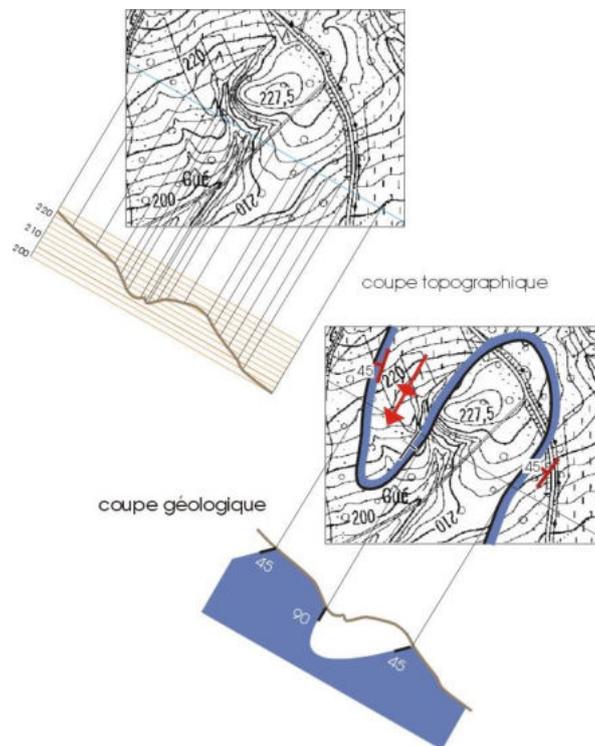




**Filière : CP1 (S2)**

***Travaux pratiques de Géologie  
-- Cartographie géologique --***



***Pr. S. BENGAMRA***

**Année universitaire : 2015-2016**

## 1. Définition

La carte topographique est la représentation, sur un plan horizontal (feuille de papier) à une échelle déterminée d'une portion (partie) de la surface terrestre.

## 2. Les éléments caractéristiques des cartes topographiques

### 2-1. Les coordonnées

Elles permettent de définir avec précision la position d'un point sur la carte et sur le globe terrestre à l'aide de deux nombres X et Y. Il existe plusieurs systèmes de coordonnées rectangulaires qui sont basés sur une définition indifférente de la direction du Nord.

En effet, 2 Nordes sont utilisés et portés sur les cartes (figure 1):

Le Nord géographique est indiqué généralement par les méridiens et par le bord de la carte.

Le Nord magnétique (NM), indiqué par la boussole et fait avec le Nord géographique un angle "D" appelée déclinaison magnétique variable dans le temps et dans l'espace (figure 1).

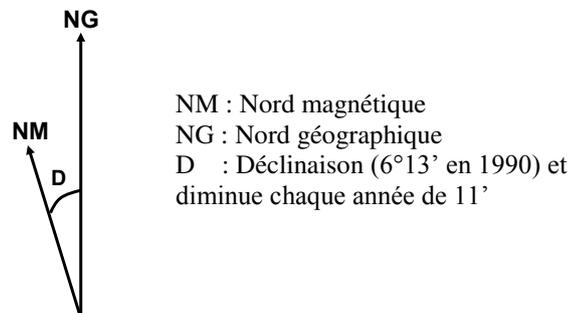


Figure 1 : Représentation schématique des différents types de Nord.

On distingue ainsi deux types de coordonnées : Les coordonnées géographiques et les coordonnées cartographiques de Lambert.

#### 2-1.1. Les coordonnées géographiques

Ces coordonnées forment un carroyage basé sur le nord géographique et constitué par les méridiens (lignes verticales de direction Nord-Sud) et les parallèles ((lignes horizontales de direction Est-Ouest).

Les méridiens permettent de déterminer la longitude ( $\lambda$ ) (angle du méridien du lieu avec le méridien originel). Les parallèles permettent de déterminer la latitude ( $\varphi$ ) (angle de la verticale du lieu avec l'équateur) (figure 2). Les angles sont souvent mesurés en degrés ou en grades.

La ligne de latitude qui sépare le globe en deux hémisphères est appelée l'équateur. Elle définit la ligne de latitude zéro. La ligne de longitude zéro est appelée méridien principal. Dans la plupart des systèmes de coordonnées géographiques, le méridien principal correspond à la longitude qui traverse Greenwich, en Angleterre. Elle est appelée Greenwich.

L'origine du graticule (0,0) est définie d'après le point d'intersection de l'équateur et du méridien principal (Greenwich). Le globe est alors divisé en quatre quadrants géographiques. Le Nord et le Sud se trouvent au-dessus et au-dessous de l'équateur, l'Est et l'Ouest se situant à gauche et à droite du méridien principal (Greenwich).

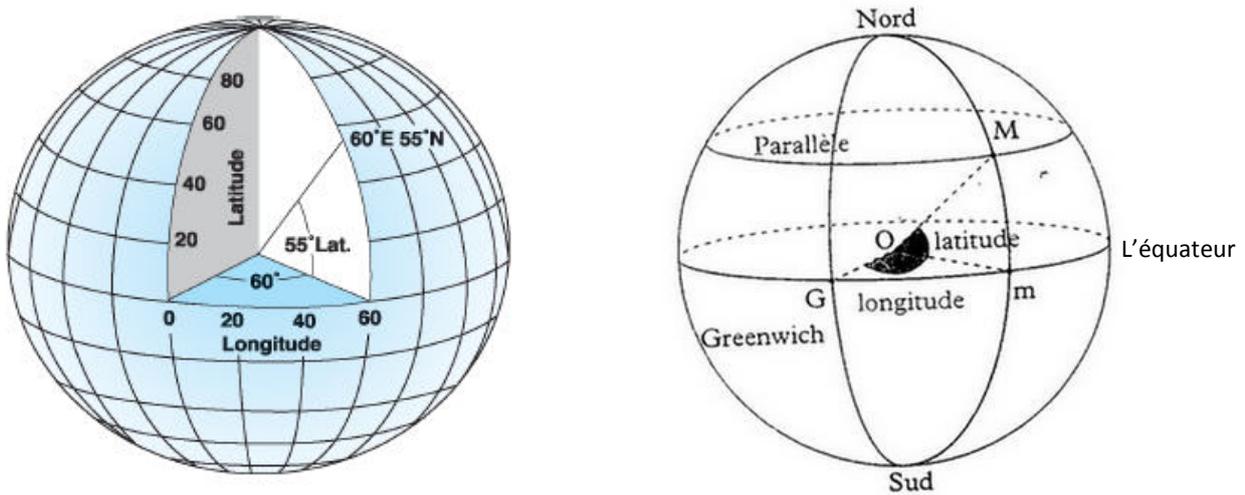


Figure 2: Graticule du globe terrestre (longitude et latitude).

Pour différencier les latitudes dans les deux hémisphères on indique l'orientation Nord ou Sud (Exemple : 55°N, 10°S,...), de même pour les longitudes on indique l'Est ou l'Ouest (Exemple : 60°E, 20°W,...).

