

TP

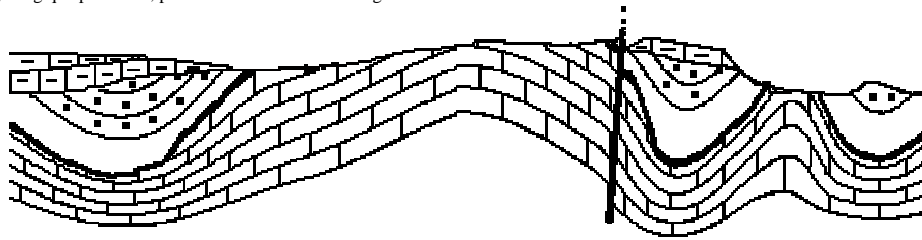
Faire des coupes géologiques

- Exercice capital pour interpréter les structures géologiques, actives ou non
- Permet de révéler les types de roches sous la surface, les orientations des couches, la présence de plis, failles, etc.
- Permet d'extrapoler les mesures ponctuelles
- Permet de calculer des quantités de raccourcissement ou d'allongement, d'identifier des niveaux de décollement, etc...
- Coupes « équilibrées » : l'épaisseur de chaque couche sédimentaire est respectée, et le glissement banc sur banc est possible

Exercices

x

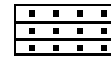
Exercice 1. Grâce à un raisonnement rigoureux, réalisez une datation relative des 5 événements visibles sur la coupe géologique présentée, puis établissez leur chronologie.



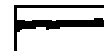
Calcaires et molasses

Calcaire à rudistes

Dépôts fluvio-lacustres



Calcaires et grès



Surface d'érosion

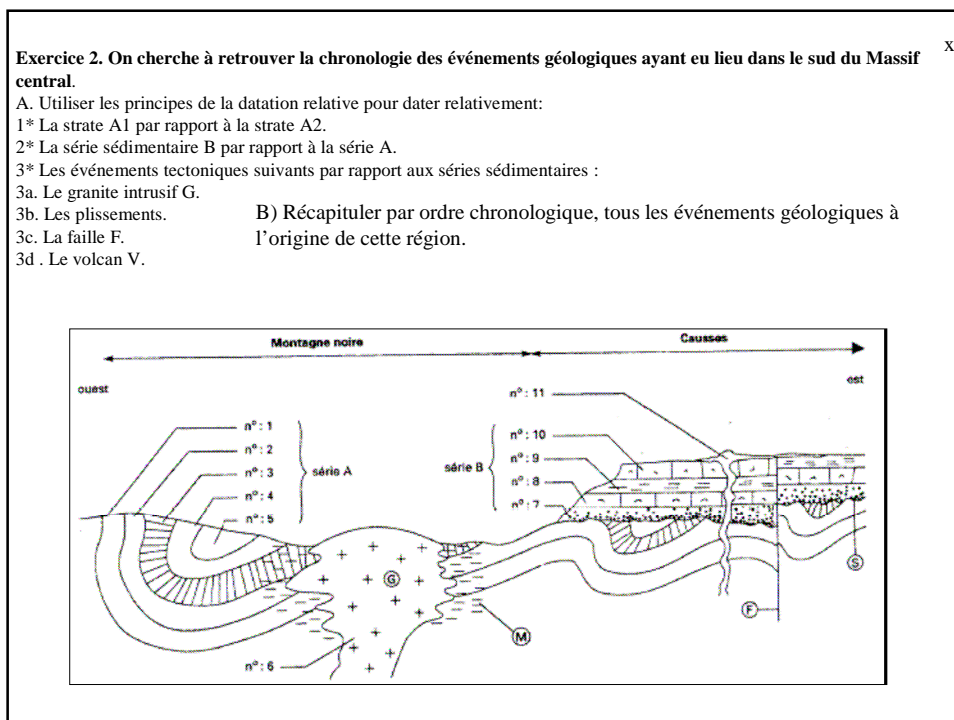
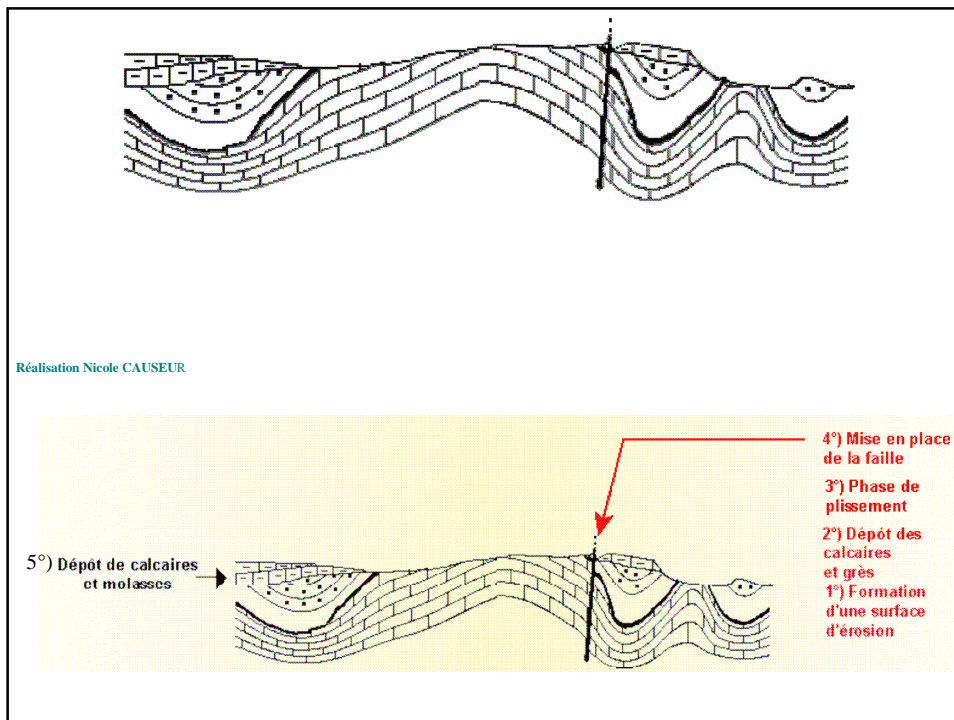


