TUTORIEL 2

CONSTRUCTION DE PROFILS STRUCTURAUX

Objectifs spécifiques

- *Présenter les méthodes de projections de données structurales.*
- *Mettre en pratique les techniques de projection de données de surface sur sections verticales.*
- *Projeter en coupe la trace de plis qui affleurent en surface.*
- *Construire des coupes structurales régionales.*

Les profils structuraux sont des dessins précis qui accompagnent habituellement les rapports et les cartes géologiques. Ils nous permettent de visualiser la géologie d'une région dans la troisième dimension, soit celle qui nous est la plus difficilement accessible, la profondeur. Les profils structuraux doivent donc être construits de façon à refléter la forme et la géométrie réelle des structures plissées. De ce fait, l'orientation du profil sera perpendiculaire à l'axe des plis régionaux.

Il existe plusieurs techniques de projection géométrique pour construire un profil dans un plan vertical en extrapolant en profondeur les données observées et mesurées à la surface du sol. Certaines de ces techniques sont basées sur les relations géométriques des plis cylindriques de forme régulière et dont la géométrie est déduite à partir des relations observées sur le terrain. La construction d'un profil structural régional est plus difficile, car l'échelle choisie, soit quelques centaines de kilomètres de longueur, ne permet pas d'utiliser les méthodes de projection géométrique classiques. Même si de tels profils régionaux s'avèrent plus schématiques, il n'en demeure pas moins que l'on doit respecter le plus possible la géométrie réelle des plis et des failles dans les différents domaines structuraux d'un orogène.

PLIS CONCENTRIQUES HORIZONTAUX

La méthode de Busk

La méthode de Busk nous permet de construire un profil structural pour des plis cylindriques concentriques horizontaux à charnière arrondie, c.-à-d. les plis concentriques de la classe 1B de Ramsay. Cette méthode tient compte de la géométrie particulière des plis concentriques, soit leur épaisseur orthogonale constante et leur forme circulaire. En profil, un pli concentrique exhibe une forme d'arc circulaire (fig. 1) dont la surface plissée peut être divisée en plusieurs segments qui constituent chacun une portion d'un arc circulaire.

Autour de l'arc, la valeur des pendages variera de façon graduelle et continue. En section, les différentes couches plissées constitueront une superposition d'arcs circulaires de rayon variable.



Figure 1. Vue en coupe d'un pli concentrique droit.

Méthode de construction

La méthode de Busk est basée sur le fait que l'inclinaison des strates correspond à la tangente de l'arc de cercle de la surface plissée à un point donné. Pour chaque site où l'on a une valeur de pendage pour le plan de stratification, il s'agit de construire une ligne perpendiculaire à l'inclinaison des strates (figure 2). Ces perpendiculaires correspondent au rayon de l'arc de cercle qui se recoupe au point O et qui correspond à l'origine du cercle concentrique.

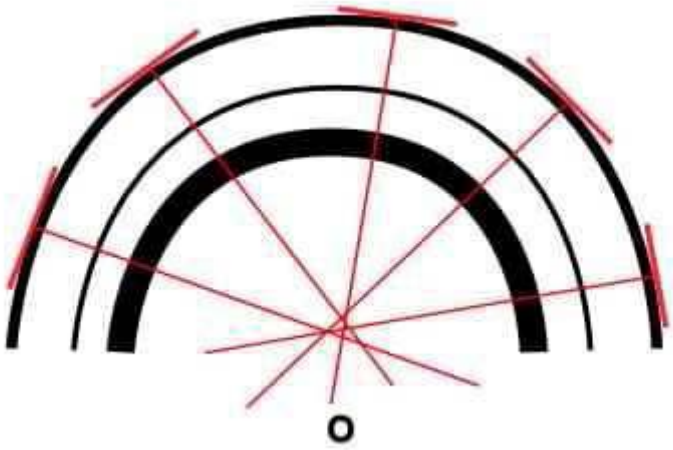


Figure 2. Technique de projection des perpendiculaires au pendage des strates.

Cette technique de projection est utilisée pour dessiner la géométrie de plis concentriques en coupe à partir des orientations des couches plissées (figure 3). Les points d'intersection entre les segments perpendiculaires à l'inclinaison des strates correspondent aux origines des cercles concentriques qui définissent les plis.