Les mesures d'angles des longitudes et des latitudes sont portées sur les bords des cartes soit en degrés, soit en grades.

$$360^\circ = 400 \text{ grades} ; 1^\circ = 60' \text{ (minutes)} ; 1' = 60'' \text{ (secondes)} ; 1 \text{ grade} = 100' \text{ (minutes)}.$$

### 2-1.2. Les coordonnées cartographiques ou Lambert

Ils se basent sur un quadrillage kilométrique dont l'origine est spécifique pour chaque pays. Pour le Maroc, ces coordonnées prennent origine à une localité se trouvant au Sud-Ouest du pays nommée MERCHICH. Les valeurs attribuées aux méridiens et aux parallèles sont croissantes de sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est (figure 3).

Le point A est positionné selon les coordonnées Lambert à X= 815 km et Y= 465 km.

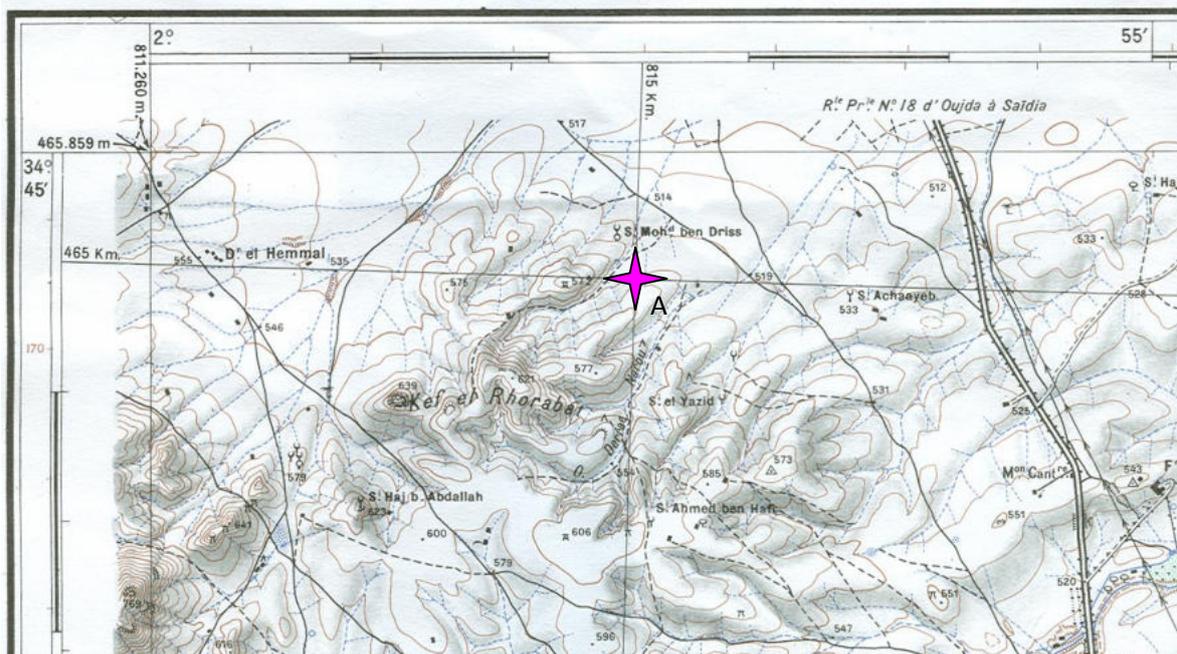


Figure 3 : Représentation des coordonnées sur une carte topographique.

## 2-2. L'échelle

L'échelle d'une carte (E) est le rapport de la longueur mesurée sur la carte (Lc) à la distance horizontale correspondante sur le terrain (Lt), à la même unité de mesure:  $E = Lc/Lt$

Par exemples si 2 points distants de 0,5 km sur le terrain et de 1 cm sur la carte, l'échelle de cette dernière sera :  $E = 1 \text{ cm}/0,5 \text{ km} = 1 \text{ (cm)}/50 \text{ 000 (cm)} = 1/50 \text{ 000}$ . La carte sera dite à l'échelle cinquante millièmes.

Deux points distants de 15 km sont séparés par 75 cm sur une carte à 1/20 000 (carte à grande échelle) et par 10 cm sur une carte à 1/150 000 (carte à petite échelle).

La représentation numérique de l'échelle (1/50 000) peut être remplacée ou complétée par une échelle graphique: segment de droite gradué de gauche à droite en kilomètres permettant de lire directement la distance réelle correspondant à une certaine longueur sur la carte.

L'échelle graphique à pour avantage une conversion plus rapide des longueurs mesurées et surtout de rester valable après agrandissement ou réduction de la carte (rétroprojection, vidéoprojection, photocopies).



## 2-3. Planimétrie et légende

La planimétrie est la représentation des éléments de la surface terrestre sur la carte topographique par des figurés caractéristiques conventionnés dont la signification est indiquée dans la légende de la carte.

Ces signes conventionnels sont utilisés pour la représentation des éléments du paysage tels que le réseau hydrographique, routes, chemin de fer, villages, maisons, mosquées, cimetières, écoles, fermes, remblais, forêts, lignes électriques, etc.

On adopte en générale les conventions suivantes :

- le bleu pour l'hydrographie (cours d'eau, lacs, sources, océan,...)
- le noir pour tout ce qui résulte de l'activité humaine, ainsi qu'à la toponymie (noms des lieux)
- le vert à la végétation (forêt, cultures,...)
- le bistre (teinte voisine du marron) pour l'orographie (courbes de niveau)

## 2-4. Les courbes de niveau

Les courbes de niveaux sont les lieux des points de la surface topographique ayant même altitude, c'est-à-dire l'intersection de la surface topographique avec des plans horizontaux équidistants et parallèles (P1,..., P4) (figure 4).

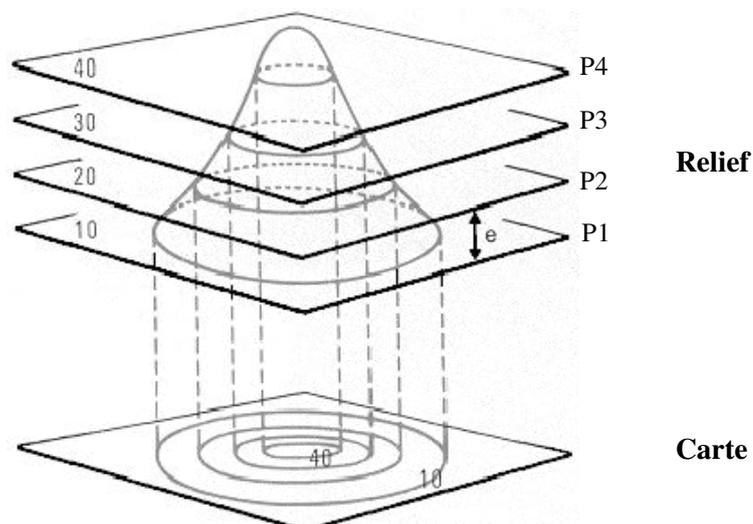


Figure 4 : Etablissement des courbes de niveau pour la représentation d'un relief.

