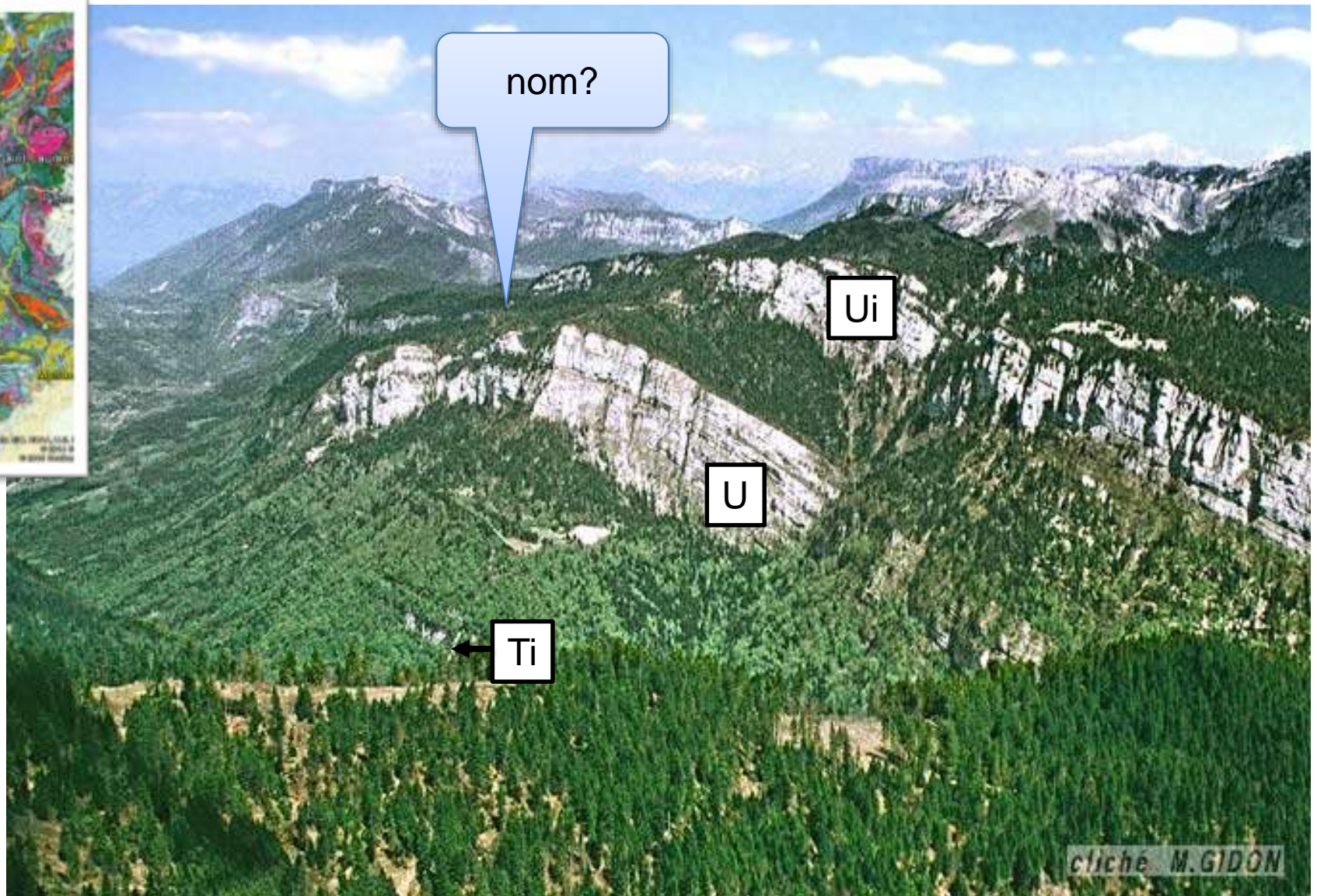
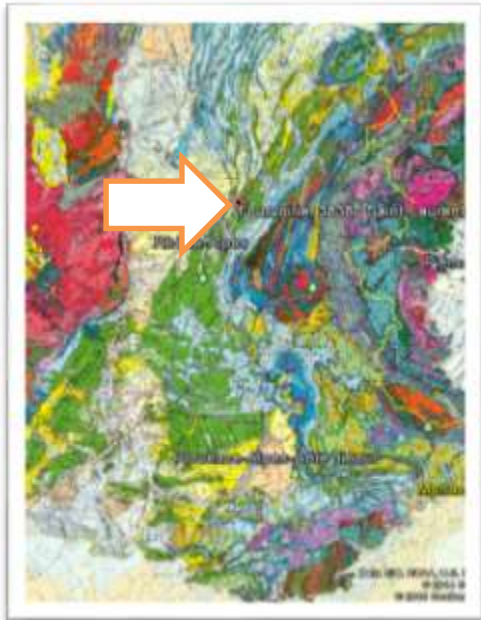
Sur une photo on ne peut pas dire si c'est un synclinal ou un anticlinal, on parle donc de synFORME ou antiFORME

La charnière de Saint-Clément vue du nord-ouest, dans son axe, depuis les basses pentes des Casses (peu au nord-est de Saint-Clément).



## 21.4. Le relief peut être conforme au plissement ou inverse

### Relief conforme



*Chartreuse occidentale, depuis le sommet de la Petite Vache.*



Comment ce pli apparaîtra-t-il en carte?



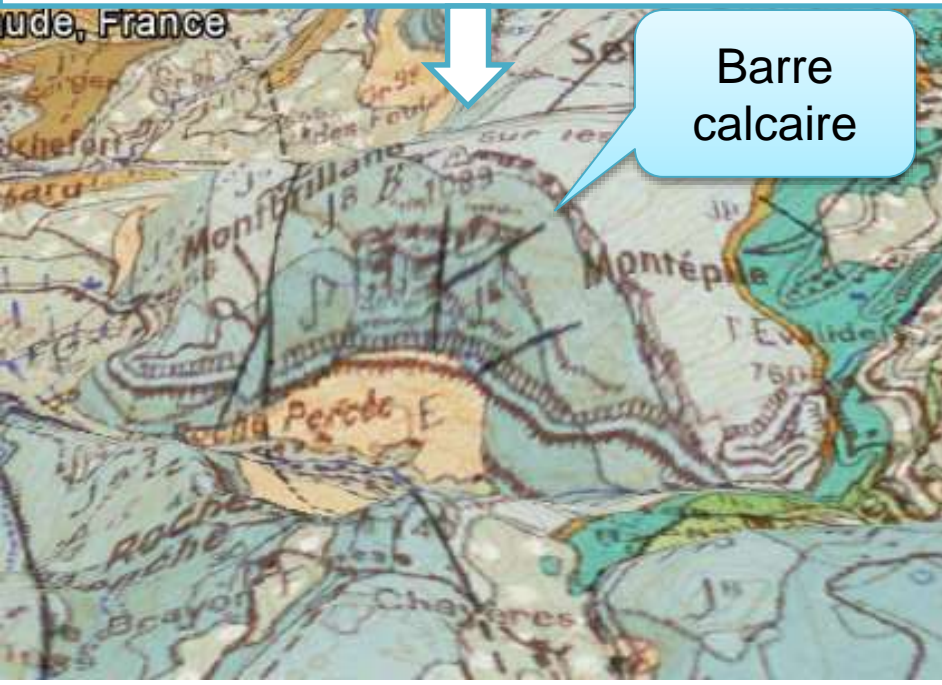
*l'anticlinal des Grès (Septmoncel)  
Vu depuis les belvédères de la Cernaïse et de la Roche Blanche,*