Faille

Les 5 événements à prendre en compte (dans le désordre) : la faille, la phase de plissement, la surface d'érosion, le dépôt (concordant) de calcaires et grès, le dépôt (discordant) de calcaires et molasses

Voir animation sur:

<http://slis.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/anim-exo/plissement/plissement.htm>



Chronologie relative des séries A et B

On remarque que la série A est située sous la série B. Donc selon le principe de superposition (les strates les plus anciennes sont les plus profondes) : **la série A est antérieure à la série B.**

Chronologie relative dans la série A

1. Dépôt de 5 strates sédimentaires selon le **principe de superposition** : la plus ancienne est la plus enfouie. D'où la numérotation
2. Ces strates étant **plissées**, on en déduit qu'une phase de **compression post-sédimentation** a eu lieu.
3. La **série A** étant **métamorphisée** autour d'un pluton granitique, on en déduit que ce **pluton** est **post-sédimentaire**. Ce **pluton** n'étant **pas plissé**, il est **post-compression**.
4. Le **pluton** granitique étant mis à l'**affleurement**, on en déduit qu'une phase d'**émersion** et d'**érosion** (surface S) a eu lieu après les 3 événements précédents.

Chronologie relative dans la série B

1. Les **strates horizontales de la série B** reposent en **discordance** sur les **strates plissées de la série A**.
2. Ces **4 strates sédimentaires** se sont déposées selon le **principe de superposition**, d'où la numérotation sur le document.
3. Une **faille F** (Phase tectonique cassante) **affecte toutes les strates sédimentaires des séries A et B** : d'après le **principe de recoupement** (toute structure en recoupant une autre lui est postérieure), on en déduit donc que F est **postsédimentaire** (A et B).
4. A l'Est de la faille, la **dernière strate sédimentaire de la série B manque** ; on en déduit qu'il y a eu **érosion**.
5. Une coulée volcanique de **lave** repose en **discordance** sur la **série B** et n'est **pas affectée par la faille** ; on en déduit que cette **phase magmatique volcanique est post-sédimentaire** (série B) et **post-tectonique** (faille).

Bilan : Chronologie relative du Sud du Massif central

1. Dépôt de 5 strates sédimentaires de la série A.
2. Phase de **compression** : plissement.
3. **Pluton** granitique.
4. **Métamorphisme de contact** (formation des cornéennes et des schistes tachetés)
5. Emersion et **érosion** (surface S)
6. Dépôt des 4 strates **horizontales** de la série B en discordance sur les strates plissées de la série A.
7. Phase tectonique cassante : **faille F**.
8. **Erosion** à l'Est de la faille (Disparition de la strate n°10).
9. **Phase magmatique** : coulée volcanique en discordance sur la série B.