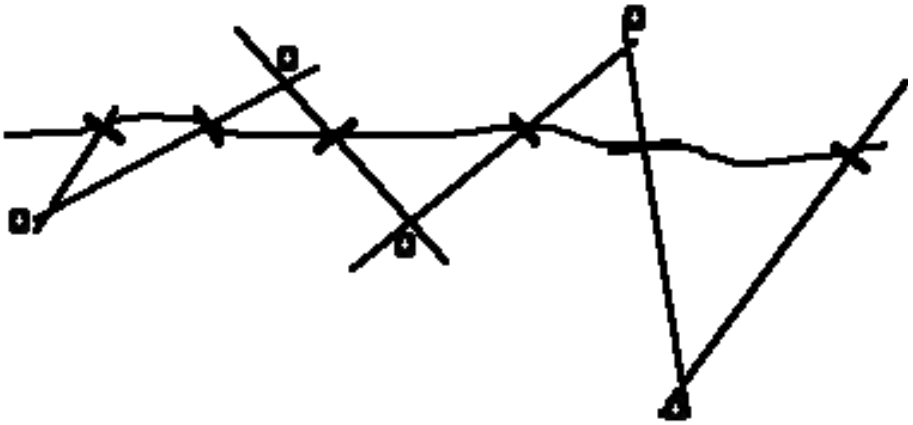


Figure 3. Technique de projection des perpendiculaires au pendage des strates sur une ligne de profil géologique.

Pour reproduire la géométrie des plis concentriques, il s'agit de tracer des arcs de cercle ayant pour origine les points d'origine O à l'aide d'un compas. Les arcs de cercle passeront par les sites de levés structuraux de l'inclinaison des strates ou par les sites ou les contacts stratigraphiques ont été identifiés le long du profil (figure 4). On termine la coupe structurale en prolongeant les traces des **contacts stratigraphiques** tout en respectant le rayon de courbure et l'épaisseur constante des différentes unités.

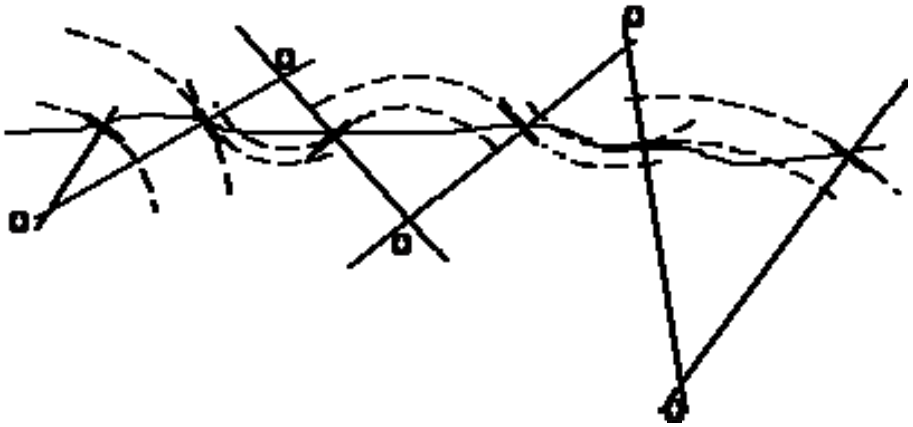


Figure 4. Projection des arcs de cercle pour la méthode de Busk. Les arcs de cercle tracés sur cette coupe correspondent à des surfaces plissées qui ne représentent pas nécessairement des contacts stratigraphiques entre deux unités lithologiques.

PLIS EN CHEVRON HORIZONTAUX

Une seconde méthode de construction est utilisée pour projeter les plis en chevron qui possèdent une géométrie interne très différente de celle des plis concentriques. La géométrie des plis en chevron (les plis à charnière anguleuse et à flancs droits) permet de distinguer des domaines à pendage commun. La limite entre deux domaines correspond au plan de kink, plan selon lequel le pendage change abruptement de direction. Les plis en chevron se forment par cisaillement autour du plan de kink et par glissement entre les couches. La méthode présentée ci-dessous suppose que l'épaisseur des couches demeure la même pendant tout le processus de plissement, ce qui n'est pas toujours le cas.

Méthode

1. Pour chaque site relevé sur le terrain, reporter sur la coupe les contacts stratigraphiques réels ou interprétés sur la carte et les valeurs d'orientation de la stratification (direction et pendage) mesurée sur le terrain. N'oubliez pas de calculer le pendage apparent dans le plan de la section si les strates ne sont pas perpendiculaires à la section du profil (voir abaque donné en annexe).

