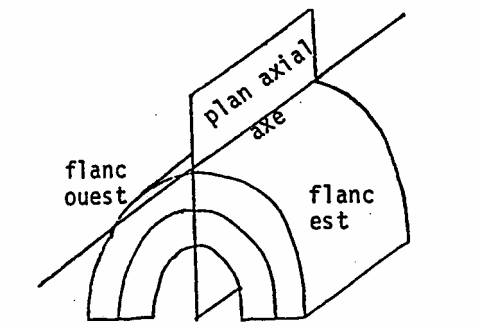
LES PLIS

Par Marc-André Bérubé et Michel Rocheleau

1 - Terminologie



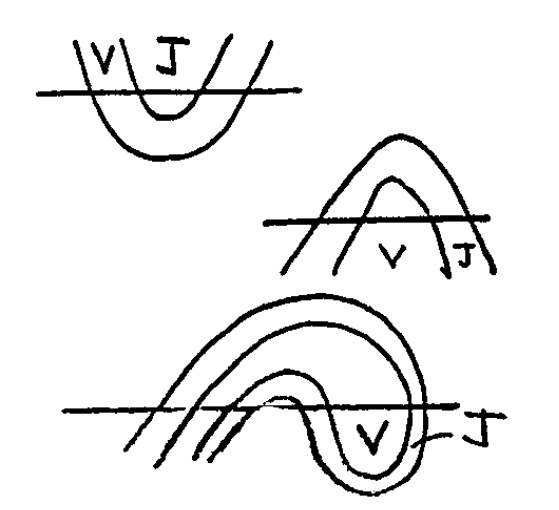
Trace du plan axial (intersection plan axial et surface)
Plongée (inclinaison de l'axe du pli p/r à l'horizontale)

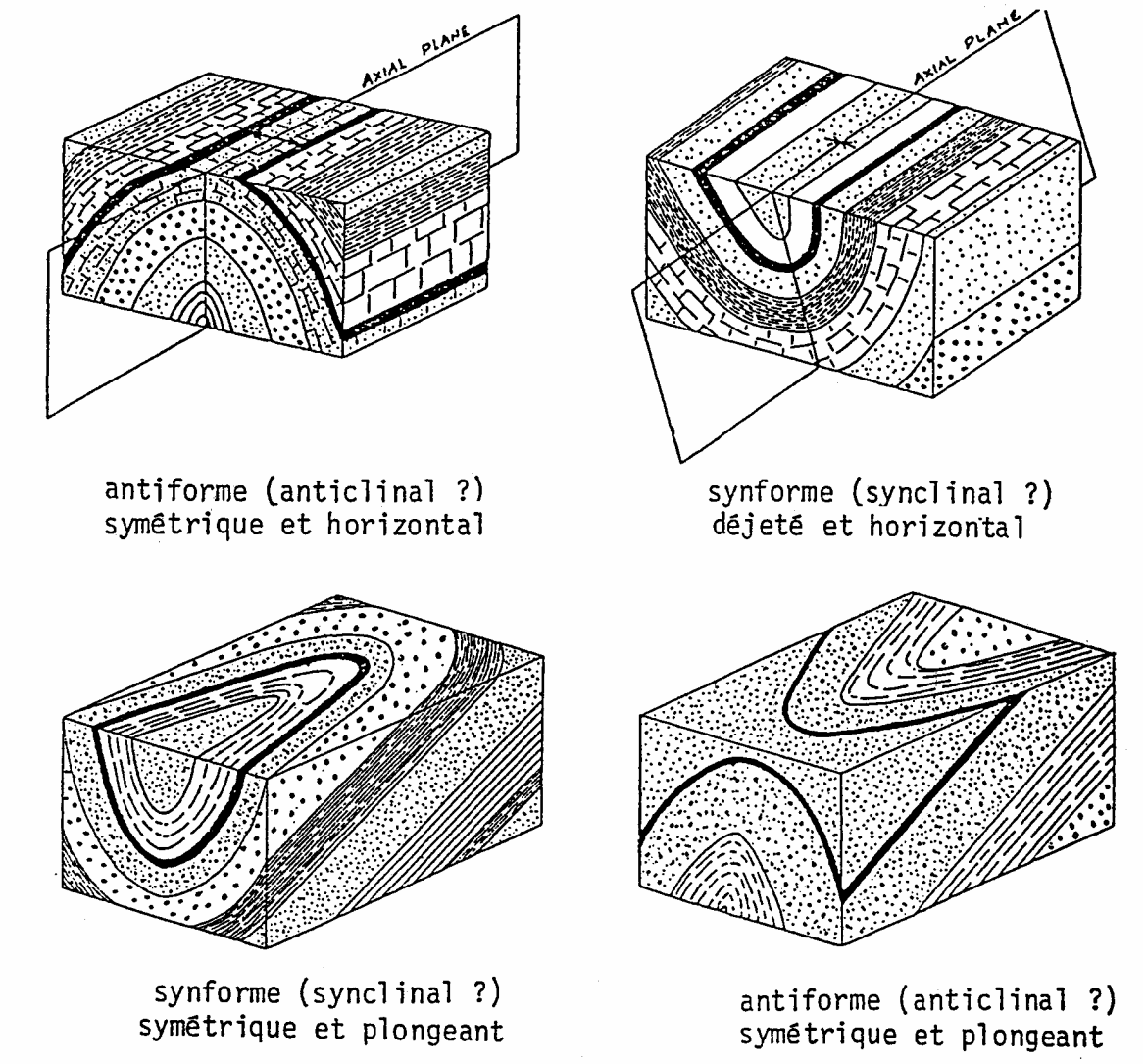
Types de plis:

synclinal (couches plus jeunes au centre):