**Remarque :** Altitude = élévation verticale ou hauteur d'un point de la surface de la terre par rapport au niveau moyen de la mer (niveau zéro).

## 2-5. L'équidistance et l'écartement

L'équidistance correspond à la différence d'altitude entre deux courbes de niveau consécutives (figures 5 et 6).

Il ne faut pas confondre l'équidistance (mesure verticale) avec l'écartement des courbes en projection sur la carte (mesure horizontale) : l'équidistance est constante mais l'écartement est variable, il dépend de la forme du relief

L'équidistance est indiquée dans la légende en bas de la carte. Si elle n'est pas indiquée sur la carte, elle peut se calculer en comptant sur une pente montante ou descendante, le nombre d'intervalles séparant deux courbes d'altitudes connues (courbes maîtresses). Elle est égal à la différence d'altitude entre ces deux courbes divisée par le nombre d'intervalles.

## 2-6. Les propriétés des courbes de niveau

### 2-6.1. Les types de courbes de niveau (figure 5)

- Les courbes maîtresses : Elles sont figurées par des traits plus épais tous les 50 (ou 100 m en montagne), le plus souvent l'altitude est indiquée sur les courbes maîtresses et entre deux courbes maîtresses il y a toujours 4 courbes normales et 5 intervalles.

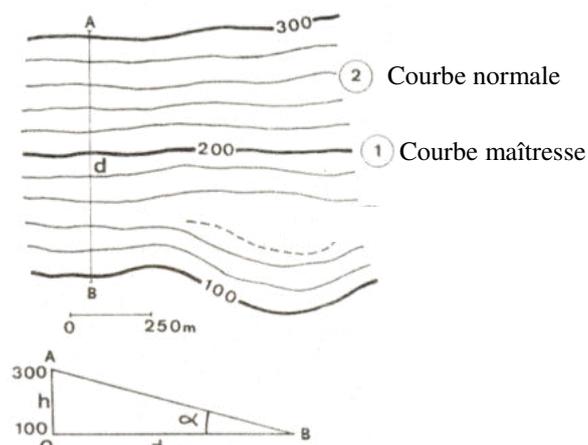


Figure 5 : Les différents types de courbes de niveau.

- Les courbes normales: Elles sont dessinées en traits fins et s'intercalent entre les courbes maîtresses.

### 2-6.2. Pendage et densité des courbes de niveau

La pente désigne l'angle que fait un plan horizontal avec un plan incliné.

Les courbes de niveau permettent de mesurer avec précision la pente moyenne du terrain entre deux points A et B. Cette pente peut s'exprimer en pourcentage (%) ou en degrés.

$$\alpha (\%) = (h/d) \cdot 100 \text{ ou } \alpha (\text{degrés}) = \text{Arctg} (h/d).$$

Pour une pente de 100%, on a  $\alpha = 45^\circ$ .

La densité des courbes de niveau est fonction du pendage de relief : les pentes fortes sont caractérisées par des courbes nombreuses et serrées alors que les courbes espacées et peu nombreuses correspondent à une région plate ou à faible pente (figure 6).

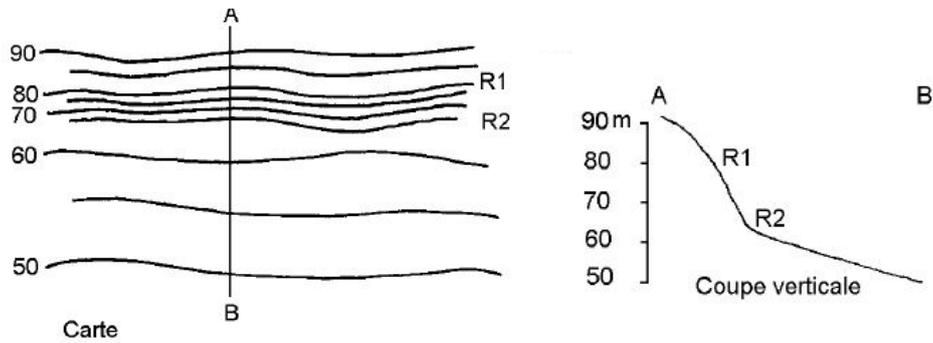


Figure 6 : Variation du pendage en fonction de la densité des courbes de niveau.

### 2-6.3. Les points cotés

A côté des courbes de niveau, il existe un certain nombre de points remarquables où l'altitude exacte est donnée. Ils permettent de trouver facilement la valeur des courbes de niveau proches. Ces points sont souvent des sommets, des croisements de routes, des ponts, etc. (figure7)

Exemple : soit une carte où l'équidistance des courbes est de 10 m, supposons qu'au sommet d'une colline, il y ait un point coté 463 m, la 1<sup>ère</sup> courbe entourant ce sommet et donc de valeur inférieure sera la courbe 460 car elle sera un multiple de 10.

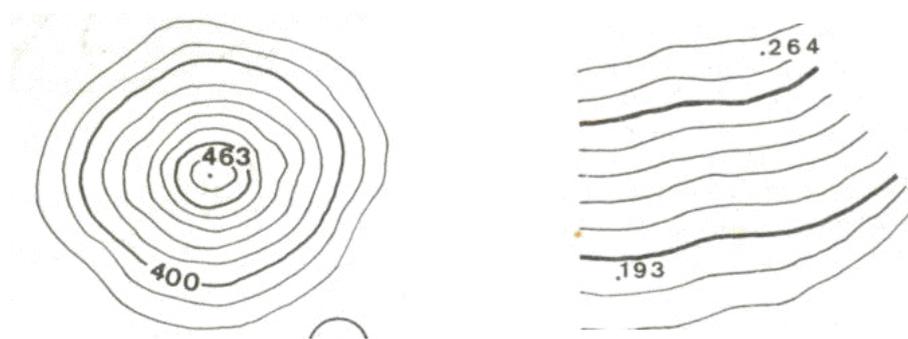


Figure 7 : Représentation des points cotés sur les cartes topographiques.

## 1. Définition

Un profil topographique est une section par un plan vertical de la surface topographique, il se représente à une certaine échelle, et doit rendre compte les formes du relief.

## 2. Principe de l'exécution d'un profil topographique

Exécuter un profil topographique revient à dessiner une courbe en coordonnées rectangulaires en prenant comme ordonnées les hauteurs (altitudes) et comme abscisses les distances horizontales. Ainsi, après avoir déterminé l'emplacement où l'on désire faire le profil par un trait de coupe AB; on applique une feuille de papier millimétré contre ce dernier et on repère les intersections des courbes de niveau avec le trait de coupe. Ensuite, on les abaisse à leur altitude correspondante à l'échelle, et enfin on dessine le profil en réunissant par des courbes rendant compte au mieux la forme du relief (figure 8).