Méthode des coupes équilibrées

To construct a balanced cross section, follow these steps:

1. Construct a topographic profile along the line of section, oriented perpendicular to the strike or trend of the structures. In addition, the profiles should have no vertical exaggeration (an unexaggerated profile shows true bedding thicknesses regardless of the dip of the layers).
2. Add the geology visible at the surface, including rock types, boundaries between different units, bedding dips at different locations, and the location of any faults that rupture the surface. This information can come from geologic maps and/or field mapping.
3. Add information from wells.
4. Extrapolate between locations where you do have information to where you do not. In general, it's best to begin with stratigraphic contacts, infer folds from changes in dip, and then add faults where abrupt breaks in the sequence are indicated. The *Kink Method* is one technique for systematically extrapolating dips across a cross section.

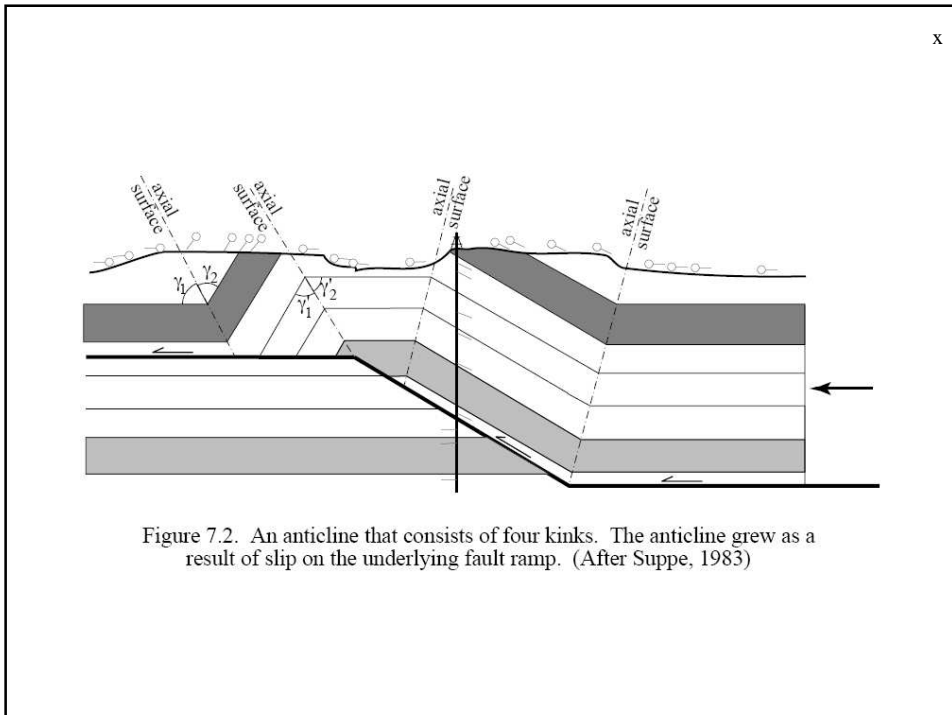
The Kink Method of Extrapolation

Extrapolating bedding orientations across zones without data need not be a random act. Fortunately, even intensely deformed rock layers follow certain rules. The shape of one stratum is constrained by the shape of the strata above and below it. The Kink Method makes two assumptions about folded strata:

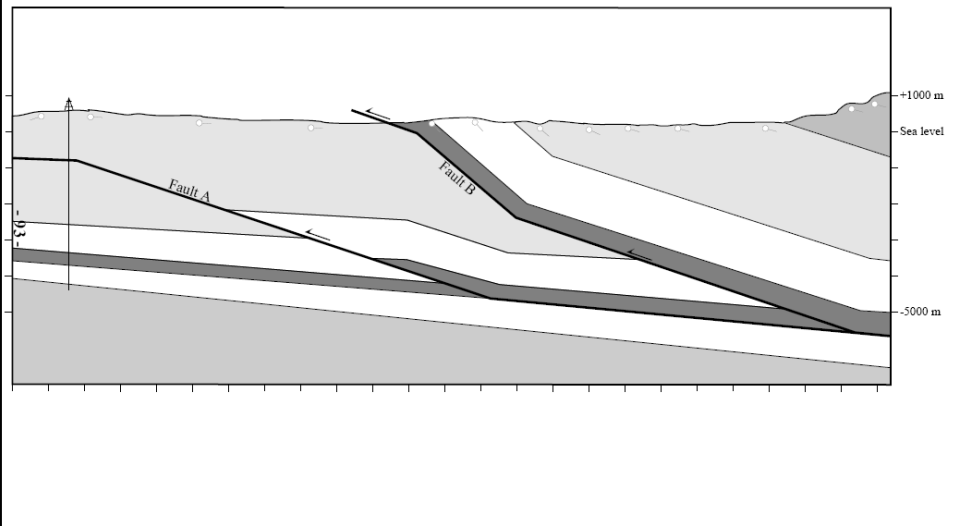
a. folds are parallel, which means that the thickness of any given stratum (measured perpendicular to bedding) is locally uniform,

a. folds consist of zones of uniform dip that are separated by distinct *kinks* (see Figure 7.2).