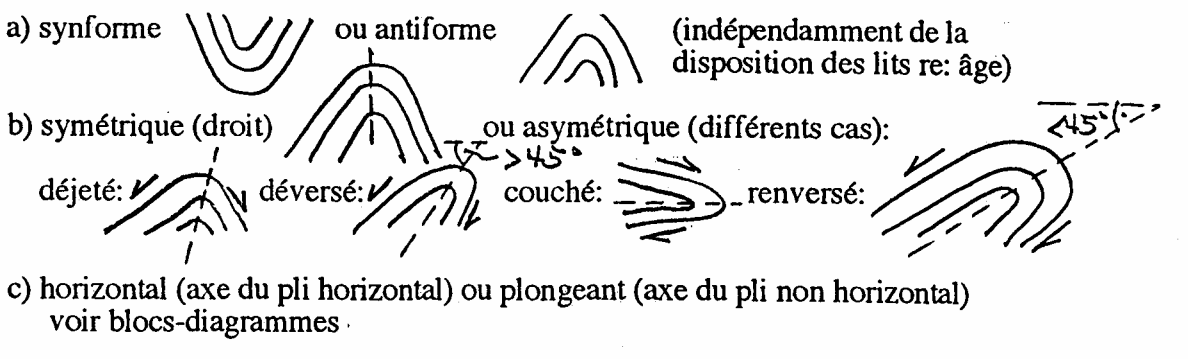
anticlinal (couches plus vieilles au centre):

Note: Un synclinal retourné est antiforme et
un anticlinal retourné est synforme (cas illustré):



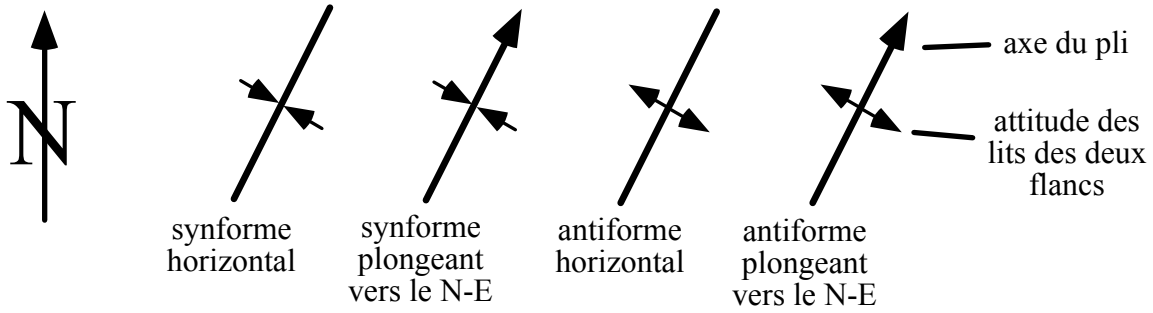


Formes de plis:

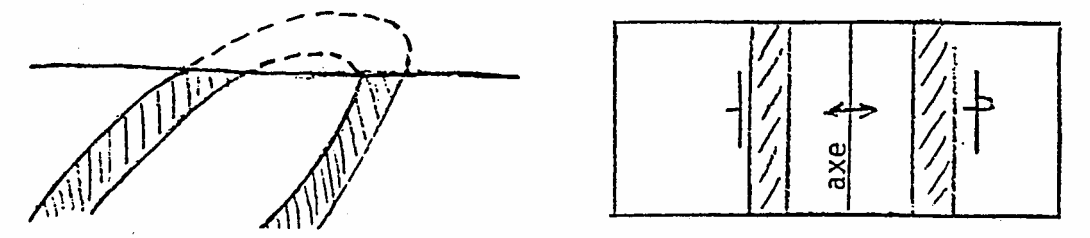


Représentation sur une carte:

L'attitude des lits des deux flancs est indiquée par leur direction et leur pendage (voir section 2.1). La direction de l'axe du pli et sa plongée (s'il y a lieu) de même que des informations sur le type de pli peuvent être indiquées sur une carte géologique à l'aide de symboles appropriés:

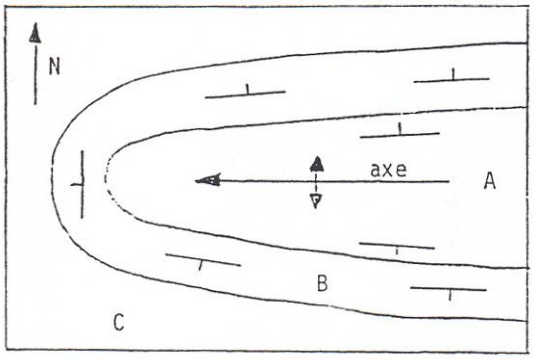


Exemple: pli antiforme (pendages divergents des deux flancs, au moins près de l'axe du pli), asymétrique déversé (pendages des deux flancs dans le même sens, plus loin de l'axe du pli) et horizontal (axe du pli horizontal):



Coupe verticale perpendiculaire à l'axe du pli Vue en plan

Autre exemple:



- antiforme (pendages divergents des deux flancs);
- symétrique (pendages semblables sur les deux flancs mais de sens inverse);
- plongeant (axe du pli incliné vers l'ouest).