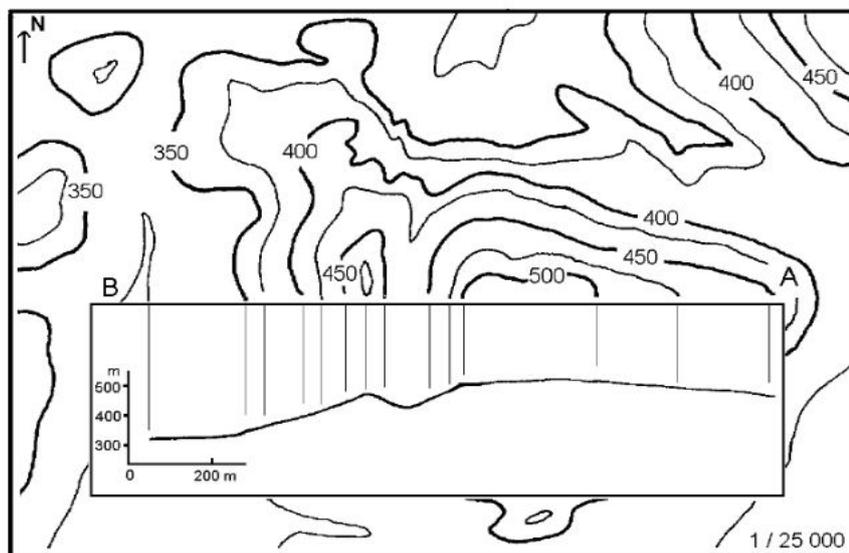


Figure 8 : Principe de l'exécution d'un profil topographique.

## 3. Echelle des hauteurs

Il est évident que la seule façon de traduire fidèlement le relief est d'adopter la même échelle de la carte pour les hauteurs que pour les longueurs. Cependant, dans certains cas (dans les régions peu accidentées), on est amené à déformer la réalité en adoptant une échelle des hauteurs doubles ou quadruple de celle des longueurs, pour mettre en évidence les faibles dénivellations topographiques (figure 9).

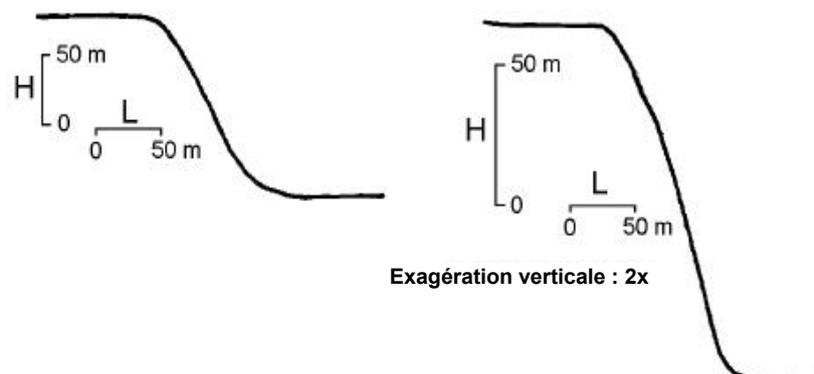


Figure 9 : Exagération de l'échelle (dessin à droite).

**Cette opération est à éviter lors de la réalisation des coupes géologiques**, car le changement de l'échelle des hauteurs donnera une fausse image de la disposition des couches. On s'efforcera donc de garder l'échelle de la carte.

## 4. Les formes élémentaires du relief

### 4-1. Les versants

Un versant est la zone (pente) comprise entre une crête et un piedmont d'une colline ou entre une crête et un thalweg.

La disposition des courbes de niveau permet immédiatement d'avoir une idée de la forme du versant. Ainsi, dans une zone de versant, plus la pente est forte, plus les courbes de niveau sont rapprochées et dans le cas contraire, plus la pente est faible, plus les courbes de niveau sont écartées.

#### 4-1.1. Versant à pente constante (figure 10a)

Les courbes de niveau sont régulièrement espacées, c'est-à-dire lorsque l'écartement entre les courbes de niveau est constant, on dit que le versant est régulier et la pente est constante.

#### 4-1.2. Versant à pente régulièrement variable

Une pente concave vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus écartées en allant du sommet vers le bas (figure 10b).

Une pente convexe vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus serrées en allant vers le bas (figure 10c).

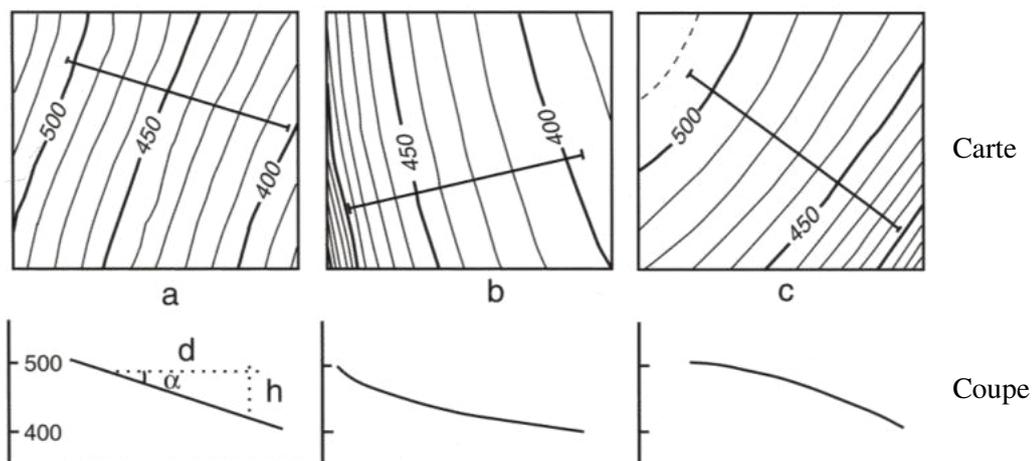


Figure 10 : Forme des versants en fonction de l'espacement des courbes de niveau.

#### 4-1.3. Pentés à variation brusque

Il s'agit de rupture de pente, abrupts et falaises (figures 11). L'écartement des courbes de niveau change brusquement.

- La Hauteur de l'abrupt = l'altitude de son Sommet - l'altitude de sa Base ( $H = S - B$ )
- Il n'y a pas de continuité des courbes de niveau de part et d'autres de la falaise

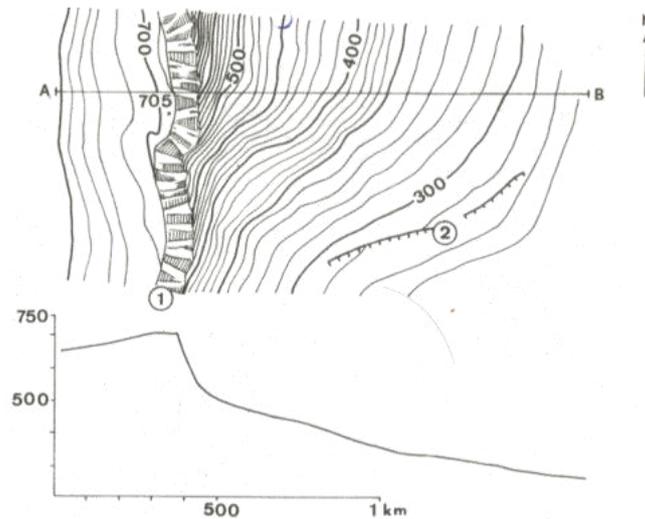


Figure 11 : Pente abrupte et falaise (1).