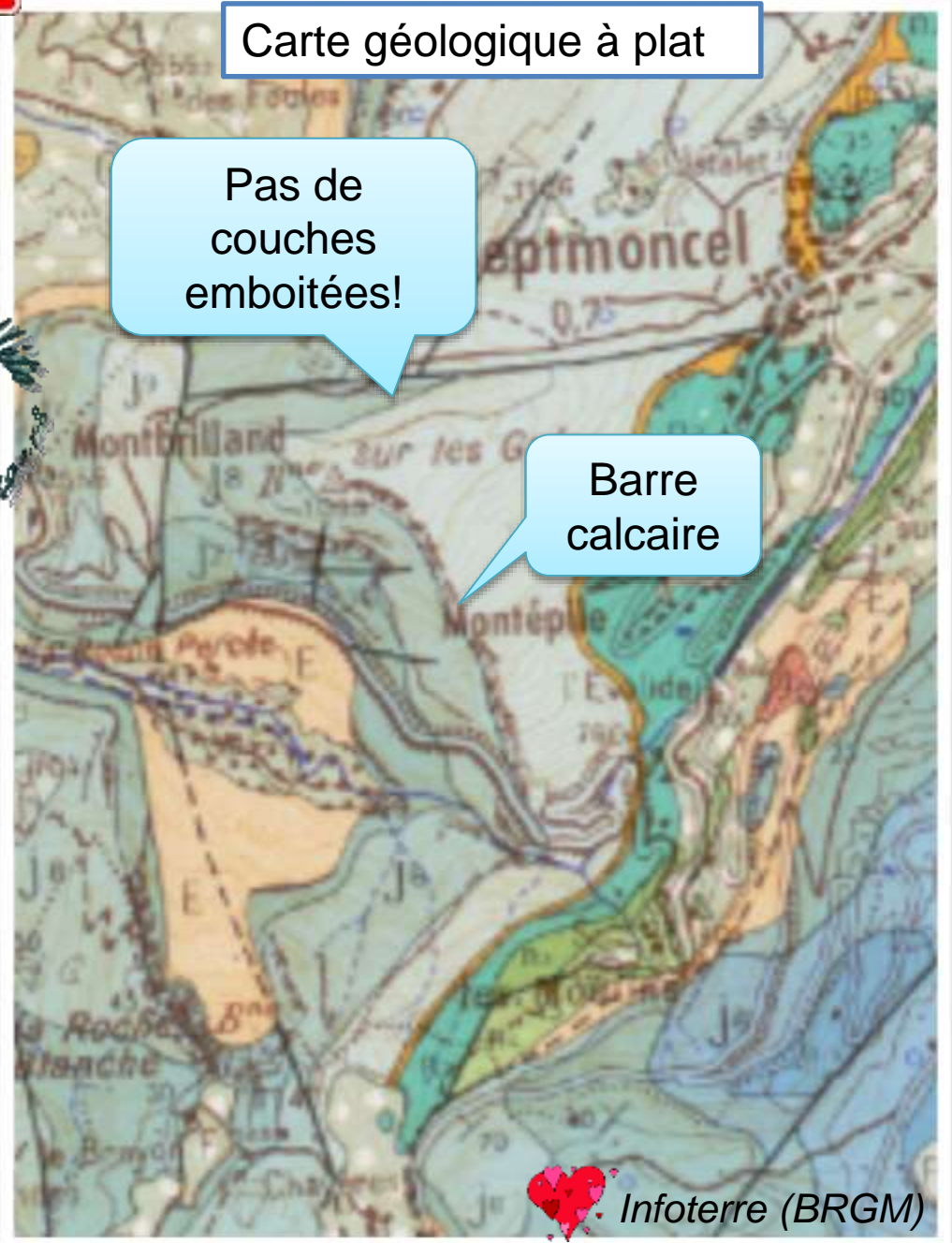
Un pli dans un paysage ne correspond pas forcément à des couches emboîtées en carte, car ce pli peut ne pas être érodé.

Carte géologique moulée sur le relief



Barre calcaire

Carte géologique à plat

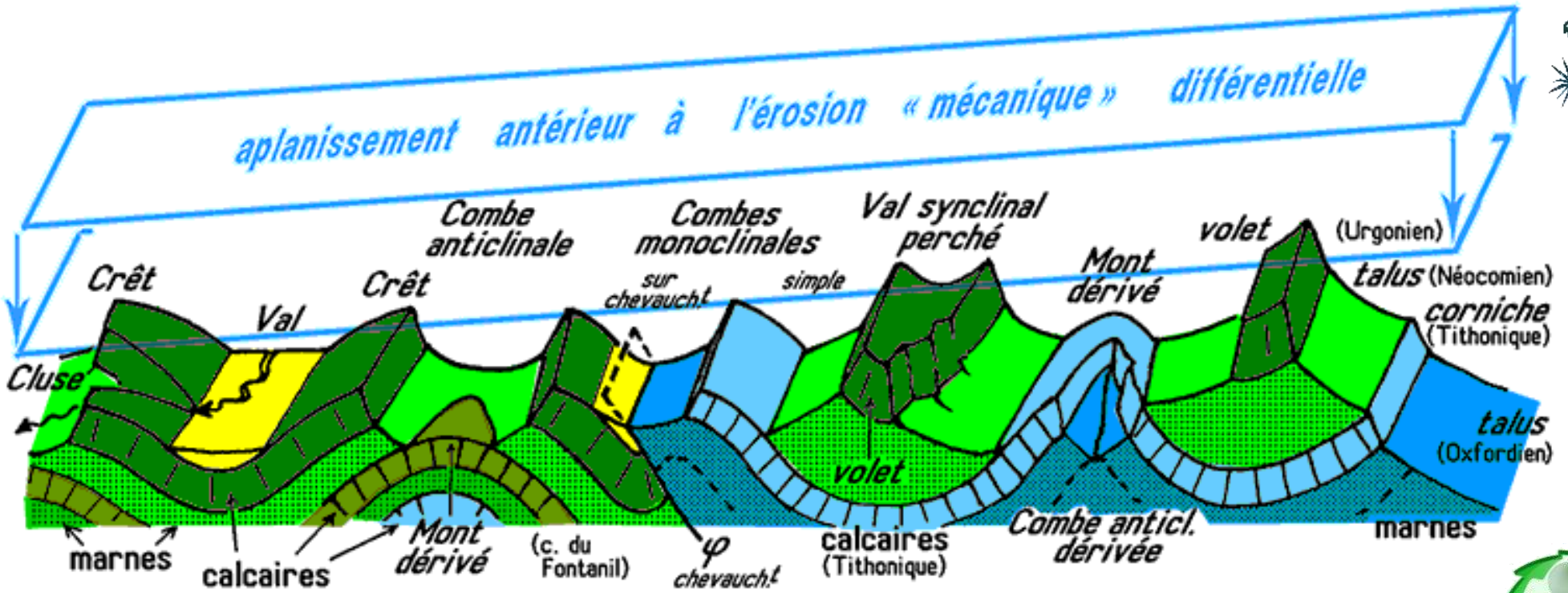


Pas de couches emboîtées!

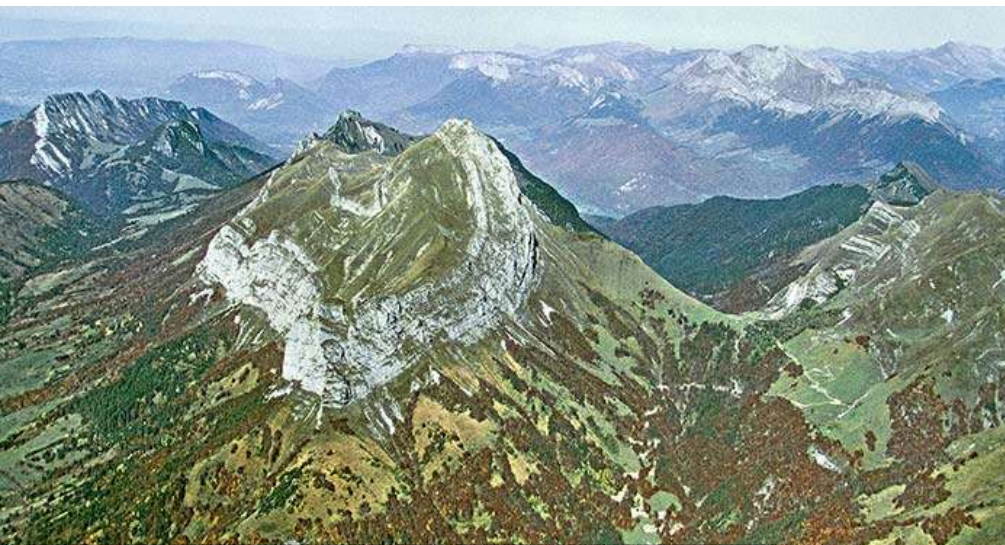
Barre calcaire



# Relief inverse à cause de barres calcaires (tithoniques ou urgoniennes)



M. GIDON 1998 retouc



Synclinal perché du Trélod (Alpes, bauges)