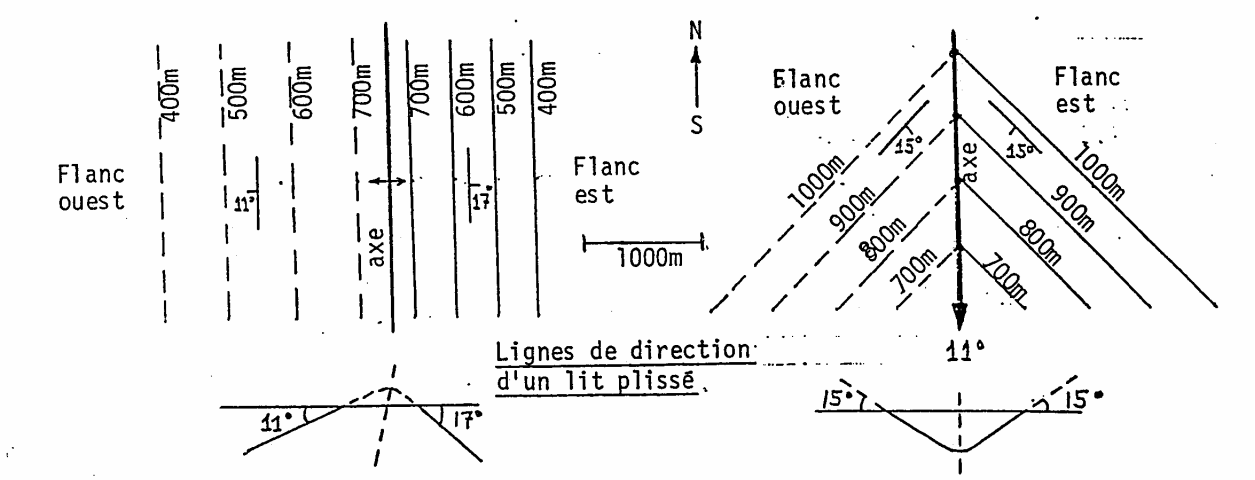
2 - Détermination des caractéristiques d'un pli

(type, géométrie, direction et plongée de l'axe)

L'examen des illustrations précédentes permet de constater qu'un pli, selon sa géométrie, peut se manifester de façon très variable à la surface, par exemple sur une photographie aérienne ou sur une carte géologique, et encore plus irrégulièrement si le relief de la région représentée est relativement accidenté par rapport à l'aire d'influence du pli. Il faut donc tenir compte de la topographie. L'interprétation d'un pli à partir d'une photo aérienne ou d'une carte géologique (si les symboles appropriés n'y apparaissent pas), sera donc plus difficile en terrain accidenté qu'en terrain plat. Si le relief est important, il faudra tracer les courbes de direction des lits:

Type de pli: Il est déterminé en considérant le pendage des lits des deux flancs. On déterminera alors si le pli est synforme ou antiforme, symétrique ou asymétrique (déjeté, déversé, couché,...). (Voir illustrations précédentes).

Direction et position de l'axe du pli (i.e. sa projection en plan): L'axe du pli correspondra à la droite d'intersection des lignes de direction d'un lit des deux flancs. Exemples:



Antiforme asymétrique légèrement déjeté (vers l'est) et horizontal.
Direction du pli: N-S ou 000

Synforme symétrique plongeant (vers le sud).
Direction du pli: sud ou 180.
Plongée du pli: 11° (vers le sud).

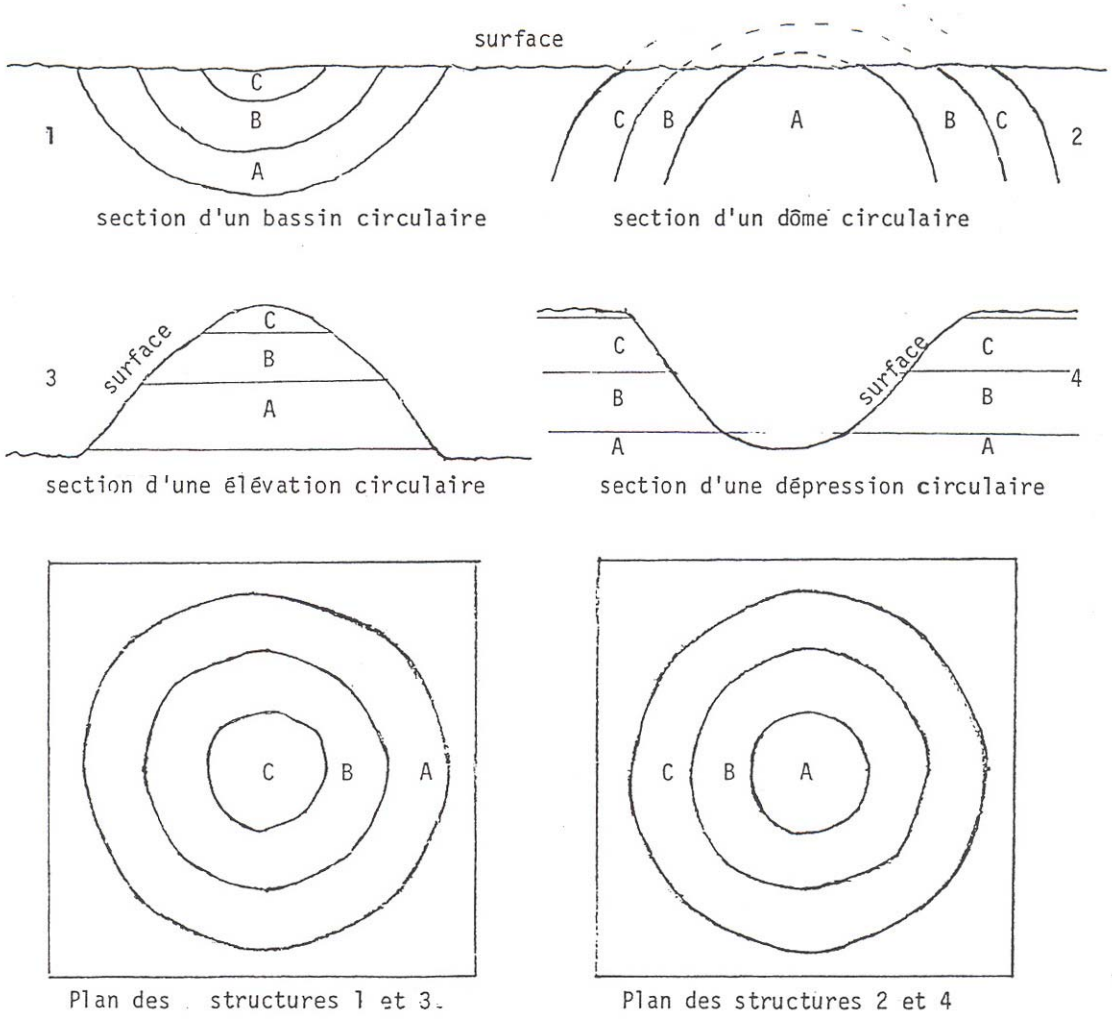
Plongée du pli (ou de l'axe du pli): Elle est mesurée dans la direction de l'axe du pli à partir des intersections des lignes de direction d'un lit plissé commun aux deux flancs. Dans l'exemple du croquis de droite précédent, la plongée serait de 10,6° vers le sud:

$$\text{Plongée du pli} = \text{arctg}\ \frac{300\ \text{m}}{1600\ \text{m}} = 10{,}6°$$

où 300 m est la dénivellation entre les lignes de direction de 1000 m et de 700 m (lignes choisies arbitrairement pour faire le calcul), et où 1 600 m correspond à la distance horizontale entre ces deux lignes dans la direction de l'axe du pli (déterminée à partir de l'échelle de la carte).

3 - <u>Cas particuliers: dômes et bassins</u>

Les dômes et les bassins (dont les lits sont plissés) peuvent être considérés respectivement comme des anticlinaux et des synclinaux circulaires ou elliptiques. Ils présentent généralement en surface une forme concentrique circulaire ou elliptique, par exemple sur une photographie aérienne ou une carte géologique. Comme on peut le constater sur les croquis suivants, il faut toutefois faire attention à l'**influence de la topographie**. Par exemple, une dépression ou une élévation constituée de lits non plissés peut aussi présenter sur une photographie aérienne ou une carte géologique une forme circulaire ou elliptique. Il est donc toujours préférable de tracer les lignes de direction d'au moins un lit ou un contact-repère si les symboles structuraux appropriés indiquant l'attitude des lits n'apparaissent pas sur la carte.



Dans les cas 3 et 4 précédents, les courbes de niveau seraient parallèles aux contacts géologiques alors que la surface est horizontale dans les cas 1 et 2. On peut tirer les mêmes remarques dans le cas des plis: un pli horizontal (axe horizontal) pourra montrer des contacts géologiques convergents (apparence d'un pli plongeant) au lieu de parallèles si la surface du terrain est inclinée, etc.

4. LES FAILLES

4.1 - Terminologie (rappel)

Plan de faille (voir schéma suivant).

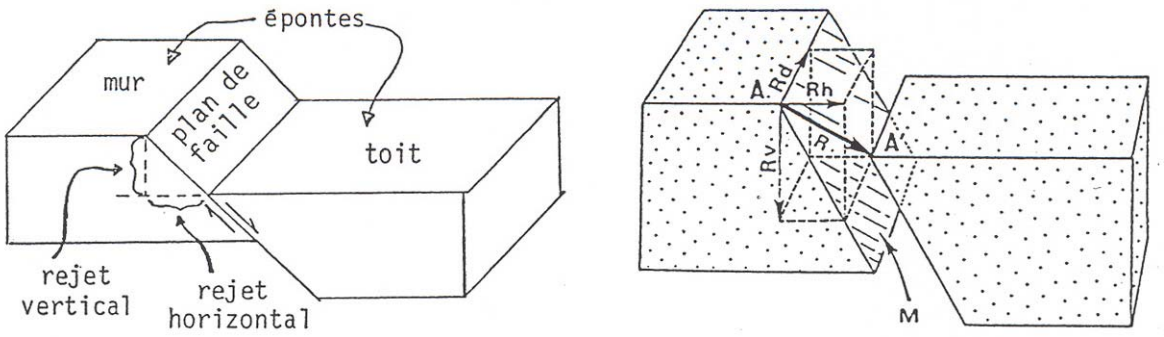
Trace de la faille = ligne d'intersection (souvent sinueuse) entre le plan de la faille et la surface.

Épontes: mur et toit (voir schéma suivant).

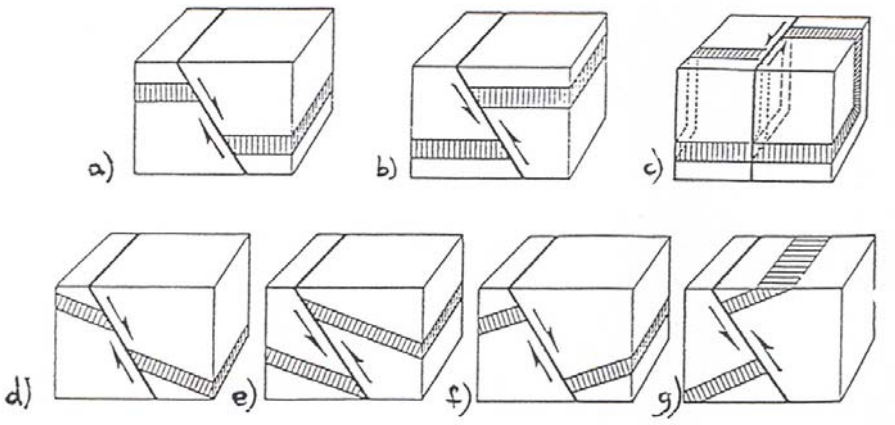
Rejet (R): déplacement (de deux points originalement juxtaposés) le long du plan de la faille.