#### 4-2. Les collines et les cuvettes

- Collines : Les courbes de niveau sont concentriques, le point central a une altitude supérieure à celle des courbes qui l'entourent (figure 13A). Cette montre aussi qu'il y'a une dissymétrie des versants de la colline.

- Cuvettes et dépressions fermées : Les courbes de niveau sont aussi concentriques, l'altitude du point central est inférieure à celle des courbes de niveau qui l'entourent (figure 13B).

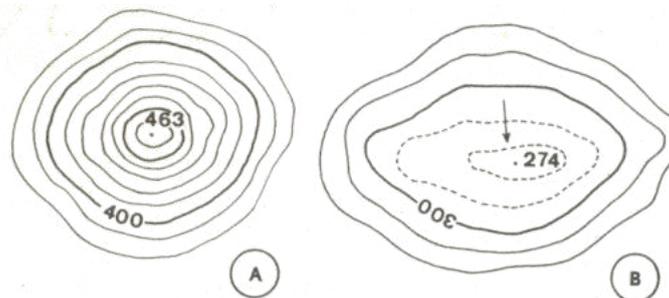


Figure 12 : Représentation des collines (A) et dépressions (B) sur les cartes.

#### 4-3. Les vallées

La ligne de vallée (rivière): C'est la ligne joignant les points les plus bas d'une vallée, celle-ci est caractérisée par une forme en V ou en U des courbes de niveau.

Vallée en V : Les courbes de niveau présentent des angles aigus ou émoussés à la traversée du thalweg (figure 14a). La pointe du V indique l'amont de la vallée.

Vallée en U ou à fond plat: Les courbes de niveau sont serrées sur les versants mais écartées dans la partie plate située entre les deux berges (figure 14b).

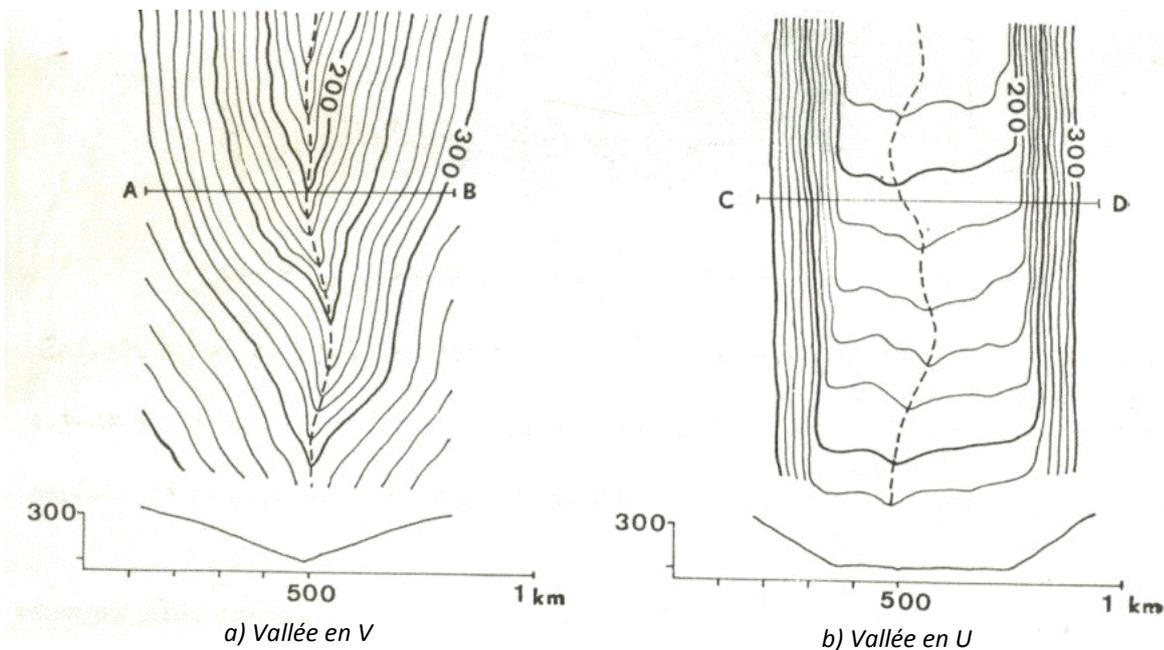


Figure 13 : Formes des vallées sur une carte.

## 5- Exécution d'un profil topographique

### 5-1. Matériel nécessaire

Un crayon de bonne qualité avec une taille crayon ou seulement un porte mines 0,5, une gomme, une règle plate graduée et un papier millimétré.

On veillera à n'inscrire que légèrement les traits qui ne sont pas définitifs et courent le risque d'être effacés. Le crayon doit être alors parfaitement et fréquemment taillé et la gomme rigoureusement propre.

### 5-2. Démarche à suivre

- On trace un trait AB sur une carte topographique de la région à étudier;
- Découper ou plier le papier millimétré longitudinalement en deux rectangles symétriques;
- Ensuite, dans la moitié inférieur du papier millimétré, on trace 2 axes perpendiculaires, celui des abscisses correspondra à l'échelle des longueurs, celui des ordonnées à l'échelle des hauteurs (altitude), **mais le plus souvent on trace juste deux axes des ordonnées correspondant à A et B**;
- Choisir l'origine de l'axe des hauteurs en fonction de l'altitude la plus basse sur la carte, elle doit être inférieure à l'altitude du point le plus bas du trait de la coupe.
- Faire coïncider le bord supérieur du papier millimétré avec le trait de la coupe AB. Marquer sur ce papier les points A'B' homologues de A et B, ensuite noter les altitudes de ces points et celles des points d'intersection des courbes de niveau avec le trait AB ; ceux-ci étant destinés à disparaître, les inscrire légèrement ;
- Ces points sont abaissés (projetés) à leurs altitudes correspondantes lues sur l'axe des hauteurs précédemment dessiné ;
- Ensuite ces points ainsi abaissés seront reliés entre eux par une courbe lisse représentant le mieux la topographie et non pas par des segments de droite. Indiquer les versants avec leur concavité et leur convexité au bon endroit et les sommets ou les vallées avec leur forme ;
- On effacera alors les inscriptions ayant servi à la construction de la coupe et qui ne sont pas utiles pour sa présentation;

- En dernier lieu, indiquer au dessus du profil le titre de la coupe qui comporte le nom de la carte ainsi que son échelle, la toponymie (villages, sommets, rivières, etc.) et l'orientation (fig. 15);

Pour l'orientation du profil ; se reporter à la rose des vents (figure 14) ; il faut la dessiner sur un papier transparent, et doit être placée au centre de la coupe de façon que la direction NS soit parallèle au méridien (NS) le plus proche du trait de coupe. (généralement le nord de la carte est situé vers le haut).