2. Tracer des segments qui représentent le prolongement des contacts stratigraphiques des différentes unités en les orientant parallèlement aux valeurs de direction et pendage réelles jusqu'à leur point d'intersection.

3. Localiser les intersections entre les segments, qui correspondent aux charnières des plis des unités stratigraphiques. Tracer la surface axiale des plis en chevron (plans de kink) en reliant les charnières des unités plissées.

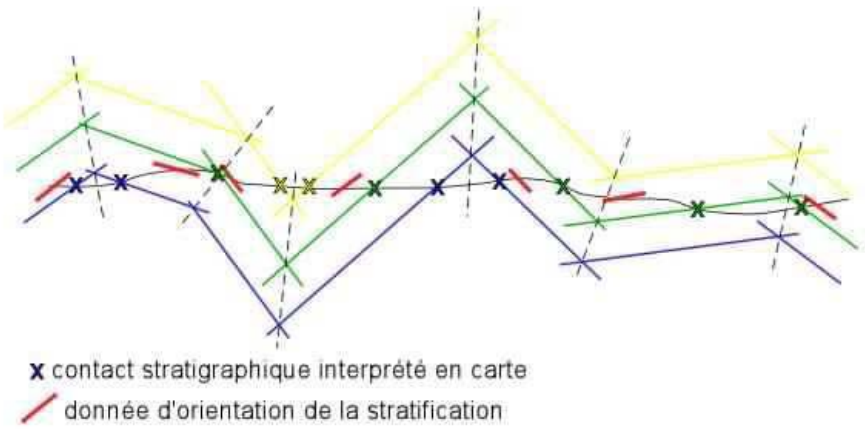


Figure 5. Méthode de construction de plis en chevron d'épaisseur constante.

PLIS PLONGEANTS

Lorsqu'il est question de construire des profils structuraux dans une région caractérisée par des plis plongeants, le plan du profil ne sera pas vertical, mais bien orienté perpendiculairement à la plongée de l'axe des plis, dans le but de représenter le plus fidèlement possible la géométrie des plis.

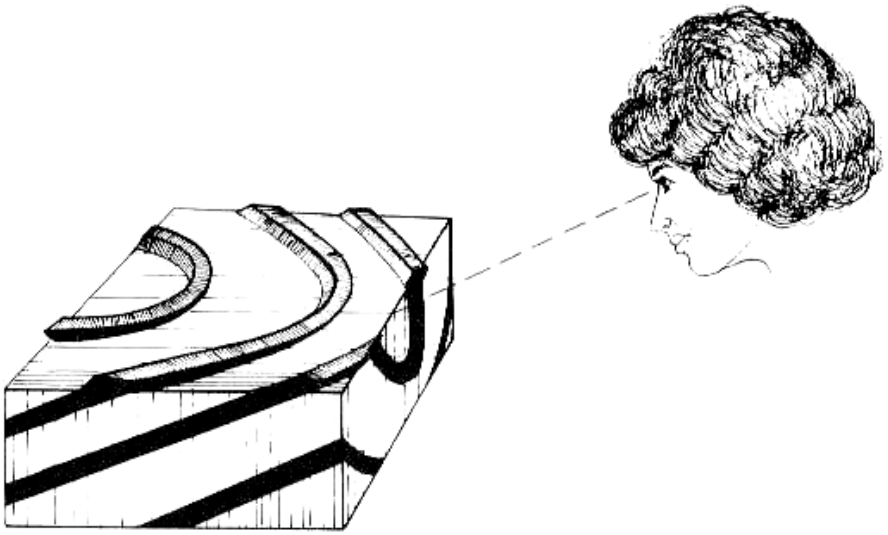


Figure 6. Un pli plongeant doit être observé dans le sens de sa plongée.

Prenons l'exemple d'un cylindre plongeant (figure 7). La forme de ce cylindre sur une représentation planimétrique (une vue en carte) est elliptique et ne reflète pas la géométrie réelle du cylindre. Si l'on veut déterminer les paramètres géométriques du cylindre, le rayon ou le diamètre par exemple, on devra construire une vue en coupe, qui sera orientée perpendiculaire à l'allongement du cylindre.