- Rejet vertical (Rv) = composante verticale du rejet R
- Rejet horizontal (Rh) = composante horizontale de R perpendiculaire à la direction de la faille.
- Rejet décrochant (Rd) = composante horizontale de R parallèle à la direction de la faille.

Rotation: Lorsqu'il y a rotation relative d'un des deux compartements autour d'un axe perpendiculaire au plan de faille. Dans ce cas, la direction des lits n'est pas la même de part et d'autre de la faille.

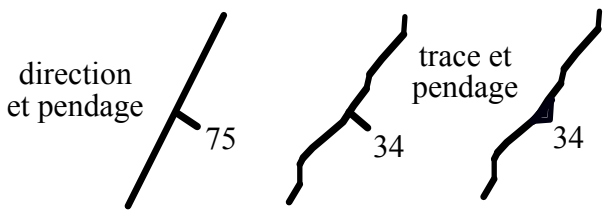


Types de failles:
- normale: descente relative du toit (schémas a, d, f suivants);
- inverse: remontée relative du toit (schémas b, e, g);
- décrochement: mouvement relatif horizontal des épontes (schéma c);
- conforme: pendages des lits et de la faille dans le même sens (schémas d, e);
- contraire: pendages des lits et de la faille dans le sens opposé (schémas f, g).

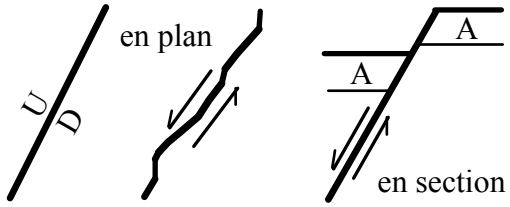


Représentation sur une carte

La **trace** du plan de faille est généralement représentée sur une carte par une ligne plus épaisse. Même si le plan de faille est un plan parfait, on notera que sa trace est sinueuse si le relief de la surface est accidenté. L'**attitude** d'un plan de faille peut être exprimée par sa direction et son pendage, tout comme s'il s'agissant d'un lit mince ou d'un contact entre deux lits, en utilisant le même symbolisme que pour indiquer l'attitude des lits. Souvent toutefois, le pendage seul sera représenté par un symbole approprié ajouté sur la trace de la faille:



Trace, direction et pendage en plan



Déplacement relatif des épontes

On inscrit souvent de part et d'autre de la trace de la faille les lettres D et U pour identifier les épontes qui ont été relativement élevées («upthrow») et abaissées («downthrow»). En plan, si le rejet horizontal est important, ou en section, on indique souvent le déplacement relatif des deux épontes par deux flèches de sens opposés disposées parallèlement à la faille.

4.2 - Détermination des caractéristiques d'une faille

(direction, pendage, identification des épontes, type de faille, mouvement relatif, rejets)

Direction et pendage: Ces caractéristiques sont déterminées comme pour tout contact géologique, i.e. à partir des lignes de direction du plan de faille et de l'espacement entre ces lignes.

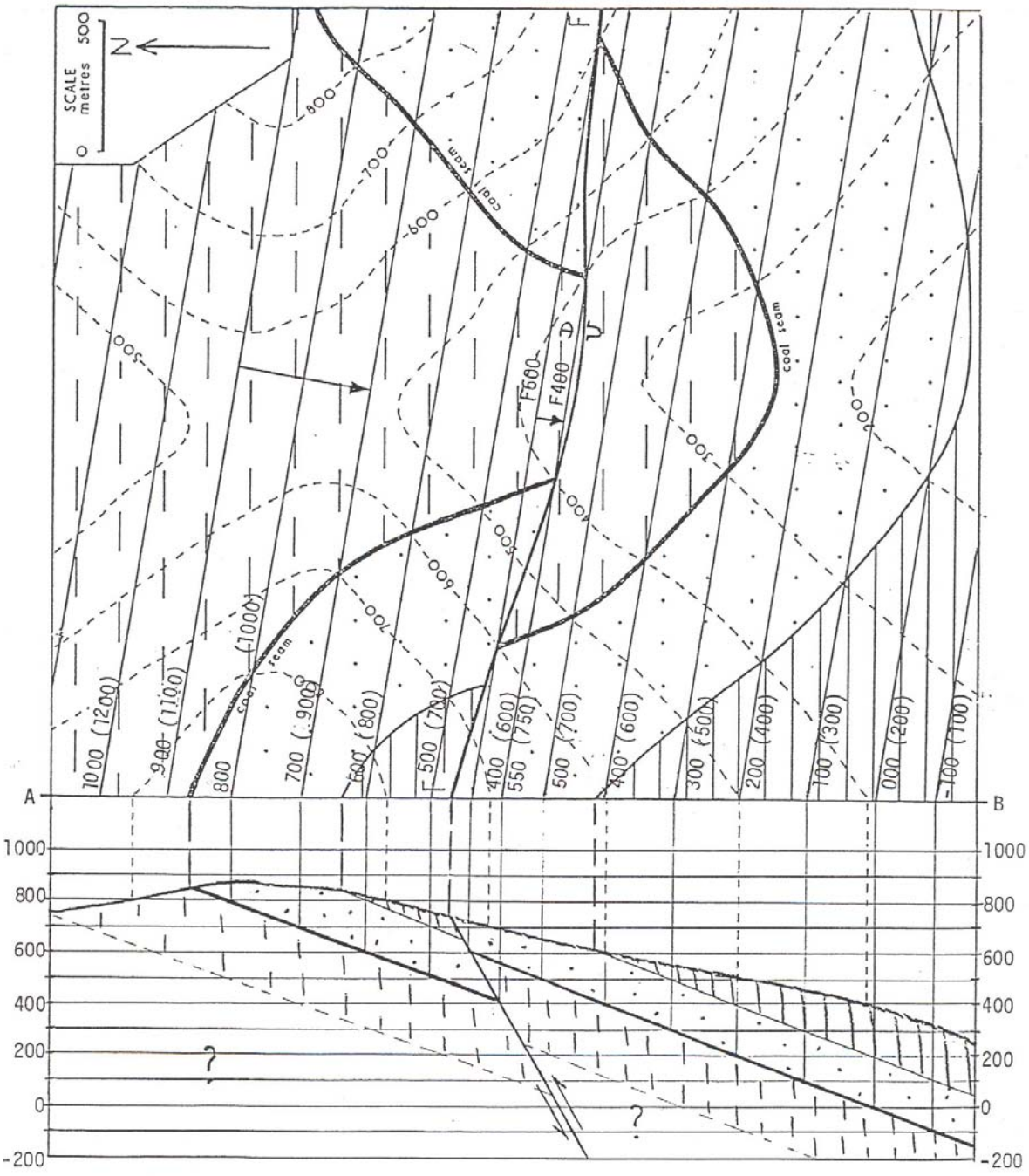
Par exemple, sur la carte suivante:

- Direction des lits = 099 (grossièrement est-ouest).
- Pendage des lits = 21,8° (= arctg 200 m / 500 m), mesuré entre les lignes de direction du lit de charbon de niveaux 700 m et 900 m (dénivellation de 200 m pour une distance horizontale de 500 m entre les deux lignes).
- Direction de la faille = 099 (dans ce cas même direction que celle des lits).
- Pendage de la faille = 63,4° (= arctg 200 m / 100 m), mesuré entre les lignes de direction de la faille de niveaux 400 m et 600 m (dénivellation de 200 m pour une distance horizontale de 100 m entre les deux lignes).

Note: Les élévations indiquées au bas des lignes de direction tracées sur la carte suivante correspondent au lit de charbon (situé au contact grès/mudstone) et au contact grès-shale (élévations indiquées entre parenthèses). Les élévations des lignes de direction de la faille sont précédées de la lettre F et sont indiquées au centre de la carte.

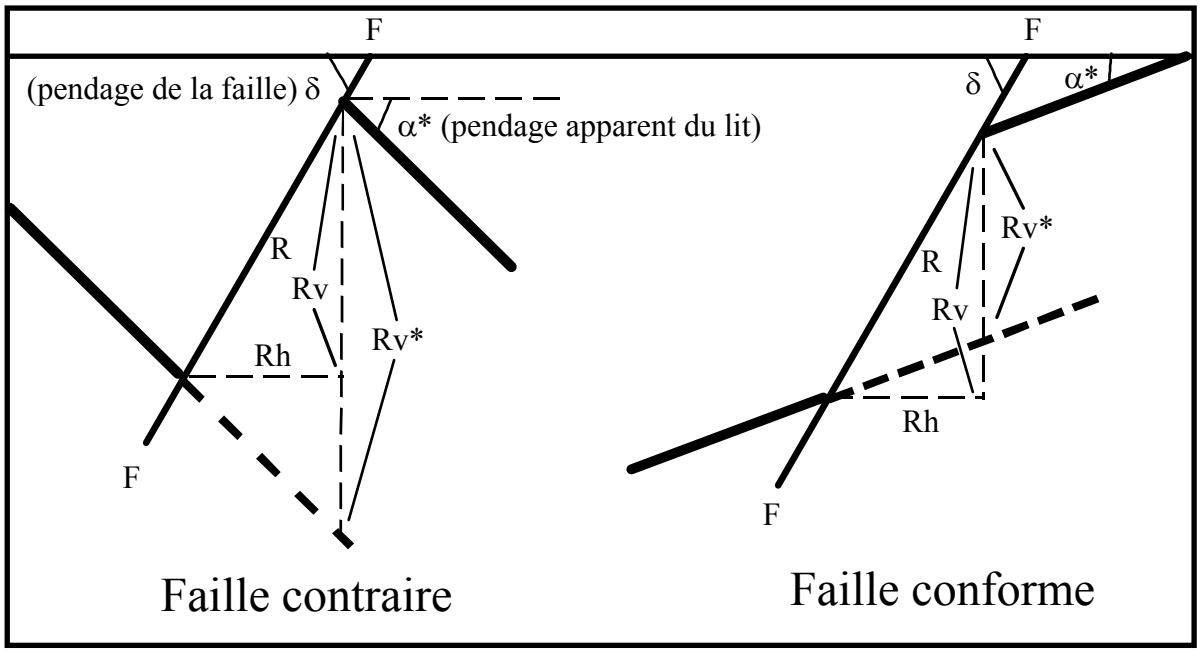
Mouvement relatif des épontes

Le mouvement relatif des épontes (mur et toit) peut être obtenu à partir des lignes de direction cotées d'un lit-repère telles que déterminées de part et d'autre de la faille. Sur la carte suivante, par exemple, La ligne de direction de niveau 400 m du lit de charbon au nord de la faille est superposée à la ligne de direction de niveau 550 m du même lit au sud de la faille. Le bloc nord a donc descendu par rapport au bloc sud (**«rejet vertical apparent» Rv*** de 150 m). Le bloc nord peut donc être identifié par la lettre «D» (pour «downthrow») et le bloc sud, par la lettre «U» (pour «upthrow»).