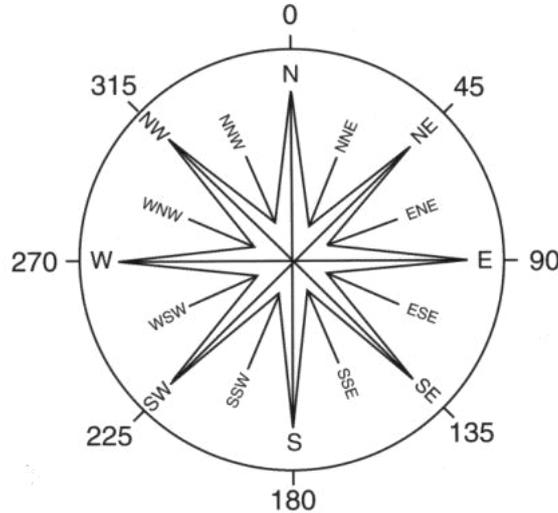


Figure 14 : Rose des vents.

- En haut et à gauche de la coupe, on dessinera dans un petit rectangle (qui représente la carte), la position et l'orientation approximative du trait de coupe. Ces renseignements permettent de retrouver l'endroit exact où la coupe a été faite.

- En haut et à gauche inscrire votre nom, prénom, filière et groupe.

- La présentation de la feuille est d'importance capitale, un exemple de profil topographique achevé et habillé est donné dans la figure 15.

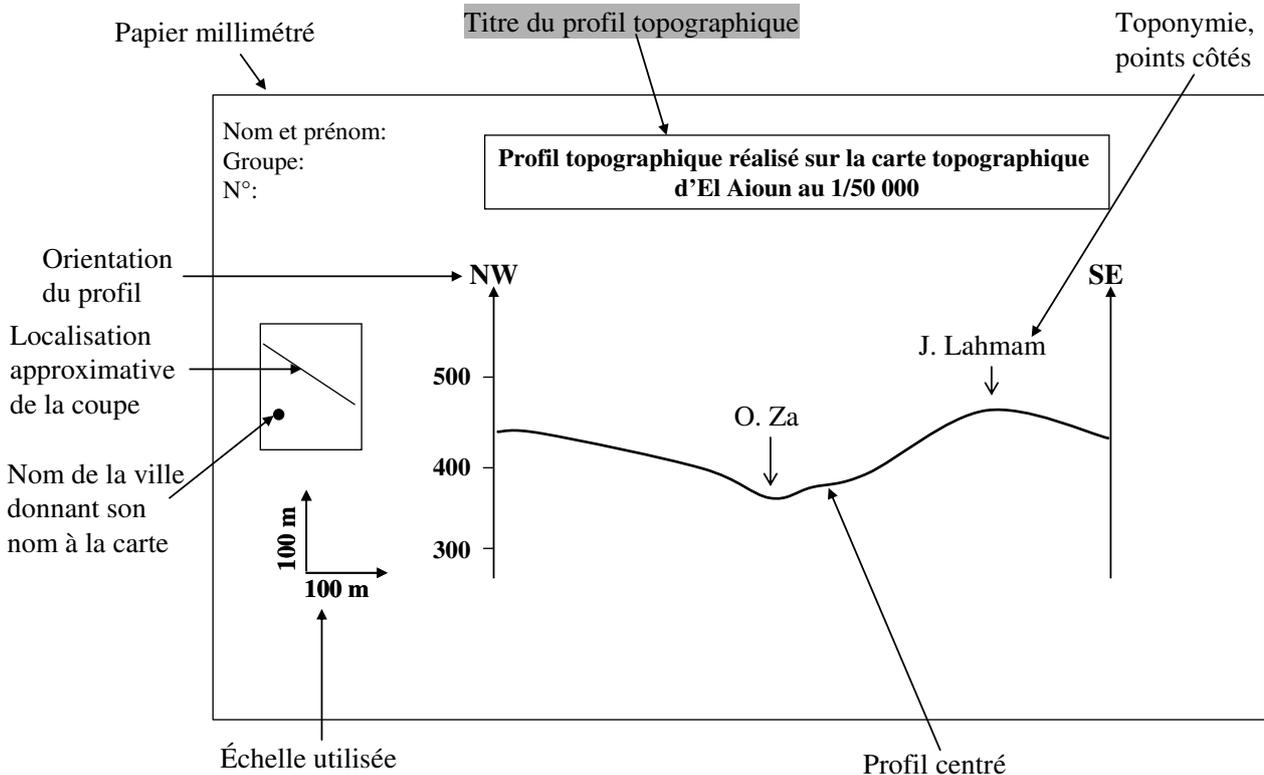


Figure 15 : Modèle de présentation d'un profil topographique.

## 1. Définition

Une carte géologique est une représentation, sur un fond topographique, des différentes formations (couches) géologiques qui affleurent à la surface de la terre ou masquées par une faible épaisseur de formations superficielles récentes (sol, éboulis,...). Elle se fait par la projection des contours de formations géologiques, c'est à dire l'intersection des limites de ces formations avec la surface topographique.

## 2. Eléments fondamentaux d'une carte géologique

Sur une carte géologique, chaque formation géologique est représentée par une couleur et affectée d'une notation (ou indice), qui indique son âge. Si on ignore celui-ci, on différencie les formations grâce à leurs caractères pétrographiques, comme c'est le cas habituel des terrains magmatiques et métamorphiques.

Sur toutes les cartes géologiques, la signification stratigraphique ou pétrographique de ces couleurs et notations est donnée dans la légende de la carte, et qui figure généralement en bordure de celle-ci. La légende est toujours disposée de telle manière que les terrains se suivent dans l'ordre chronologiques (du plus ancien à la base au plus récent en haut).

Les cartes géologiques fournissent aussi d'autres données relatives à la structure du sous-sol (pendage des couches, axes de plis, contacts anormaux, failles,...), ainsi que des renseignements relatifs à la présence de substances minérales (minerais, pierres de taille, sables, sources, etc.).

Une carte géologique est habituellement accompagnée d'une notice explicative qui comprend : une introduction géographique, une description des terrains comportant des données sur leur nature lithologique, leur épaisseur, les fossiles les plus importants qu'ils contiennent, et un aperçu sur les plis et les failles qui affectent ces terrains.

## 3. Notions fondamentales de géologie

### 3-1. Les roches sédimentaires

#### 3-1.1. Définitions

Les roches sédimentaires sont des roches qui se déposent sous forme de couches ou strates superposées et contiennent des fossiles. Elles représentent des accumulations de débris arrachés par l'érosion mécanique ou l'altération chimique de roches préexistantes et transportés par l'eau, le vent ou la glace et déposées dans un bassin sédimentaire sous forme de sédiments.