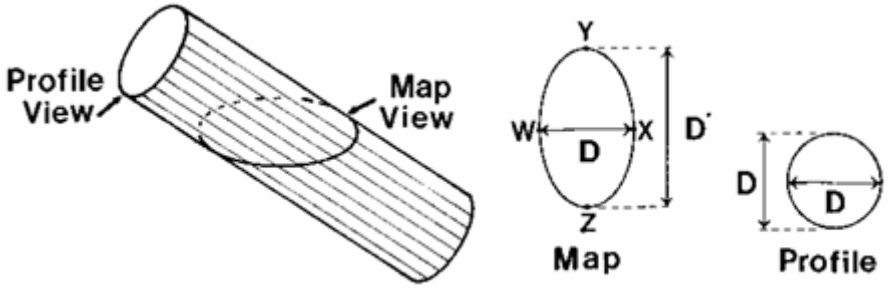


Figure 7. Vue en profil et en plan d'un cylindre plongeant.

Dans une région caractérisée par des plis régionaux plongeants (figure 8), on utilisera une technique graphique spéciale pour construire des coupes structurales dans un plan qui sera perpendiculaire à l'axe des plis. Une telle projection représentera la géométrie réelle des plis.

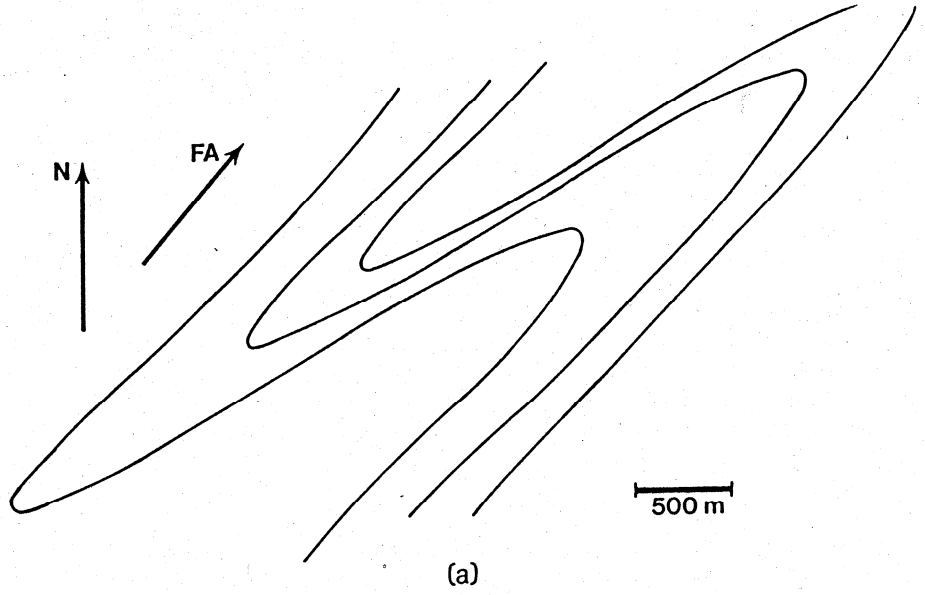


Figure 8. Carte géologique d'une région caractérisée par des plis plongeants à 40°vers le NE. L'axe du pli est désigné par FA (fold axis).

Il s'agira de superposer une grille à la carte géologique et de projeter ensuite cette grille dans le plan perpendiculaire à l'axe des plis (voir figure 9 et 10).

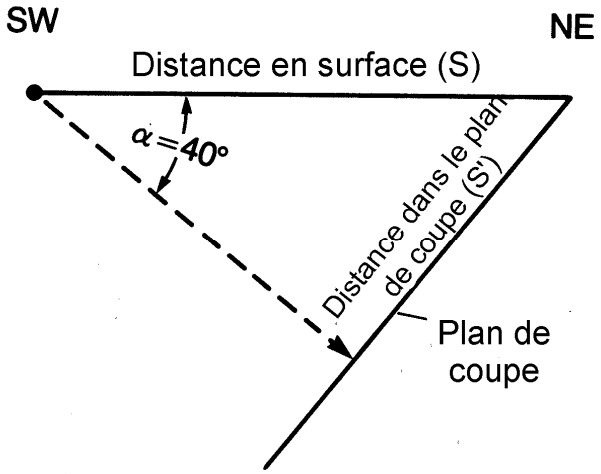


Figure 9. Géométrie du plan de coupe par rapport à l'axe du pli (en pointillé).