Rejet (R), rejet vertical (Rv) et rejet horizontal (Rh)

Comme on peut le constater sur la figure suivante, le rejet vertical est différent du «rejet vertical apparent Rv*» tel que déterminé à partir du décalage vertical entre les lignes de direction d'un lit-repère de part et d'autre de la faille (par exemple de 150 mètres dans le cas représenté sur la carte précédente); c'est parce que le mouvement le long du plan de faille n'est pas vertical mais plutôt incliné (à moins que la faille soit verticale). En fait, le rejet vertical est tantôt inférieur (schéma A suivant), tantôt supérieur (schéma B suivant) au «rejet vertical apparent».



Coupes perpendiculaires au plan de la faille (en l'absence de rotation)

Solution analytique: Par géométrie descriptive, il est possible de calculer les rejets horizontaux Rh et verticaux Rv de la faille, par exemple à partir du rejet vertical apparent de la faille Rv* (déterminé à partir des lignes de direction des lits de part et d'autre de la faille), du pendage δ de la faille et du pendage apparent α* des lits dans une direction perpendiculaire à la faille, dans la mesure où il n'y a pas eu rotation. La solution est toutefois différente selon qu'il s'agisse d'une faille conforme ou contraire.

Par exemple, dans le cas d'une faille contraire (schéma de gauche précédent):
$\text{tg } \delta = Rv/Rh$ et $\text{tg } \alpha^* = (Rv^* - Rv)/Rh$, d'où: $Rv = (Rv^* \times \text{tg } \delta)/(\text{tg } \delta + \text{tg } \alpha^*)$ puis $Rh = Rv/\text{tg } \delta$

alors que, dans le cas de la faille conforme (schéma de droite précédent):

$\text{tg } \delta = Rv/Rh$ et $\text{tg } \alpha^* = (Rv - Rv^*)/Rh$, d'où: $Rv = (Rv^* \times \text{tg } \delta)/(\text{tg } \delta - \text{tg } \alpha^*)$ puis $Rh = Rv/\text{tg } \delta$,

Dans le cas où il n'y a pas de rejet décrochant Rd, i.e. de déplacement horizontal dans la direction de la faille, on obtient le rejet R de la façon suivante:

$R = (Rv^2 + Rh^2)^{1/2}$

Solution graphique: Il suffit de réaliser une coupe verticale perpendiculaire à la direction de la faille et de procéder à la mesure graphique des déplacements (voir coupes illustrées sur les schémas précédents de même que sur la carte précédente).

Identification des épontes et type de faille

La section verticale AB apparaissant au bas de la carte précédente permet de visualiser très clairement ce qui se passe en profondeur. Ce profil est obtenu à partir des lignes de direction cotées des contacts géologiques. La faille est de pendage vers le sud; le bloc nord est le mur alors que le bloc sud est le toit. De plus, puisque le bloc sud a subi une remontée par rapport au bloc sud, la faille est inverse.

EXERCICE 3A

ATTITUDE ET ÉPAISSEUR DES LITS EN PRÉSENCE DE PLIS

La région représentée par la carte géologique/topographique suivante montre deux plis.

a) Sur la carte, dessinez les lignes de direction des contacts LM et MN à tous les 200 m.

b) Dessinez la position de l'axe des deux plis en indiquant le sens du pendage des lits de part et d'autre de ces axes. (Voir symboles illustrés à la section 3.1).

c) Quelle est la direction de l'axe des plis? Pli ouest _____ Pli est: _____

d) S'agit-il de plis synformes ou antiformes? Pli ouest _____ Pli est: _____

e) S'agit-il de plis symétriques ou asymétriques? Pli ouest _____ Pli est: _____

f) S'agit-il de plis horizontaux ou plongeant? Pli ouest _____ Pli est: _____

g) Quels sont la direction et le pendage des lits?

À l'ouest de l'axe du pli ouest: _____ / _____

Entre les deux axes des plis: _____ / _____

À l'est de l'axe du pli est: _____ / _____

h) Quelle est l'épaisseur (verticale) <u>apparente</u> de l'unité lithologique M?