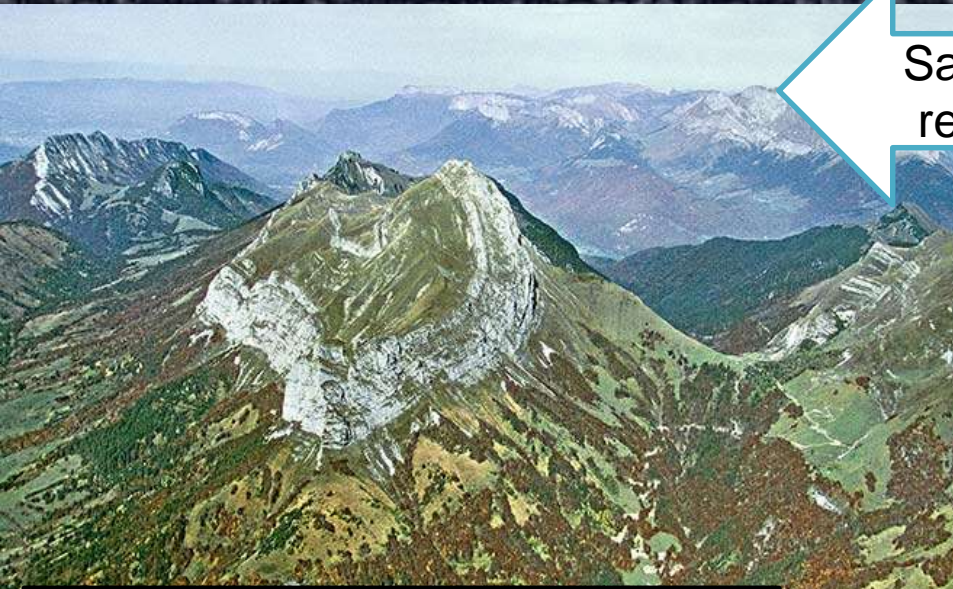
© Maurice GIDON  
http://www.geol-alp.com/

## GEOMORPHOLOGIE (géographie) :

- **Combe** : vallée parallèle aux barres rocheuses (crêt); si les crêts ont le même pendage, c'est une combe monoclinale; si la vallée est au cœur d'un anticlinal, c'est une combe anticlinale.
- **Cluse** : portion de vallées transversales aux barres rocheuses
- **Val synclinal perché** : crête qui coïncide avec un synclinal; (lorsqu'il ne subsiste que l'un des flancs du synclinal on parle de "volet".)



## 21.5. Identifier un pli sur une carte



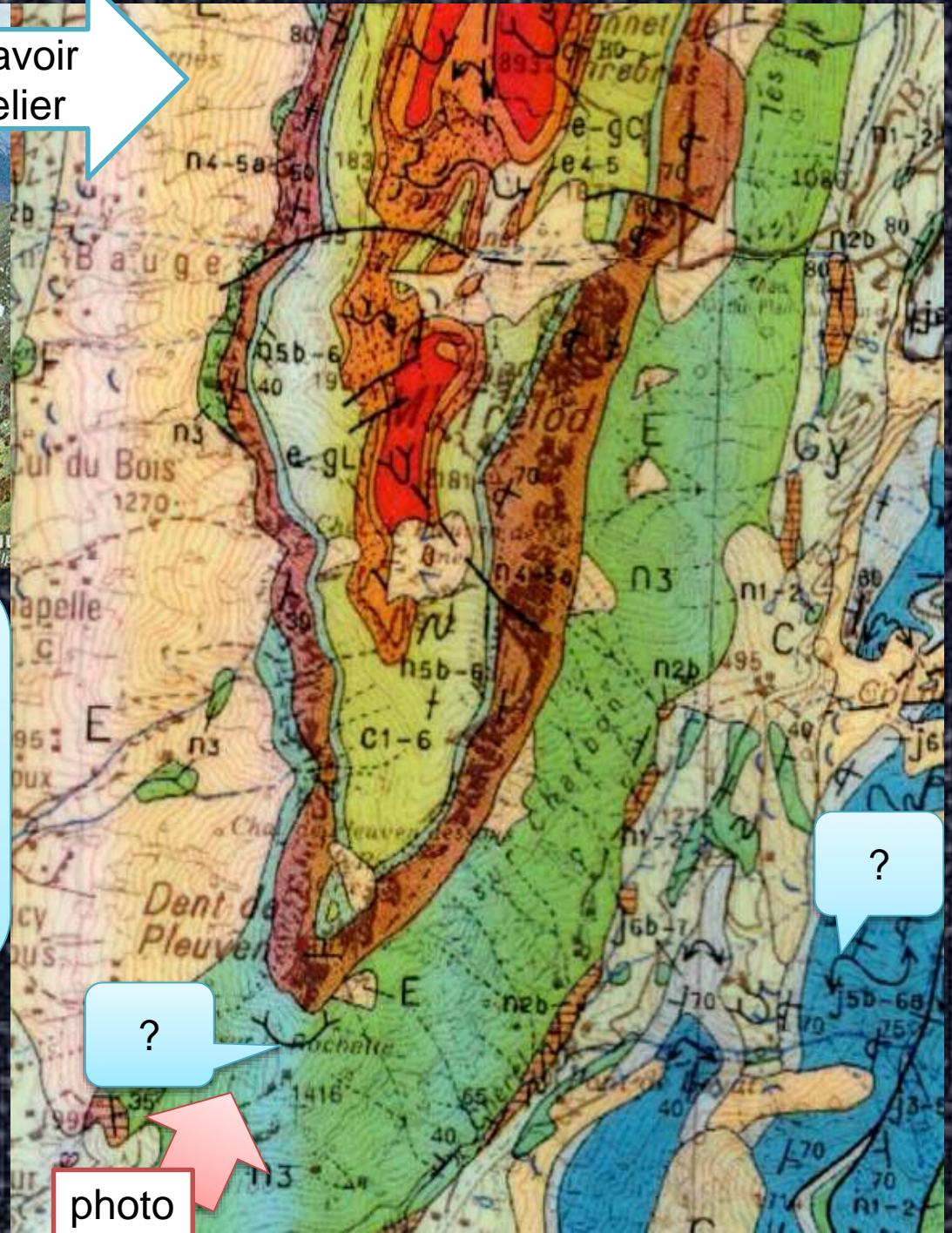
Synclinal perché du Trélod (Alpes, bauges)

© Maurice Gil  
<http://www.geol-alf>

- Comment voit-on les falaises en carte?
- Comment voir rapidement si l'altitude augmente ou diminue dans une direction donnée?
- E=?
- Comment ne pas confondre un pli avec une butte témoin ou une vallée?



Savoir  
relier



photo





## 2.2. Un schéma structural est une interprétation de la structure et de l'histoire de la région



Un schéma structural n'est PAS une carte géologique simplifiée! C'est une **interprétation** qui montre votre **compréhension** des structures géologiques.

**Tout élément présent sur la carte a une utilité** pour retracer l'histoire de la région, et **vous devez l'utiliser! Sinon, ne le dessinez pas.** Ce n'est pas du coloriage!