Puisque la carte est un plan oblique à la plongée des plis, la taille des rectangles de la grille différera sur la carte et sur la section. Les droites formant la grille seront parallèles et perpendiculaires à la direction de l'axe des plis. La surface des rectangles de la grille sera déterminée à l'aide de la plongée de l'axe et de la relation suivante:

$$S' = S (\sin \alpha),$$

où α est la plongée du pli, S' est la distance dans le plan de coupe et S est la distance en surface (voir figure 9 et 10).

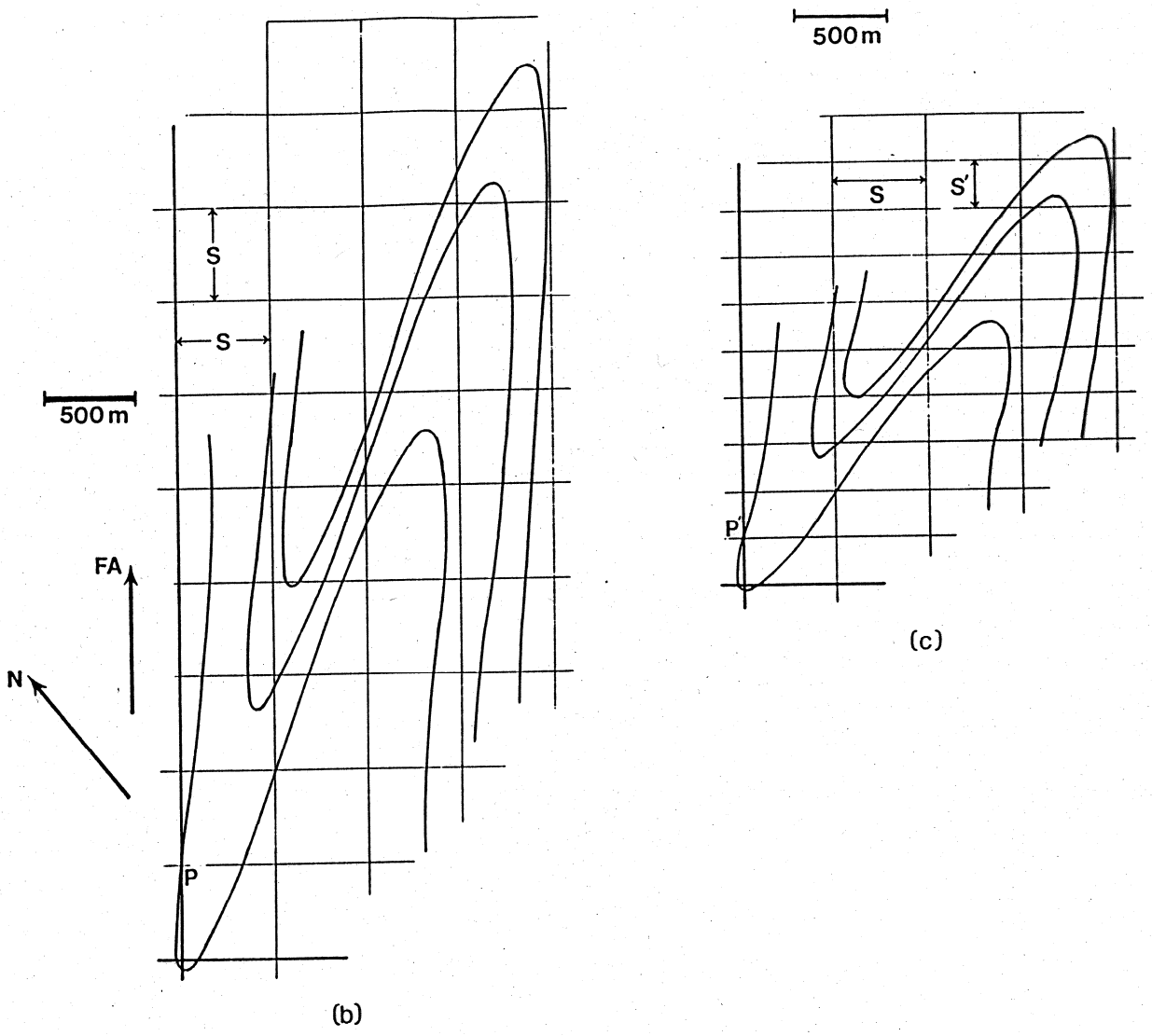


Figure 9. Construction d'un profil structural dans un plan perpendiculaire à l'axe des plis régionaux (FA). b) Superposition d'une grille à la carte géologique, c) Grille projetée sur le plan de coupe et contacts stratigraphiques tracés sur la grille. La taille des rectangles de la grille est déterminée en fonction de la plongée des plis, à 40° vers le NE.