Les sédiments se souderont les uns aux autres (diagenèse) pour former une roche dure dite sédimentaire. Exemples: argile, calcaire, grès,...

Le sommet d'une couche est le toit, sa base est le mur, ces deux surfaces généralement parallèles, peuvent être recoupées par la surface topographique sous l'action de l'érosion. Ces intersections dessinent sur la carte des lignes courbes ou contours délimitant l'affleurement de la couche (partie d'une couche visible en surface).

#### 3-1.2. Définitions de certains termes utilisés en stratigraphie

**a-** Faciès : C'est l'ensemble des caractères pétrographiques et paléontologiques qui font la particularité d'une roche.

**b-** Couches ou strates: Les roches sédimentaires sont le plus souvent arrangées en couches ou strates, on dit qu'elles sont stratifiées. Elles sont séparées par un plan de stratification.

On appelle strate la plus petite division lithologique, limitée par deux surfaces parallèles (mur et toit), son épaisseur est de l'ordre du mètre.

**c-** Colonne stratigraphique : est la représentation verticale de la succession, de la nature et le plus souvent de l'épaisseur des couches géologiques d'une certaine région.

**d-** Fossiles stratigraphiques : Bons fossiles : Ce sont les fossiles utilisés pour la datation des différentes strates (couches), ils doivent répondre aux conditions suivantes : évolution rapide dans le temps, large dispersion géographique et une grande abondance.

Exemples : Graptolites à l'Ordovicien et au Silurien (Paléozoïque) ; Ammonites au Secondaire (Mésozoïque).

**e-** Fossiles de faciès : Ce sont des fossiles le plus souvent d'une longue durée de vie ; ils caractérisent des faciès bien déterminés ; ils apportent des renseignements sur le milieu de dépôt.

Exemples : Hélix : milieu continental, Coraux : milieu récifal, Huîtres : milieu marin côtier

**f-** La tectonique : C'est l'étude des déformations de la croûte terrestre et des structures qui en résultent. Ainsi, sous l'influence des forces tectoniques, les couches peuvent se déformer simplement en donnant des *plis*, ou se casser en donnant des *failles*. Lorsqu'un ensemble de couches vient en recouvrir un autre via une cassure, on parle de *chevauchement*.

### 3-1.3. Principe de notation et de figuration

Sur une carte géologique, les divers terrains sont désignés par des notations et généralement affectés de couleurs qui indiquent leur âge géologique quand on le connaît.

#### *Les notations:*

Elle comporte une lettre, qui rappelle la nomenclature des divisions stratigraphiques (âge): c pour le Crétacé, d pour le Dévonien, j pour le Jurassique, e pour l'Eocène

Chaque lettre est accompagnée d'un indice ou d'un exposant, qui permettent de subdiviser les ensembles désignés par les lettres :

-- Chiffres arabes en indices ou en exposants selon les cartes, employé en ordre croissant lorsqu'on monte dans la série stratigraphique. De bas en haut on écrit par exemple C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ou C<sup>1</sup>, C<sup>2</sup>, C<sup>3</sup>, c'est-à-dire C un : Crétacé inférieur, C deux : Crétacé moyen et C trois : Crétacé supérieur.

-- Chiffres romains en indice employé en ordre croissant lorsqu'on descend dans la série stratigraphique. De haut en bas, on écrit par exemple CI, CII, CIII, c'est-à-dire CI : Crétacé supérieur, CII : Crétacé moyen et CIII : Crétacé inférieur.

Des lettres a, b, c, d, ... placées en indices pour désigner des subdivisions supplémentaires. Par exemple on écrit :

-- ja<sub>1</sub>, jb<sub>1</sub>, jc<sub>1</sub>, ... ou j<sub>1</sub>a, j<sub>1</sub>b, j<sub>1</sub>c, ... avec « a » la subdivision la plus ancienne et « c » la subdivision la plus récente.

Si une même couleur sur une carte regroupe plusieurs subdivisions stratigraphiques, par exemple C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub>, la notation correspondante à cette teinte sera alors C<sub>5-2</sub>.

#### *Les couleurs :*

Les notations conventionnelles sont utilisées conjointement avec des couleurs conventionnelles pour désigner l'âge d'une formation géologique :

Quaternaire (IV).....	blanc ou beige
Tertiaire (III) .....	jaune à orange
Crétacé .....	vert
Jurassique .....	bleue
Trias .....	violet-rose

Toutes ces notations et couleurs sont indiquées dans la carte géologique sous forme de légende. Cette dernière est imprimée en marge de la carte. Les différentes couches représentées par leurs couleurs et notations correspondantes sont disposées sous forme d'un petit rectangle dans l'ordre de superposition normale (de bas en haut, de la couche la plus ancienne vers la couche la plus récente).

Devant chaque rectangle sont rappelées brièvement.

- la nature lithologique ;
- l'âge ;
- l'épaisseur quand on la connaît.

### 3-2. Les roches magmatiques et métamorphiques

#### *Les roches magmatiques*

Les roches magmatiques tirent leur origine des profondeurs terrestres où se forment d'immenses poches de roches en fusion. Ces roches résultent du refroidissement et de la cristallisation de cette matière fondue ou partiellement fondue; le magma. Exemples: granite, basalte, ...

#### *Les roches métamorphiques*

Les roches métamorphiques sont des roches préexistantes (sédimentaires ou magmatiques) qui ont subi des transformations. Lorsque les conditions de température et de pression changent, les roches se transforment. Les minéraux qu'elles contiennent adoptent une nouvelle identité et de nouvelles caractéristiques. Exemples : schiste, marbre, gneis,...

En ce qui concerne leurs notations, des lettres minuscules grecques sont utilisées pour indiquer la nature de ces roches ; voici les plus courantes :

<b>Roches volcaniques</b>	<b>Roches plutoniques</b>	<b>Roches métamorphiques</b>
Alpha ( $\alpha$ ) andésite	Gamma ( $\gamma$ ) granite	Ksi ( $\xi$ ) micaschiste
Bêta ( $\beta$ ) basalte	Eta ( $\eta$ ) diorite	Dzéta ( $\zeta$ ) gneiss
Tau ( $\tau$ ) trachyte	Thêta ( $\theta$ ) gabbro	
Phi ( $\varphi$ ) phonolite		

En ce qui concerne les couleurs conventionnelles, des teintes vives (symbole des hautes températures) pour représenter les roches magmatiques (endogènes) et métamorphiques.

Les rouges sont réservés aux granites, microgranites et granodiorites, les violets aux basaltes et les marrons aux autres roches volcaniques.

## ***Les coupes géologiques des structures horizontales et verticales***

### **1. Généralités sur les coupes géologiques**

La coupe géologique représente la section de terrains par un plan vertical. A la différence du profil topographique, la coupe géologique exige une certaine part d'interprétation (on représente en effet des terrains cachés en profondeur en n'en connaissant que la partie qui affleure).