1. On doit montrer l'essentiel = déterminez **quelle est la dynamique majeure** qui a façonné cette région (sédimentaire, magmatique, métamorphique, tectonique, glaciaire)

*Sur la carte d'Annecy, c'est...*

2. Quels sont les **événements ou des structures marquantes** dans cette dynamique? Trouvez un figuré par type d'événement ou de structure (reprenez les figurés conventionnels), et faites une légende. **NE PAS COLORIER SANS BUT!**

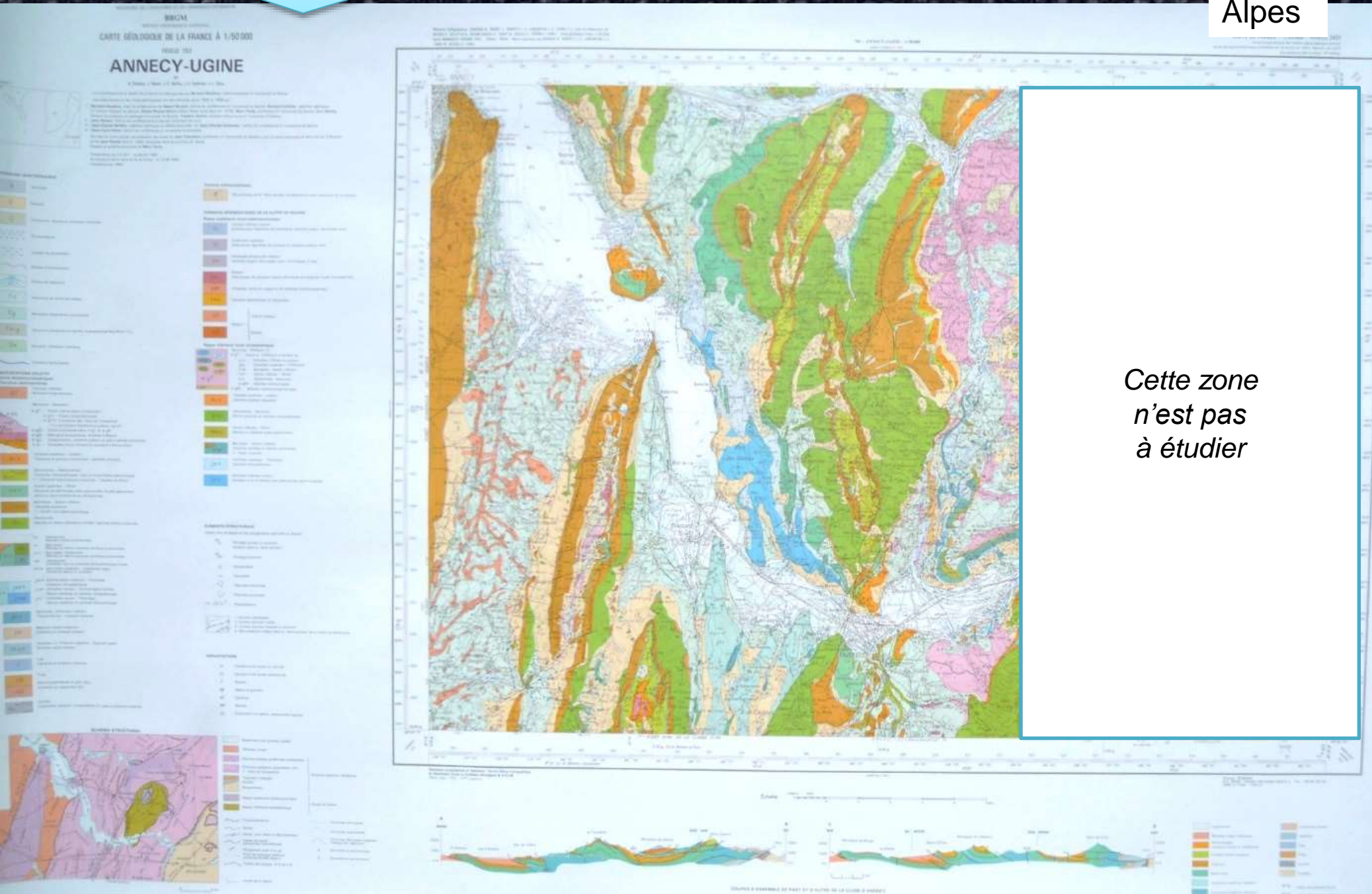
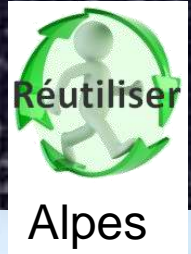
*Sur la carte d'Annecy, c'est...*

3. Y a t-il des éléments permettant de remettre ces événements dans une **chronologie**? Si oui, les faire figurer de façon simple (ça peut être un mot) sur votre schéma.

*Sur la carte d'Annecy, c'est...*



Faisons un schéma structural des 2/3 de la carte d'Annecy Ugine



*Cette zone  
n'est pas  
à étudier*



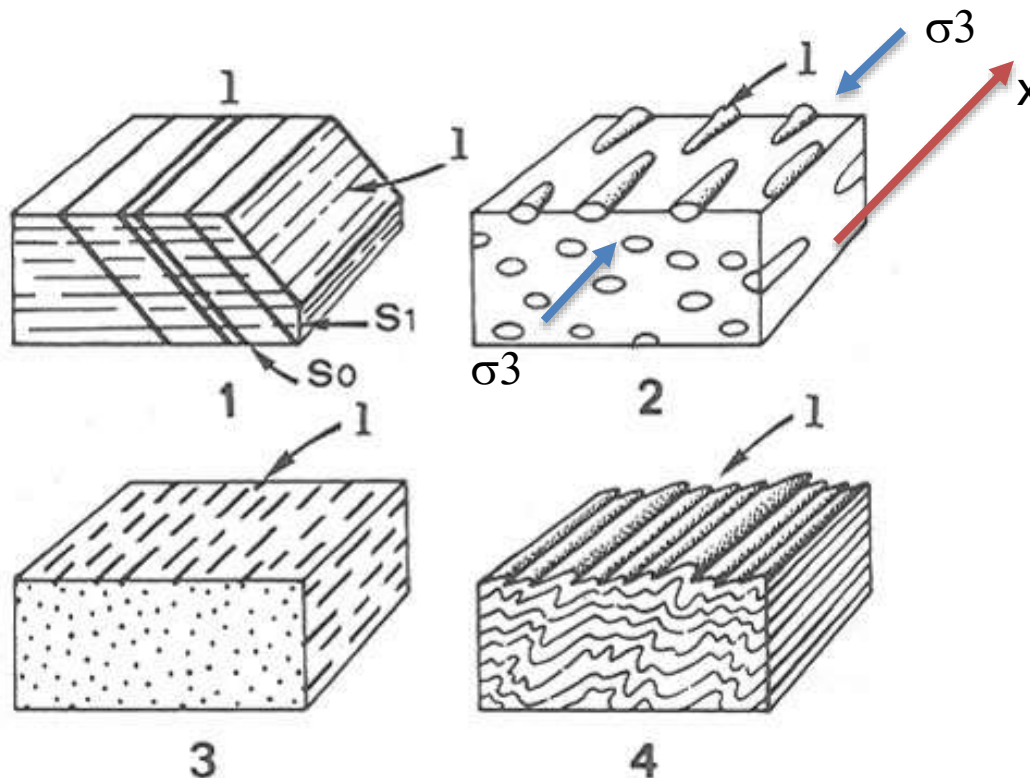
# À RETENIR

- Le plan axial du pli peut être **droit, dejeté, deversé, ou couché**
- Un pli peut être **isopaque** avec une charnière déformée ou **anisopaque** avec des flancs déformés, parfois jusqu'à être faillé (pli-faille).
- Les **anticlinaux de rampe** sont formés par l'avancée de matériau le long d'un plan de chevauchement qui change de pente. On a alors une faille au cœur du pli, non visible en carte. (Jura, Alpes externes)
- Un pli dans un paysage ne correspond pas forcément à des couches emboîtées en carte, car ce pli peut ne pas être érodé.
- Des couches emboîtées en carte ne sont pas forcément des plis : vérifier qu'il ne s'agit ni d'une vallée ni d'une butte témoin!
- Le **relief** peut être **conforme** au plissement ou **inverse**, à cause de l'érosion différentielle entre des couches résistantes (calcaire à grain fin) et tendres (marnes).
- **Un schéma structural est une interprétation des principales structures** de la carte (du type schéma bilan de bio dans un commentaire de documents) et non pas une carte simplifiée. Tout élément dessiné doit être utilisé dans le commentaire.