CONSTRUCTION DE PROFILS STRUCTURAUX

Lorsqu'on construit un profil structural régional, on doit respecter certaines règles qui consistent en une série d'étapes à suivre pour la construction. Différentes formes et types de plis peuvent être présents à l'échelle régionale de sorte qu'il est souvent difficile d'utiliser une méthode de projection plutôt qu'une autre tout en respectant les lois géométriques basées sur les mécanismes de plissement. Une règle très importante par contre est de construire le profil perpendiculairement à la charnière des plis principaux de la région.

Voici les principales étapes à suivre lors de la construction de profils structuraux régionaux:

1. **Ligne de profil.** À partir d'une carte géologique d'une région donnée, choisir et tracer une ligne de profil perpendiculaire à l'orientation des axes de plis régionaux. De préférence choisir un endroit où la densité d'information (affleurements) est grande.

2. **Topographie.** Lorsqu'on construit un profil structural dans une région dont la topographie est accidentée, la première étape consiste à dessiner sur un papier calque la surface topographique le long de la ligne choisie pour le profil.

3. **Contacts stratigraphiques.** La seconde étape consiste à reporter tous les contacts stratigraphiques et structuraux qui traversent le profil.

4. **Pendage des strates et des failles.** Le pendage des strates et failles doit être dessiné sur le profil en y reportant les valeurs de pendages mesurés sur le terrain à des sites de levés géologiques à proximité du profil. Si la direction de strates n'est pas perpendiculaire à la direction du profil, on doit calculer la valeur du pendage apparent le long du profil à l'aide d'un abaque qui tient compte de l'angle entre le profil et la direction des strates ainsi que le pendage des strates (voir figure 10).

5. **Compléter le profil.** Dessiner les traces des contacts stratigraphiques en reliant les points de contrôle à la surface et en respectant le pendage des strates et les épaisseurs stratigraphiques des unités lithologiques. Les épaisseurs stratigraphiques sont généralement données soit dans la légende de la carte géologique ou dans le rapport géologique accompagnant la carte. Prolonger également en profondeur la trace des failles.

6. **Style structural.** Si possible, essayez de respecter le style structural de la région, c. à d. la géométrie des plis et des failles. Par exemple, si vous savez que les niveaux de calcaires massifs forment des plis isopaques, dessinez-les ainsi, en respectant l'épaisseur constante de ces niveaux. Vous devez également respecter le style structural de la région étudiée, par exemple si vous travaillez une région qui appartient à l'avant-pays d'une chaîne montagne, respectez le style structural de ce domaine qui consiste en des plis droits à légèrement déjetés et des failles de chevauchement s'aplanissant en profondeur.

7. **Exagération verticale et échelle.** Un profil réaliste reflète la géométrie des couches plissées d'une région sans exagération verticale ni horizontale. Quelques fois il est bon d'exagérer l'échelle verticale du profil, surtout lorsqu'on travaille dans une région où l'épaisseur des strates est faible. Dans ces cas, on doit noter clairement sur le profil l'exagération de l'échelle verticale. N'oubliez pas d'indiquer l'échelle du profil structural.

8. **Localisation de la section et nom de la carte.** Le titre du profil doit comprendre le nom de la carte géologique sur laquelle le profil a été tiré. La section doit être clairement indiquée et nommée (A-A' par exemple) sur la carte géologique. N'oubliez pas d'indiquer le nom de la personne qui a construit le profil structural.

9. **Explication des symboles des unités.** On doit utiliser les mêmes unités lithologiques que celles sur la carte géologique. Les symboles utilisés doivent être les même que sur la carte, à moins que ceux-ci ne soient pas appropriés pour le profil.

10. **Orientation du profil.** Vous devez indiquer l'orientation du profil structural aux deux extrémités de celui-ci (NW-SE) par exemple.