The second assumption above commonly is found to be true in the field. Even where folds consist of broad curves, the curves often consist of many small, straight-line segments. The kinks in different layers are connected to kinks in underlying layers along lines called *axial surfaces* (the lines on the cross section are surfaces in three dimensions). Each axial surface bisects each kink, meaning that it cuts the angle of the kink exactly in half (for example, you can see that $\gamma_1 = \gamma_2$ and $\gamma'_1 = \gamma'_2$ on Figure 7.2).



Coupe équilibrée d'une portion de la chaîne plissée Taïwanaise



Coupe équilibrée d'une portion de la chaîne plissée Taïwanaise

You will test whether this interpretation of the surface geology and the well-hole data is retrodeformable, and if it is, you will measure the amount of deformation that has occurred. Follow these steps:

- A) Plot the axial surfaces of the folds onto the cross section.
- B) Using scissors, cut the cross section into pieces by cutting along every fault plane and every axial surface. Place the pieces on an empty desk or tabletop.
- C) Undeform the sequence. You'll do this by rearranging the pieces so that the different strata are in the right order and the thickness of each stratum is uniform or varies systematically. As you place each piece in its undeformed position, tape it down on your tabletop. Note that small gaps are unavoidable at the kinks; in the rocks, slip parallel to bedding or other internal deformation occurred in these locations.

D) Answer the following questions:

2) What distance has Fault A slipped? To get distance along the fault plane, remember that this cross section has no vertical exaggeration (VE=1).

3) What is the minimum distance that Fault B has slipped?

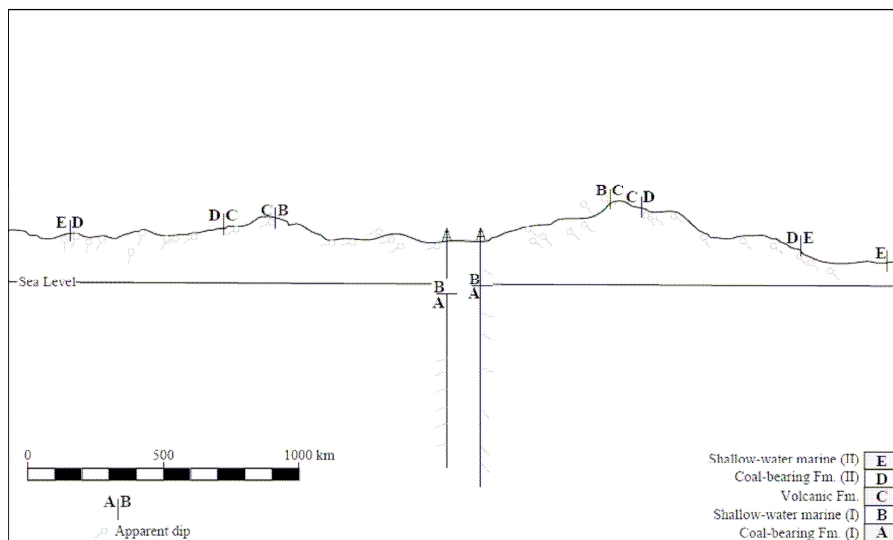
4) Why is your answer above a *minimum* distance? (i.e.: What happened to the portion of the layer right above Fault B where the words "Fault B" are printed?)

5) Calculate the minimum amount of *crustal shortening* across this profile as a result of faulting and folding. You can calculate shortening as follows:

(width of the profile before retrodeformation) ÷ (width of the profile after retrodeformation)

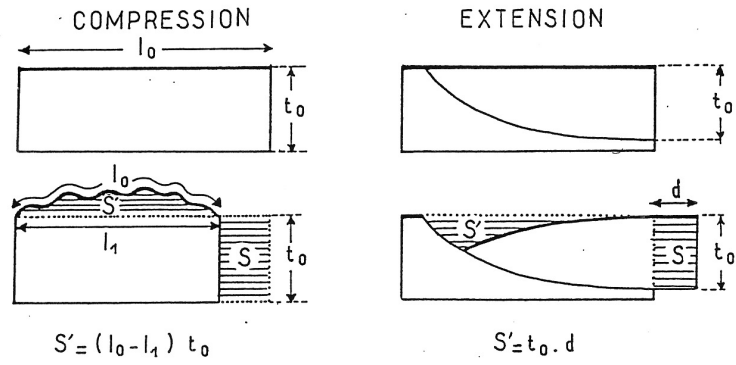
*Pour information: voir le logiciel de l'IFP Thrustpack 2D: exemple de logiciel développé dans l'industrie pour restituer des coupes équilibrées et les déplier (« backstripping »)
(faire une recherche par mots-clés)*