## 2.3. A l'échelle des roches, les déformations continues Sont la schistosité, les linéations et les figures C-S

23.1. Une linéation est un « trait » qui donne parfois le sens d'étirement de la roche



Seules les linéations d'étirement indiquent l'axe d'allongement de la roche

On l'utilise pour reconstituer le sens de déplacement des nappes de charriage.

Exemples de linéation : 1 – d'intersection entre une stratification  $S_0$  et une schistosité  $S_1$  ; 2 – d'étirement de petits galets ronds à l'origine ; 3 – minérale ; 4 – de crénulation. (extrait du "Dictionnaire de Géologie", A. Foucault & J.-F. Raoult)

## 23.2. La schistosité est un ensemble de plans qui se forment sous l'effet de pressions anisotropes par dissolution-recristallisation

Définition :

- plans d'origine **tectonique** qui débitent la roche en feuillet, **sans perte de cohésion** apparente de la roche.
- Il ne s'agit pas d'une rupture de la roche mais d'un processus **métamorphique** de dissolution et recristallisation des minéraux, à l'état solide.
- Les plans de schistosité se forment perpendiculairement à la direction de raccourcissement maximum, (en absence de cisaillement).





# Il existe trois types de schistosités

## 1- Schistosité dite de « fracture »

les clivages sont espacés et pas complètement parallèles

## 2- Schistosité de flux = ardoisière

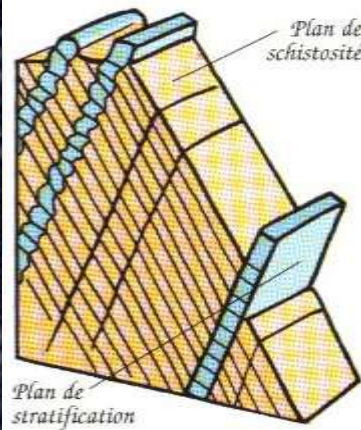
Clivages bien plans et parallèles, espacés de moins d'un millimètre

## 3-Foliation = schistosité cristallophyllienne

Recristallisation de minéraux orientés dans le plan de schistosité.

Micaschistes, gneiss

# **Schistosité de flux = ardoisière**



Pourquoi y a t-il des stries sur les ardoises?

Noter  $S_0$  et  $S_1$  sur la photo.

Pourquoi y a t-il des carrés dorés sur les ardoises d'Anjou? Est-ce de l'or? Où trouve t-on des gisements de ce métal dans notre région?

Les schistes ardoisiers d'Anjou sont d'origine métamorphique. Est-ce le cas de tous les schistes?





# *Schistosité cristallophyllienne = foliation\*\*\**

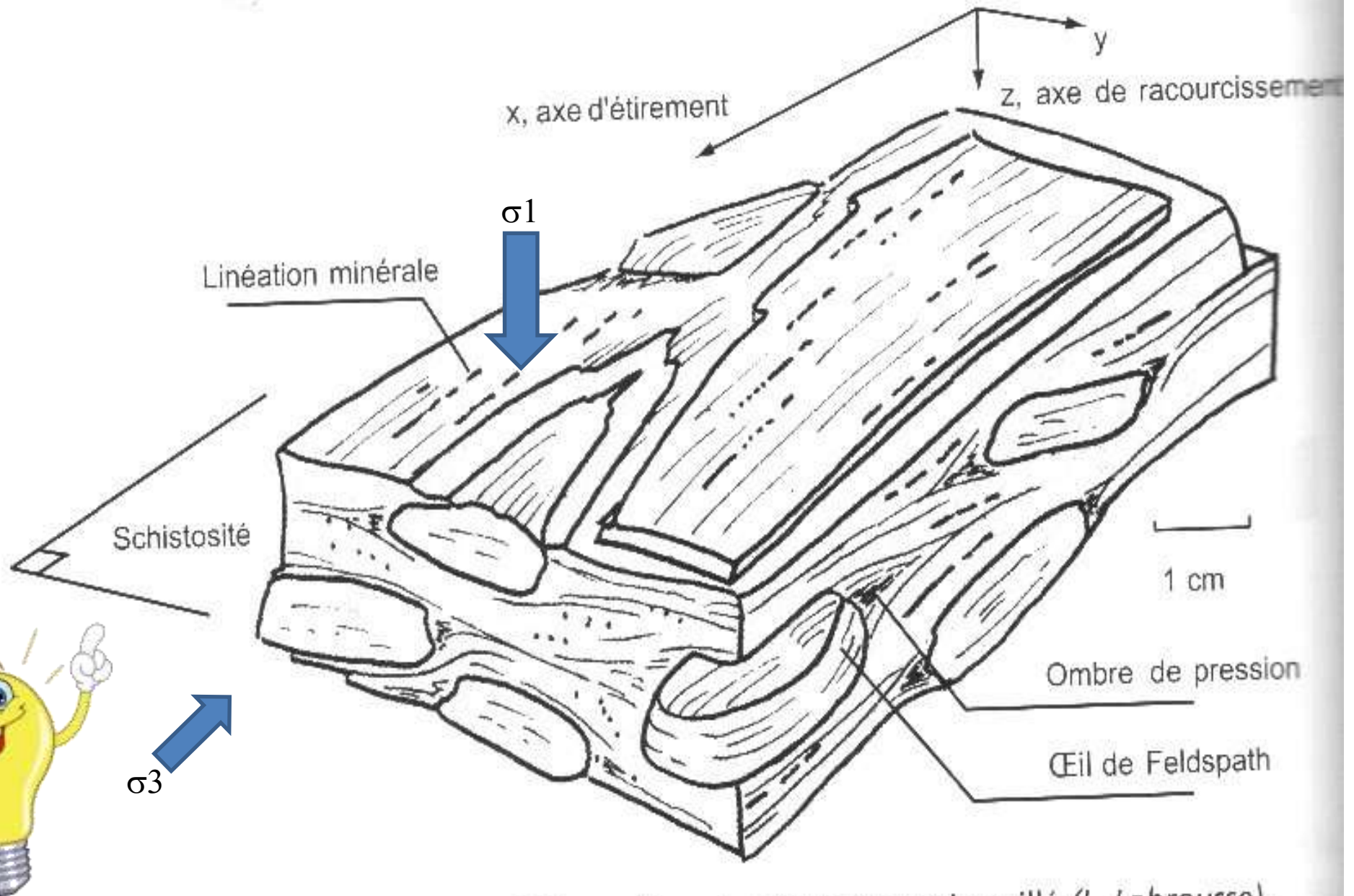
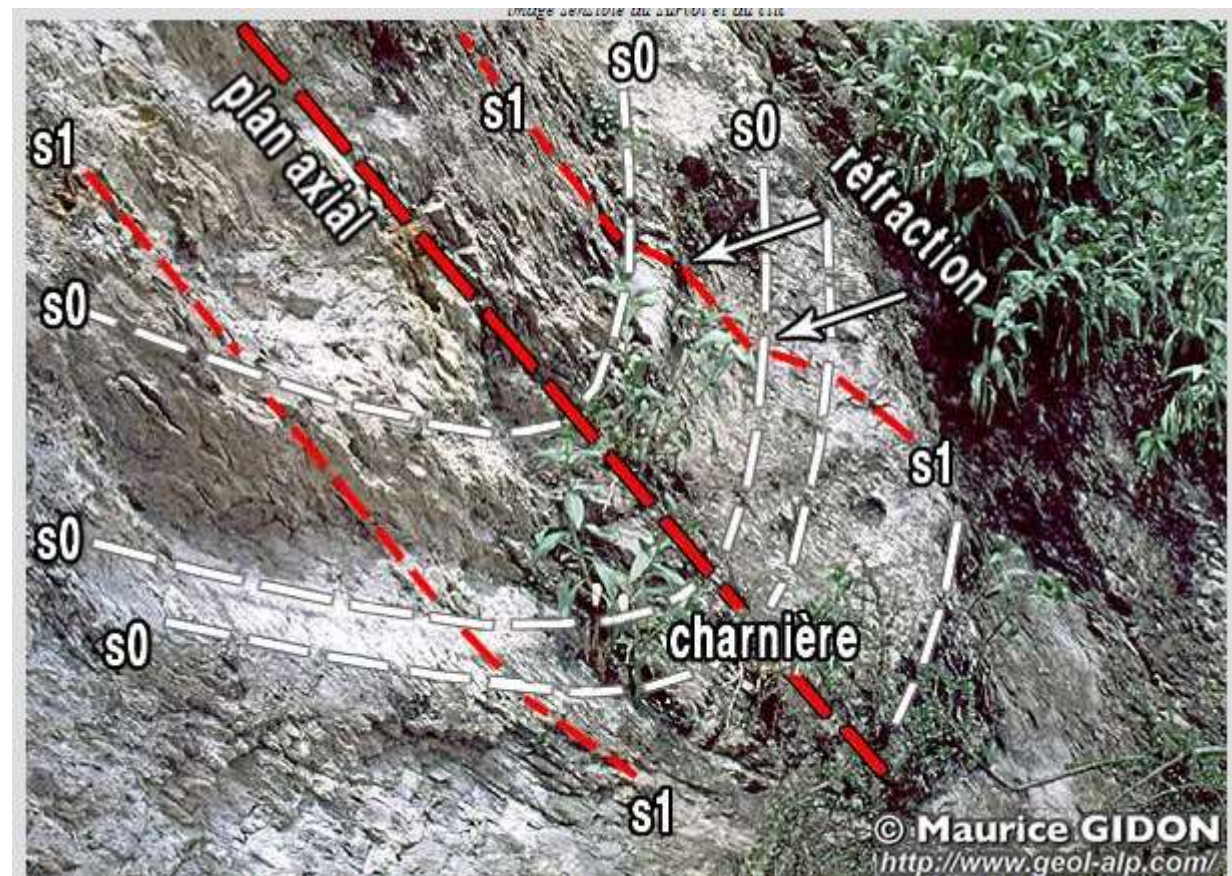