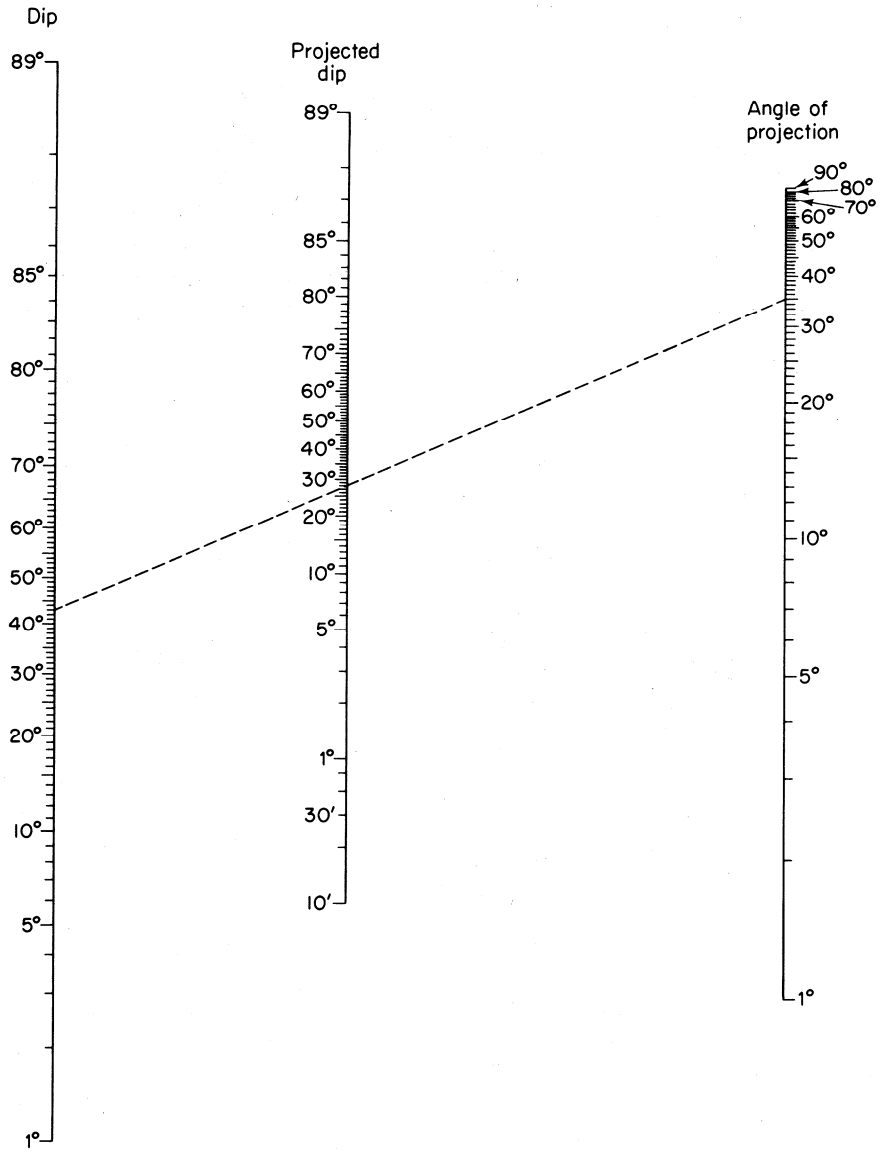
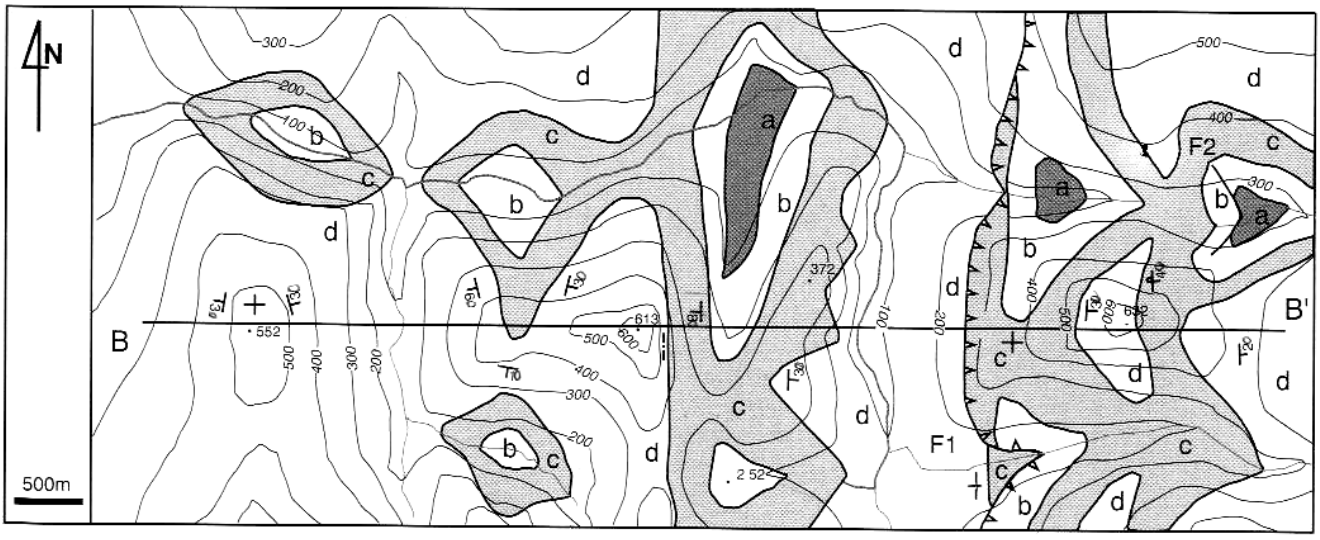