Exercice 4. Utiliser les règles des coupes équilibrées et la méthode 'Kink' pour compléter cette coupe: x



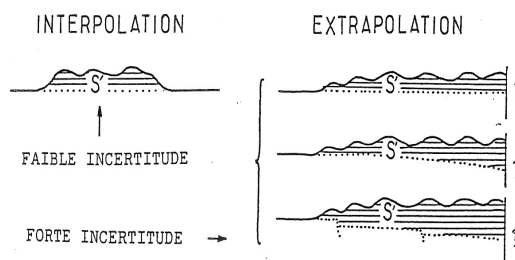
Coupes équilibrées – notions de base

1 PRINCIPE



13

2 CALCUL DE S' (EN COMPRESSION)



3 APPLICATION

- SI l_0 PEUT ETRE MESURE (CURVIMETRE), ON PEUT CALCULER $l_0 - l_1$ ET EN DEDUIRE t_0 .
- SI t_0 PEUT ETRE ESTIME (PLAN DE DECOLLEMENT), ON PEUT EN DEDUIRE LE RACCOURCISSEMENT.

14

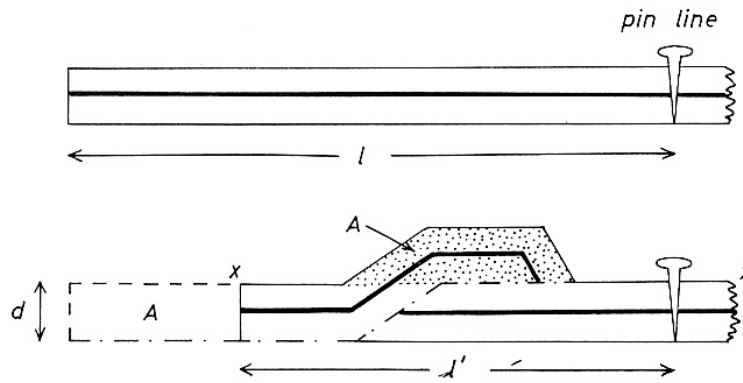


Figure 24.6. Relationship between uplifted area A and initial geometry. d is the depth to décollement below level x .

15

A INTERPRETATION A PARTIR D'UNE HYPOTHESE STRUCTURALE

PLI FAILLE
FLEXURE ENTRE T ET R

CHEVAUCHEMENT PAR PLATS ET RAMPES
EPAISSEURS CONSTANTES ENTRE R ET P
PAS DE CISAILEMENT COUCHE SUR COUCHE

IMPOSSIBILITE GEOMETRIQUE
(VIDE)

NON EQUILIBREE

PROBLEME: COMMENT COMBLER LE DEFICIT DE LONGUEUR DES NIVEAUX PROFONDS ($J_{1,2}$ ET L) PAR RAPPORT AU NIVEAU SUPERFICIEL (J_6)?

MODIFICATION DE PARAMETRES POUR EQUILIBRER

1 LE RACCOURCISSEMENT

IL EST IMPOSE PAR LA LONGUEUR DE $J_{1,2}$ ENTRE R ET P. LA MODIFICATION DE CETTE LONGUEUR QUE L'ON PEUT FAIRE (cf. CERCLE) EST TRES INSUFFISANTE POUR EQUILIBRER LA COUPE.