Figure 10.11 Schéma d'une déformation planaire type gneiss œillé (L. Labrousse).



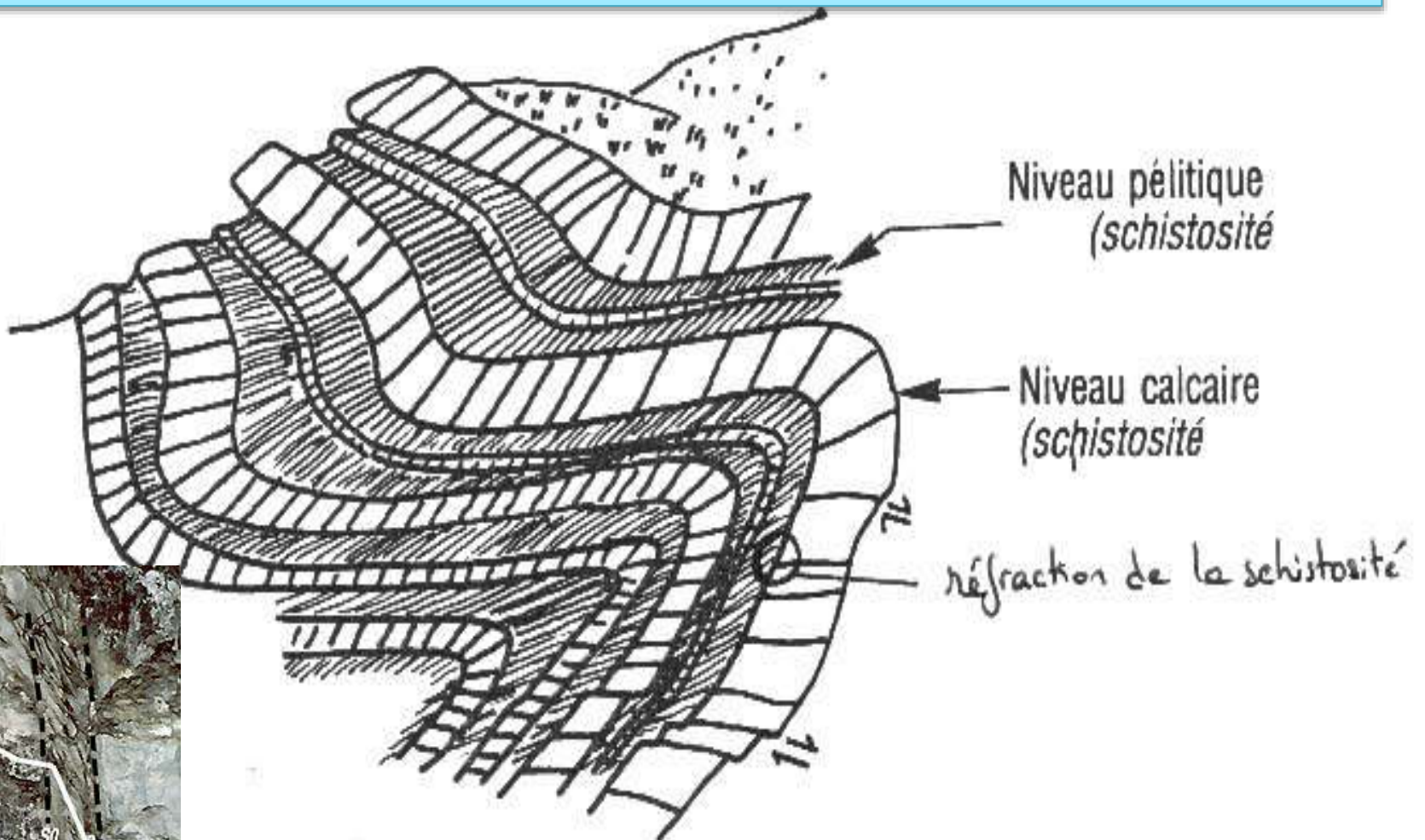
### 23.3. La schistosité est généralement en éventail dans les plis isopaques et parallèle dans les plis anisopaques



Un bel exemple de pli synschisteux : un repli synclinal dans l'Argovien du [square Cularo](#), à la Bastille.



## 23.4. La schistosité se refracte en traversant des strates de compétence différente



Si la schistosité change voire disparaît d'une strate à l'autre, c'est simplement dû au changement de compétence des roches ! Inutile d'inventer des scénarios farfelus...