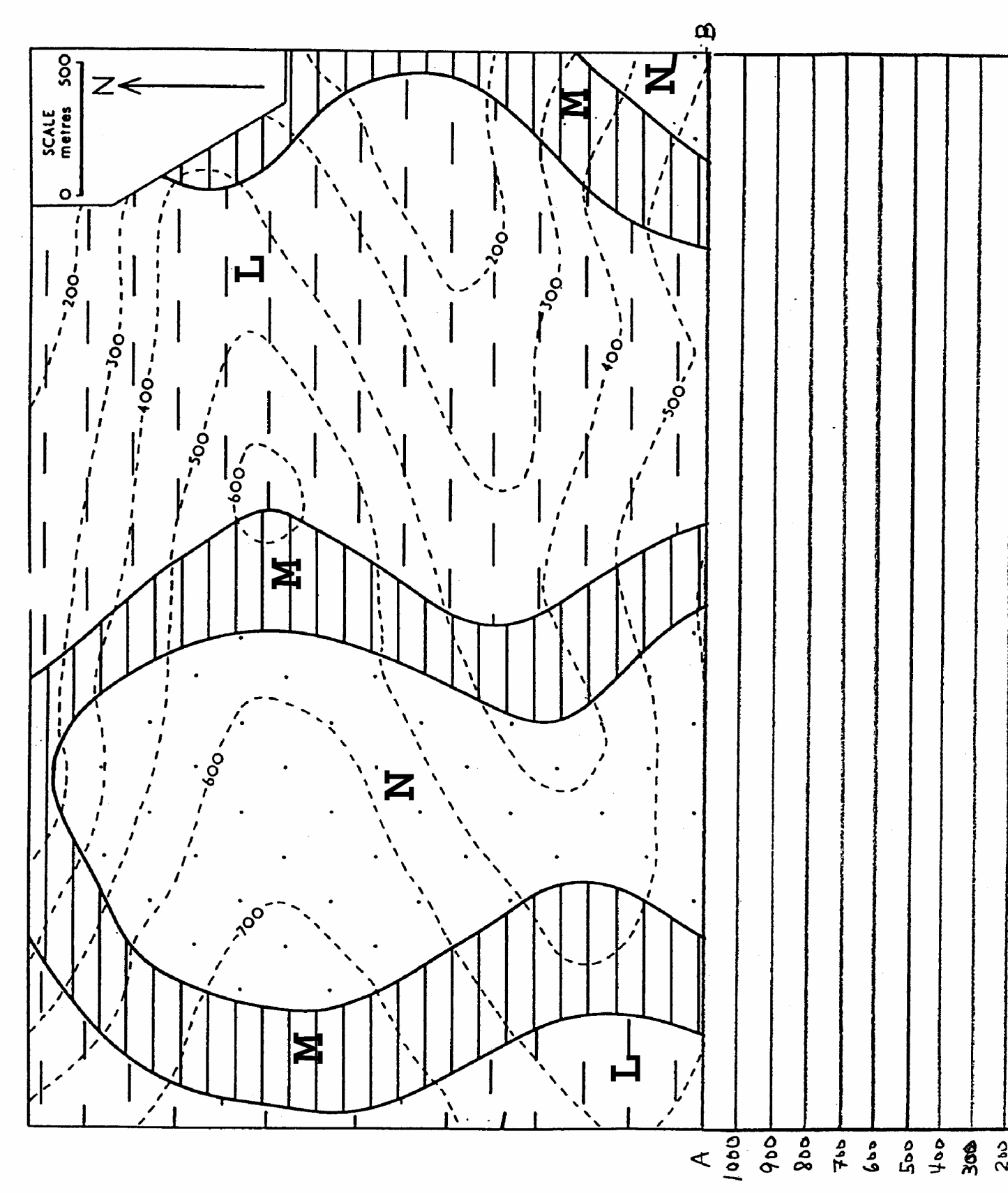
À l'ouest de l'axe du pli ouest: _____ mètres

Entre les deux axes des plis: _____ mètres

À l'est de l'axe du pli est: _____ mètres

i) Quelle est l'épaisseur <u>vraie</u> de l'unité lithologique M? _____ mètres

j) Dans l'espace prévu à cette fin au bas de la carte, dessinez une coupe géologique le long de la ligne AB. (Utilisez la méthode de projection des lignes de direction).


SCALE
metres
500
0
N
L
M
N
M
N
M
L
200
300
400
500
600
700
A
B
1000
900
800
700
600
500
400
300

EXERCICE 3B

4. ATTITUDE ET ÉPAISSEUR DES LITS EN PRÉSENCE DE FAILLES

La région représentée par la carte géologique/topographique suivante montre une faille.

a) Sur la carte, dessinez les lignes de direction des contacts AB et BC à tous les 100 m.

b) Quels sont la direction et le pendage des lits: du côté nord de la faille: _____ / _____

du côté sud de la faille: _____ / _____

c) Que peut-on en conclure concernant un possible mouvement de rotation des deux épontes le long du plan de faille?

_____

d) Quelle est l'épaisseur (vraie) du lit de grès (unité B)? _____ mètres

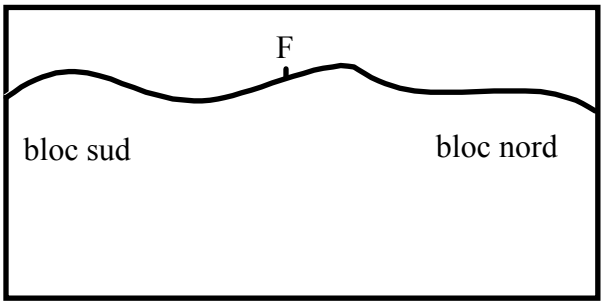
e) Sur la carte, dessinez les lignes de direction du plan de faille.

f) Quels sont la direction et le pendage de la faille? _____ / _____

g) Quel bloc a descendu par rapport à l'autre, le bloc nord ou le bloc sud?_____

h) Quel est le type de faille, normale, inverse ou de décrochement?_____

i) Dessinez dans l'espace prévu à cette fin une coupe nord-sud parallèle à la bordure ouest de la carte et sur laquelle vous indiquerez approximativement l'attitude des lits et celle de la faille, de même que le déplacement relatif des deux compartiments (doubles flèches de sens opposés).



j) Le toit de la faille est-il au nord ou au sud? _____

k) Quel est le rejet vertical apparent (Rv*) de la faille? _____ mètres

l) Quel est le rejet vertical (Rv) de la faille? _____ mètres

m) Quel est le rejet horizontal (Rh) de la faille? _____ mètres

n) En supposant que le rejet décrochant (Rd) est nul, i.e. qu'il n'y a pas eu mouvement horizontal parallèlement à la faille, quel est le rejet (R)? _____ mètres