Figure 10. Abaque de détermination du pendage apparent (au centre) selon le pendage réel (à gauche) et l'angle entre l'orientation de la coupe et l'orientation de la stratification (à droite).

EXERCICE 1 – Les projections stéréographiques

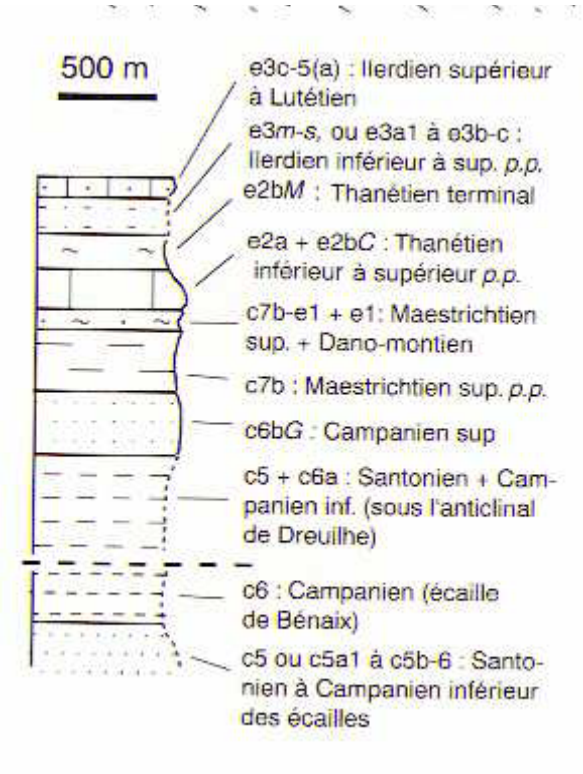
Construisez le profil structural régional B-B- sur la carte ci-dessous en utilisant la méthode de Busk qui consiste à tracer des arcs de cercle tout en respectant l'épaisseur des unités lithologiques. Vous devez débuter en traçant le profil topographique le long de la coupe.



EXERCICE 2

Construisez le profil structural régional P-Q sur la carte en couleur de la page suivante tout en essayant de respecter l'épaisseur des unités lithologiques ainsi que la géométrie des plis là où c'est possible. Le profil topographique vous sera fourni.


MONTAGNES
AUREL
la Bastide
Alguillon
Espárrou
St Jean
Raissac
Saulat
Bois du Ségala
Le Peyrat
Bélasta
Cap de la Monge
Cap de Cambère
AVEDANELLE
D40
15
20
45
30
80
10
85
60
17
31
42
12
35
40


500 m
e3c-5(a) : Ilerdien supérieur à Lutétien
e3m-s, ou e3a1 à e3b-c : Ilerdien inférieur à sup. p.p.
e2bM : Thanétien terminal
e2a + e2bC : Thanétien inférieur à supérieur p.p.
c7b-e1 + e1: Maestrichtien sup. + Dano-montien
c7b : Maestrichtien sup. p.p.
c6bG : Campanien sup
c5 + c6a : Santonien + Campanien inf. (sous l'anticlinal de Dreuilhe)
c6 : Campanien (écaille de Bénaix)
c5 ou c5a1 à c5b-6 : Santonien à Campanien inférieur des écailles