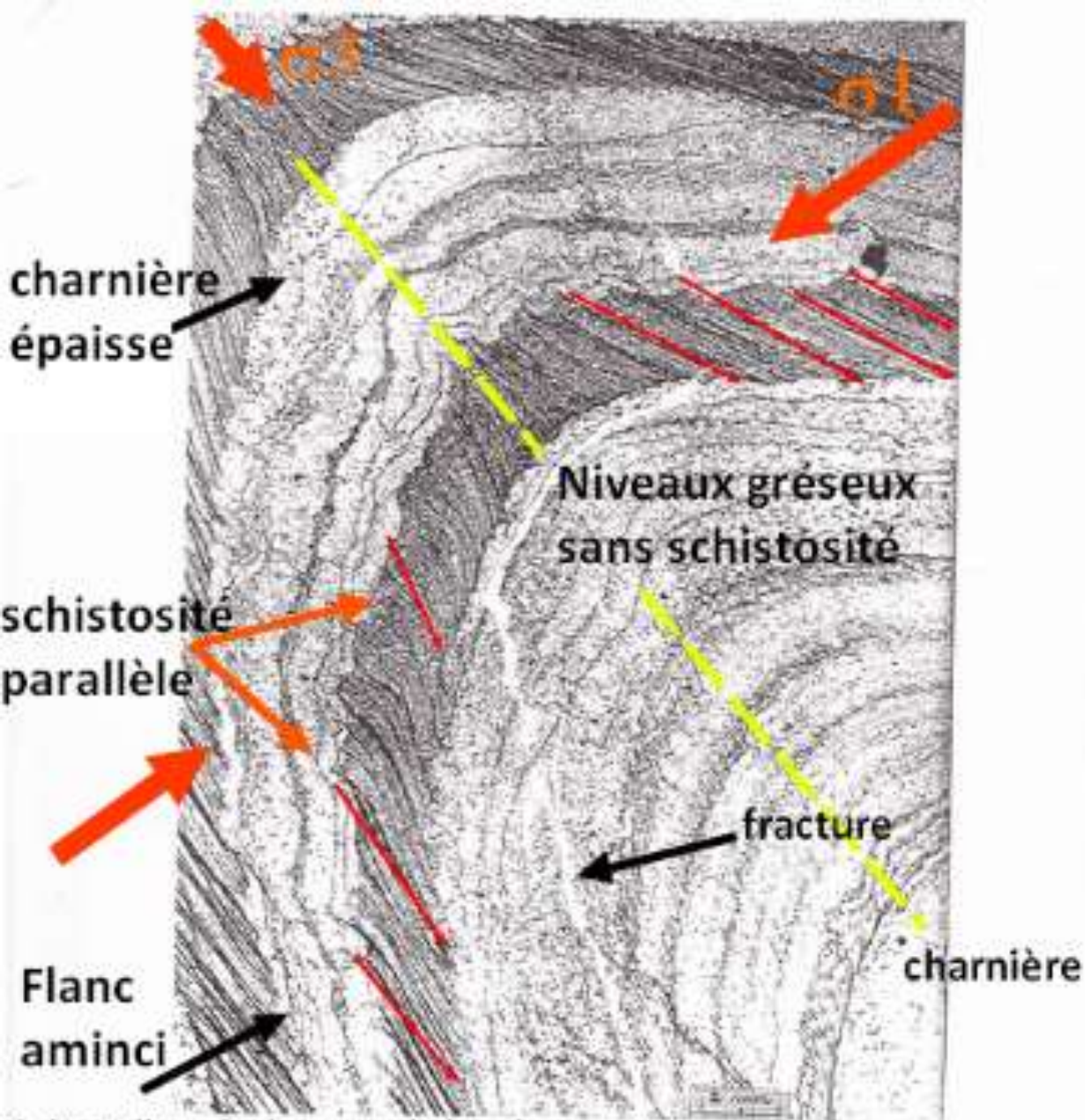


Analysez cette lame mince.

Couches géseuses  
Couches micacées







Il s'agit d'un pli photographié en lame mince.  
 Le pli est anisopaque, car les flancs sont amincis. C'est même un pli semblable car la schistosité est parallèle, et non en éventail. Ce type de pli se forme par aplatissement, avec des glissements le long des flancs. Il se forme en domaine ductile. La différence de compétence des strates explique l'absence de schistosité dans les strates gréseuses

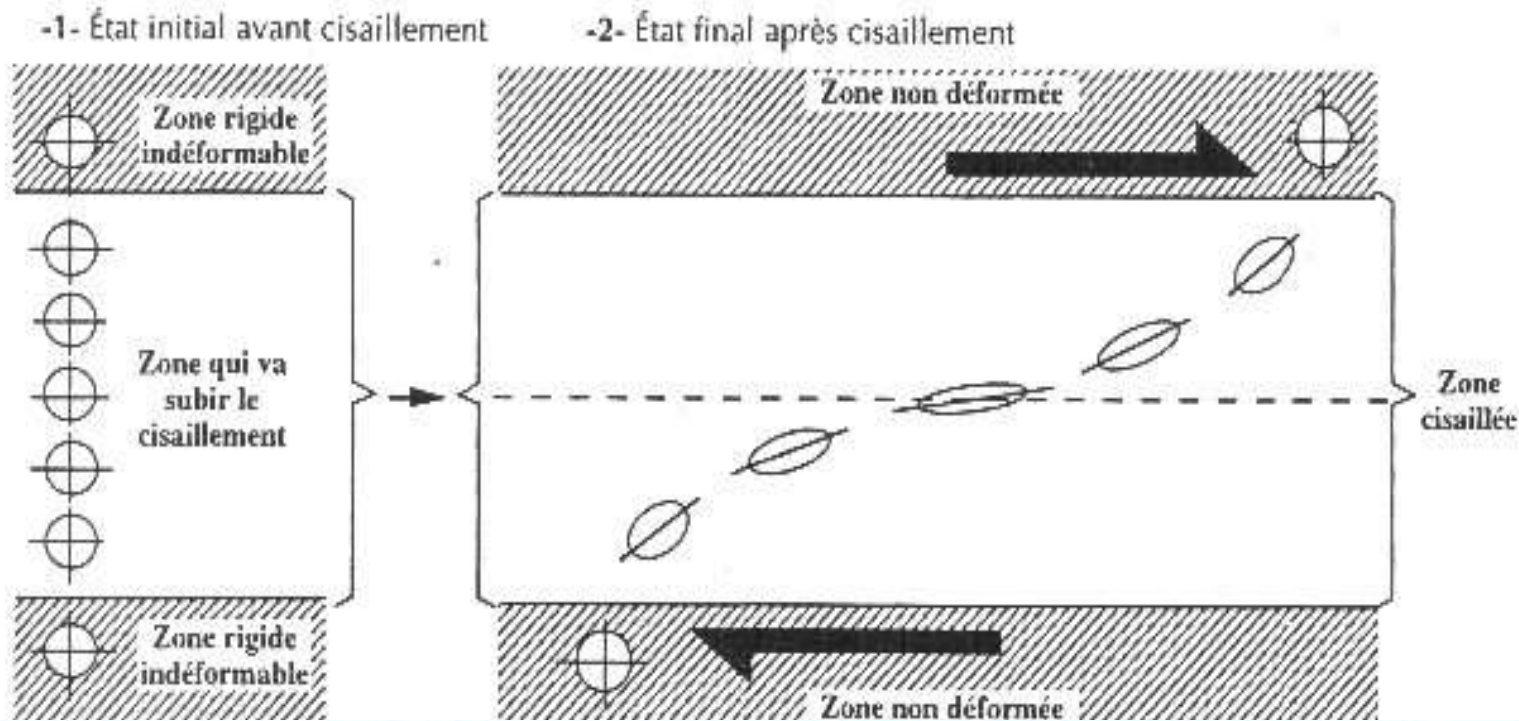


Quand les strates sont de compétence différente, il peut y avoir réfraction de la schistosité ou même non apparition de schistosité dans certaines strates