B

2 LE CISAILEMENT COUCHE SUR COUCHE

SI L'ON ADMET LE CISAILEMENT QUI TRANSFORME R_1 EN R_1' ALORS LA COUPE **EST EQUILIBREE**

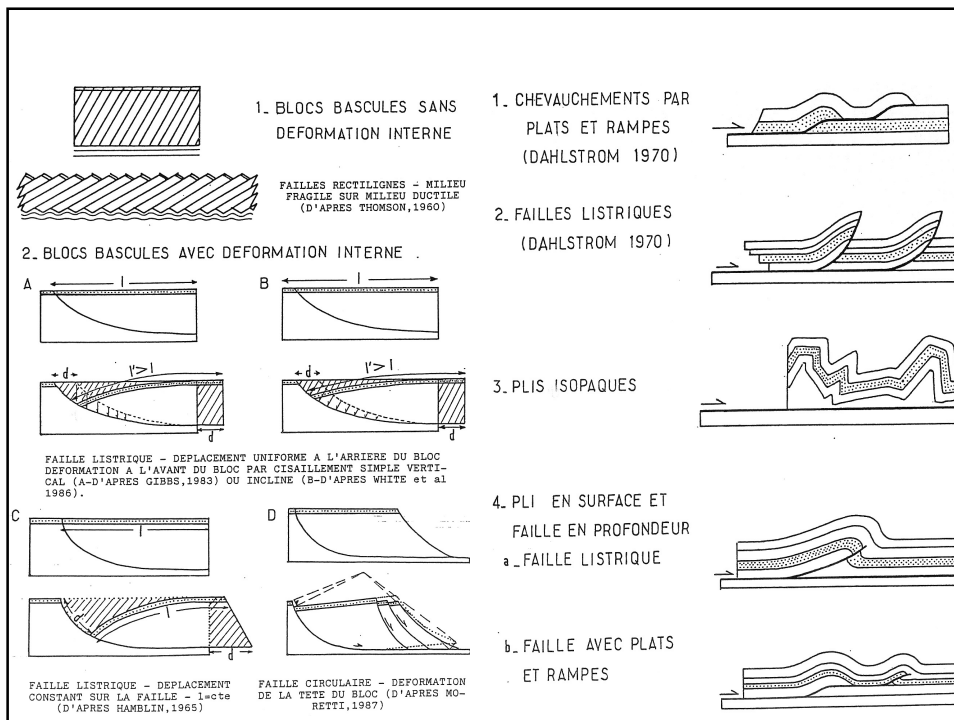
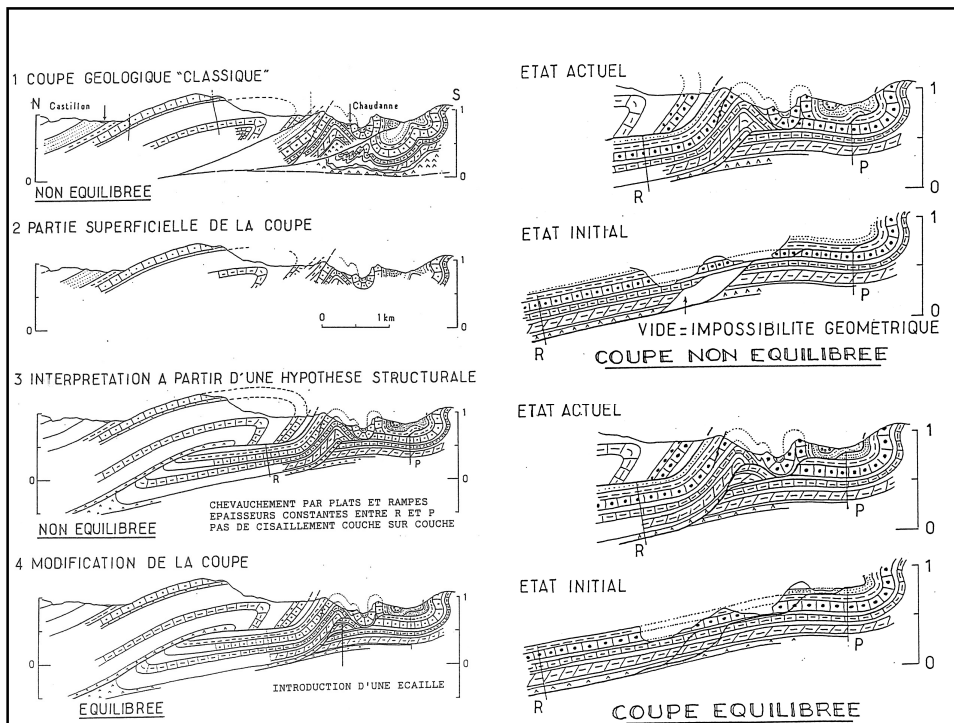
NB: IL FAUT MODIFIER LE PLI (cf. CERCLE) EN FONCTION DE CE CISAILEMENT.