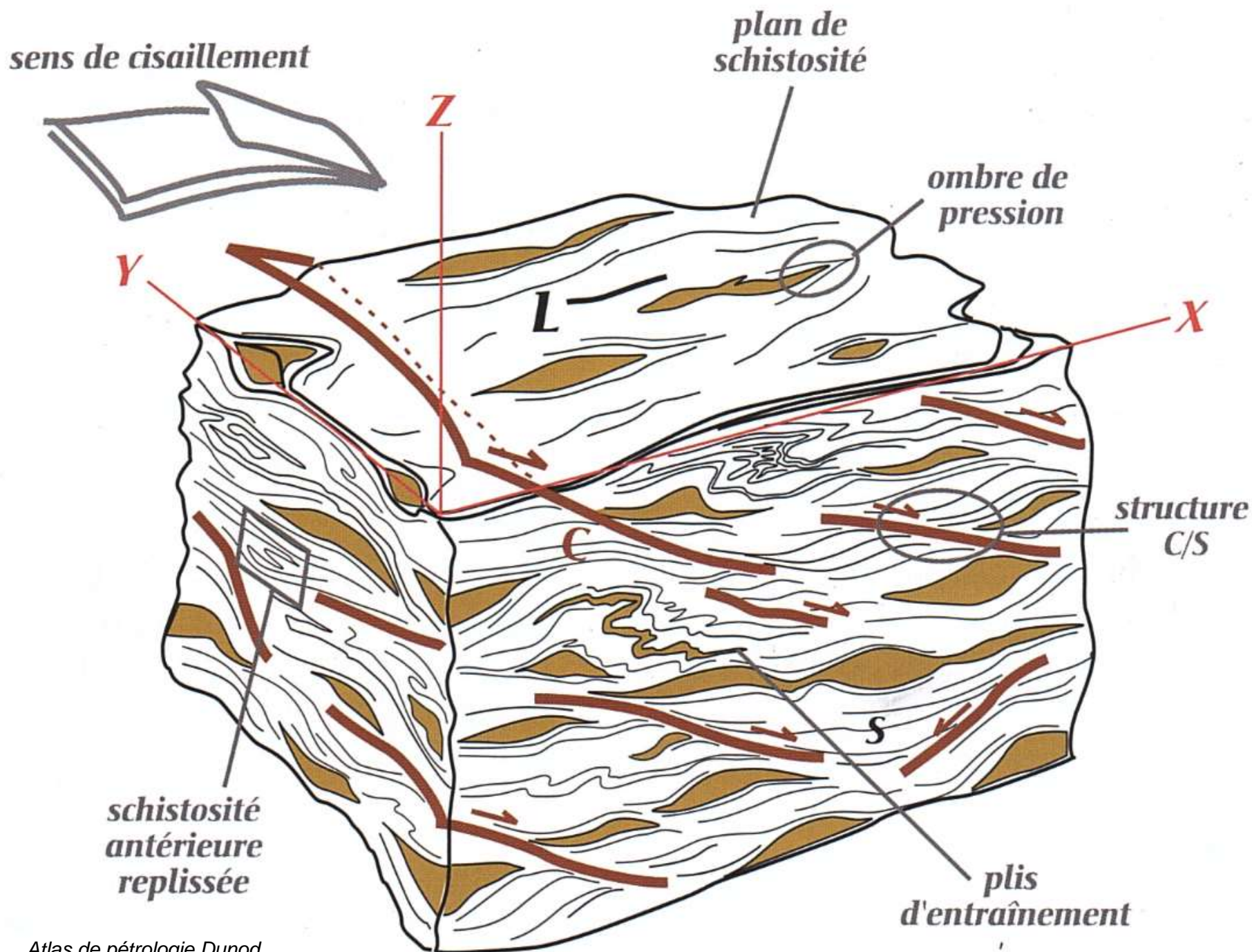


## 23.5. En cisaillement simple, la schistosité forme des structures C-S





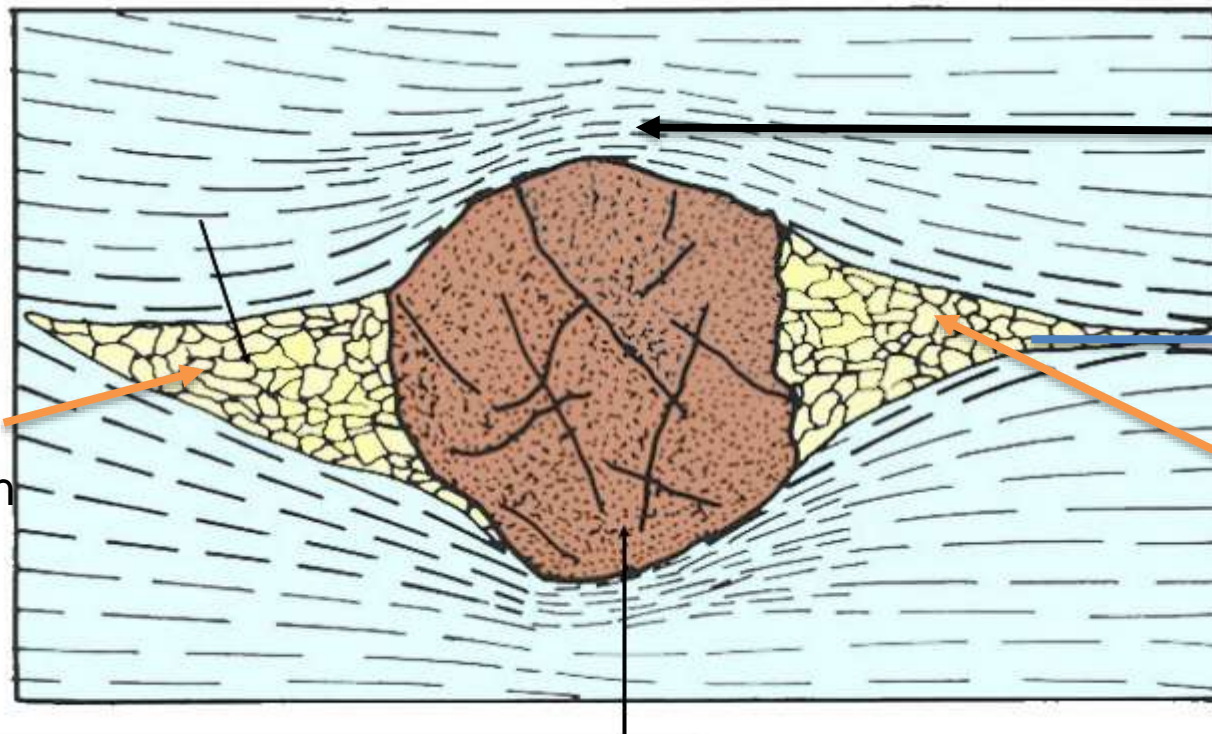
# Bloc-diagramme illustrant les principales déformations ductiles associées au cisaillement



## 2.4. à l'échelle des minéraux, on peut observer la schistosité, des ombres de pression et des microplis



Une ombre de pression donne Ox, la schistosité donne Oz



Schistosité déviée par le minéral antéctonique

X

Queue de cristallisation

Queue de cristallisation

Minéral résistant à la pression, présent avant la déformation  
=antéctonique (grenat, gros feldspath)

- Oz (et  $\sigma_1$  en absence de rotation) est perpendiculaire à la schistosité
- La queue de cristallisation est dans l'axe d'Ox (et  $\sigma_3$  en absence de rotation)



# SCHISTOSITÉ: À RETENIR

- La schistosité se forme à l'état solide et conserve la cohérence de la roche.
- La schistosité se développe perpendiculaire au plan de raccourcissement maximum, et en absence de rotation à  $\sigma_1$ .
- Dans un pli, la schistosité peut être parallèle ou en éventail; elle se refracte en passant dans des strates de compétence différente.
- Si il y a de gros minéraux dans la roche avant sa déformation, la schistosité est déviée par eux, et il y a des zones de plus faible pression autour de ces minéraux où il y aura des recristallisation. L'ensemble forme une ombre de pression.



# POUR ANALYSER UN ÉCHANTILLON DÉFORMÉ, IL FAUT :



1. **Reconstituer l'état initial** avec des arguments objectifs
2. Trouver **des indices d'allongement** : minéral ou fossile tronçonné, fente de tension, linéation d'étirement, queue de cristallisation, faille normale **-> tracer Ox**
3. Trouver **des indices de raccourcissement** : épaissement, faille inverse, chevauchement, joint stylolithiques, schistosité, pli **-> tracer Oz**
4. Chercher des **indices de cisaillement simple** : structure C-S, ombre de pression dissymétrique, pli à flancs longs et courts (voir cours)
5. S'il n'y a aucun indice de cisaillement simple, la déformation est **coaxiale** et on peut reconstituer les contraintes en plaçant la contrainte maximale  $\sigma_1$  **selon Oz** et la contrainte minimale  $\sigma_3$  selon Ox.
6. Si il y a cisaillement simple, la déformation n'est pas coaxiale et on ne peut pas reconstituer les contraintes. Il faut alors chercher les indices donnant les **plans de cisaillement et le sens du cisaillement.**