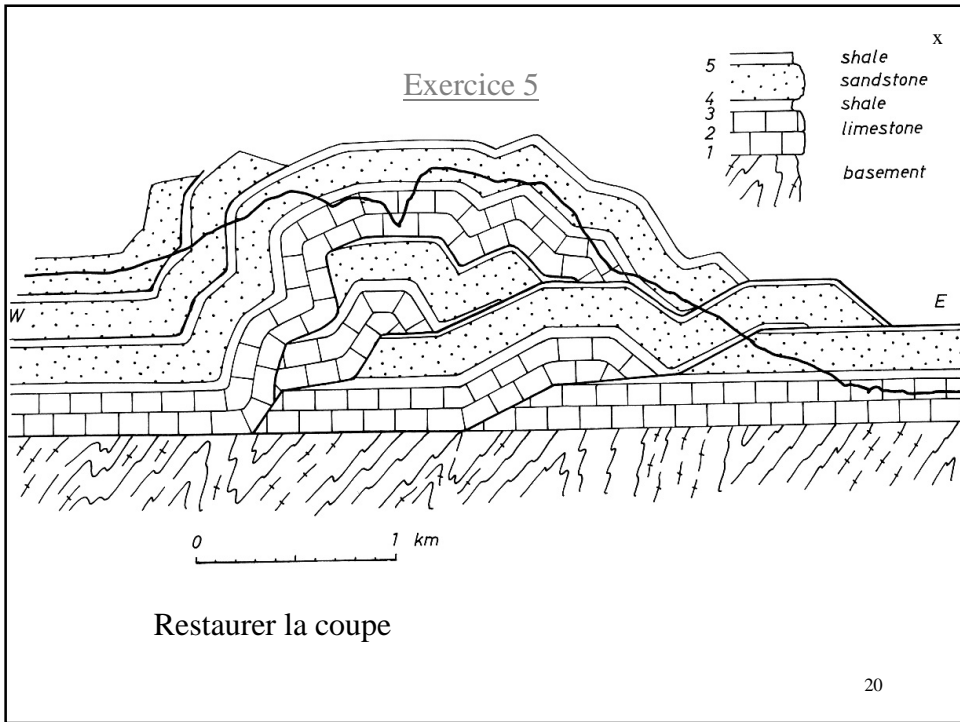
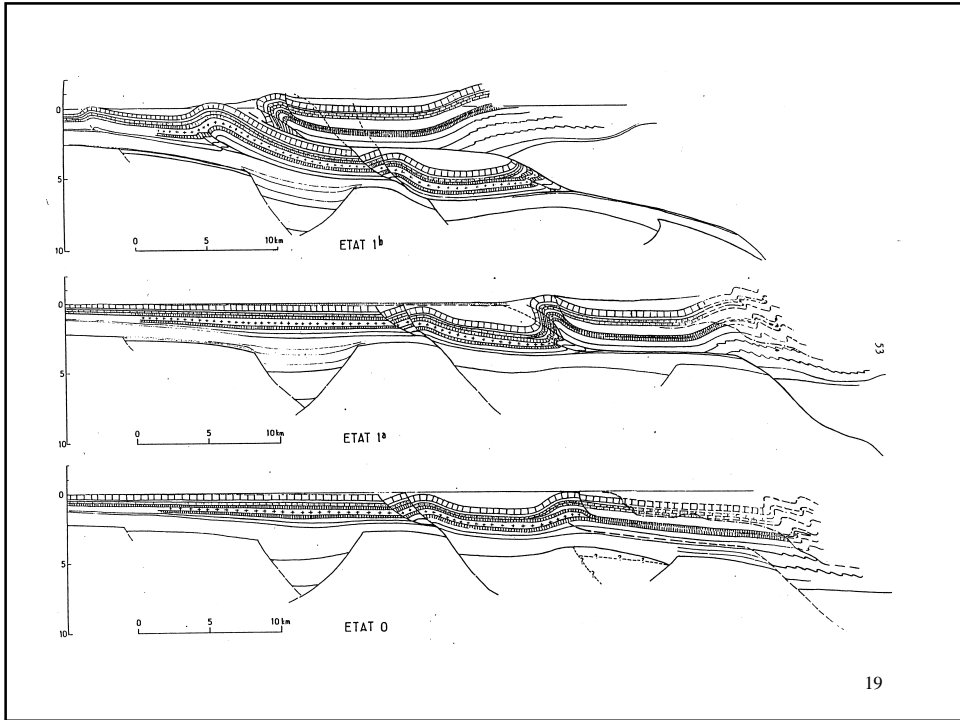
3 LA GEOMETRIE DES SURFACES DE CHEVAUCHEMENT

APPROFONDISSEMENT DU PLAN DE DECOLLEMENT (cf. CERCLE C1) POUR GAGNER LA SURFACE MANQUANTE.

INTRODUCTION D'UNE ECAILLE (cf. CERCLE C2) POUR PLACER LES LONGUEURS MANQUANTES DE $J_{1,2}$ ET L.

EQUILIBREE





Exercice 6

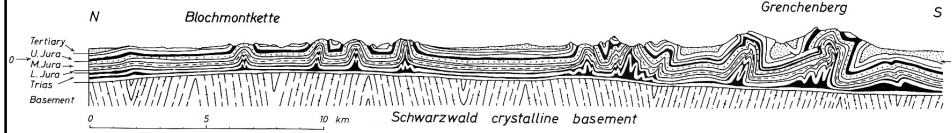
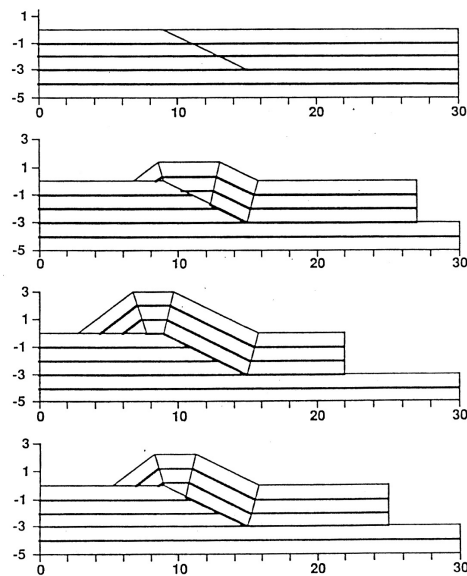


Figure 24.4. Profile through the north eastern part of the Jura Mountains, north Switzerland. After Buxtorf (1916). See Question 24.2.

- Mesurer les longueurs de couches individuellement (2 ou 3 couches)
- Vérifier que ces longueurs sont cohérentes
- Calculer le raccourcissement de la couverture au-dessus du niveau de décollement

21

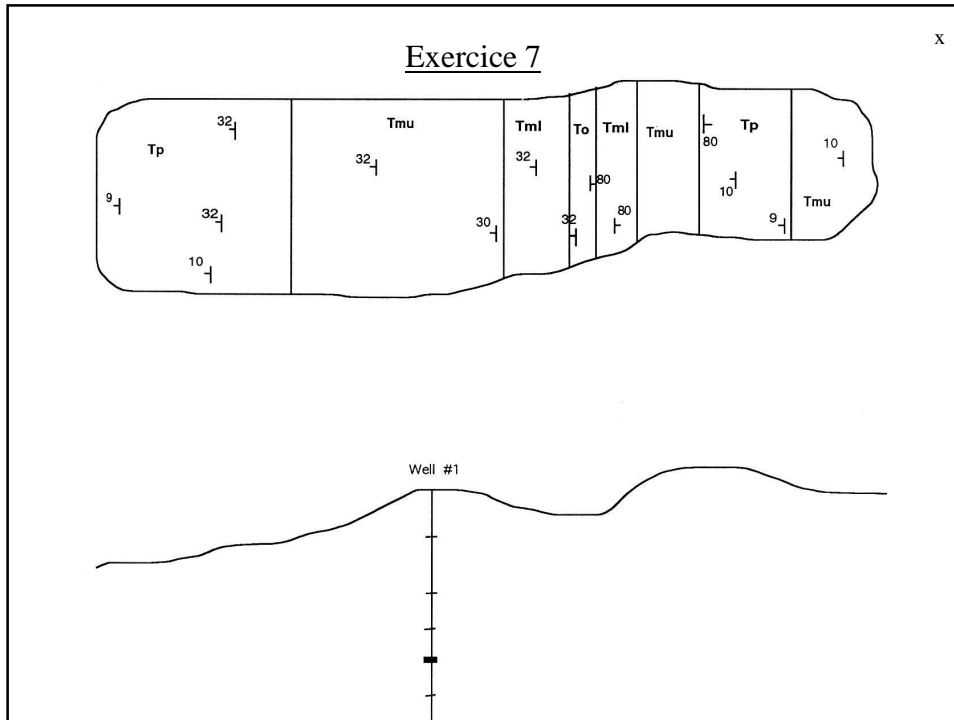
Théorie des plis en KINKS



22

Exercise 7

X



Complete the cross section in Fig. 15.9. Well 1 shows the subsurface position *but not the attitude* of lithologic contacts. Unfortunately, the geologist on site logging the well was unable to identify the units, so that is up to you. The heavy line indicates the position of a major fault. *You will have to determine* the dip of these subsurface units and the depth to detachment.

- 1 What type of fold is present?
- 2 Calculate the amount of shortening accommodated by the fold.
- 3 The unit that underlies To (Tertiary, Oligocene shale) is an oil-bearing Eocene sandstone. Show, on the *map*, the optimum position of a well to keep your Ferrari fed for years to come.

24