Certaines coupes géologiques sont visibles dans la nature : bord des routes, tranchées de chemins de fer, carrières, gorges profondes et verticales des oueds, falaises marines, etc....

Sur une carte géologique, les intersections des limites de couches avec les courbes de niveau permettent de savoir si les couches sont horizontales, verticales ou obliques.

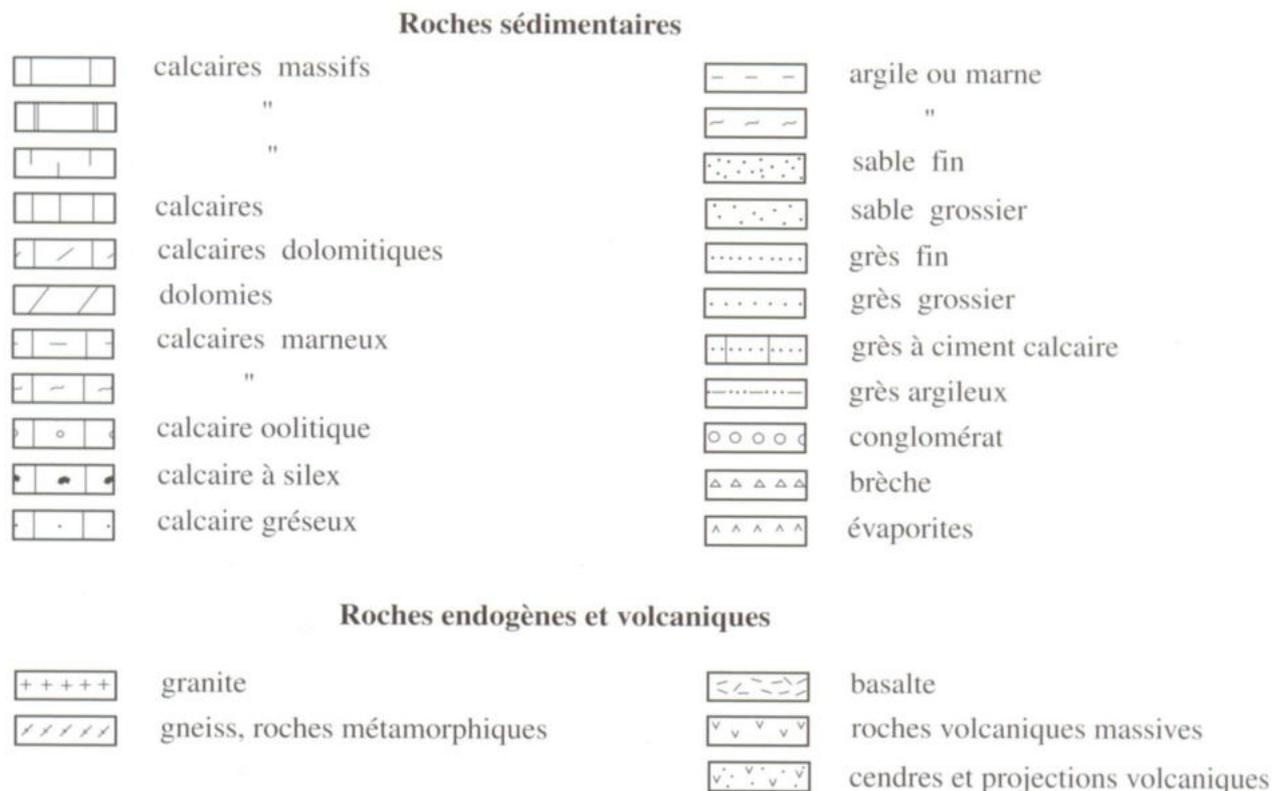
Il faut noter que des données complémentaires, comme des sondages ou des données géophysiques, peuvent aider à rendre une coupe géologique plus exacte.

Une coupe géologique est généralement prise perpendiculairement à la direction des structures géologiques.

### **2. Les figurés de la coupe géologique**

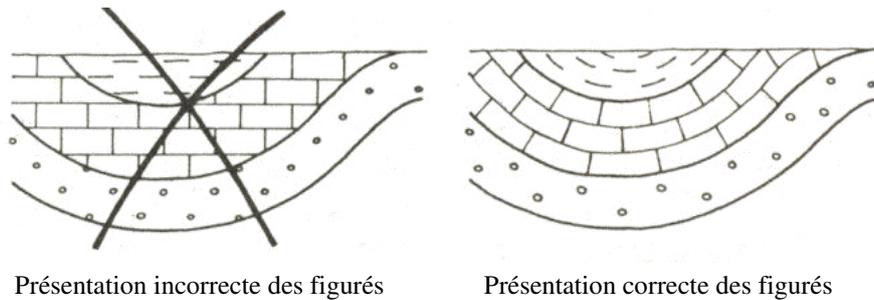
Sur une carte géologique, les formations géologiques se distinguent par une couleur et une notation, mais sur une coupe géologique nous leur affecterons un figuré.

La figure 16, montre quelques-uns des figurés les plus utilisés.



**Figure 16 : Exemples de figurés.**

Sur une coupe, les figurés se dessinent parallèlement ou perpendiculairement en rapport avec les contours des couches et non avec l'horizontal, autrement dit, les traits des figurés seront parallèles ou perpendiculaires aux limites des couches (figure 17):



**Figure 17: Disposition des figurés dans des couches plissées.**

### 3. Démarche de réalisation d'une coupe géologique

- i) Exécuter le profil topographique orienté avec le plus grand soin (15 à 20 minutes) ;
- ii) Repérer toutes les couches géologiques qui affleurent le long du trait de coupe (couleurs et indices). Chercher les correspondances dans la légende ;
- iii) Repérer sur le bord supérieur du papier millimétré, les limites des affleurements géologiques, puis les abaisser sur le profil topographique ;
- iv) À partir de ces points, dessiner la section de terrain en profondeur, en reliant entre eux les différents affleurements ;

Cette étape (iv), la plus délicate, dépend du type de structure géologique considérée. Elle doit se faire en respectant des règles issues de la bonne lecture de la carte géologique et dont nous allons voir le détail au fur et à mesure des pages suivantes. Deux règles fondamentales sont toutefois à respecter :

- Il faut commencer par le dessin de la couche la plus récente dont on connaît le toit et le mur et puisque les autres couches doivent se mouler sur elle.
  - Appliquer les valeurs de pentages déduites de la carte et donner aux couches les épaisseurs indiquées sur la légende ou calculées à partir de la carte et les maintenir constantes sauf pour la couche superficielle car elle a été soumise à l'érosion.
- v) Les alluvions laissées par les rivières lors des crues n'interviennent pas dans la structure géologique, on les représente à la fin par un trait de crayon plus épais sur le tracé du profil ;
  - vi) Habiller correctement la coupe avec beaucoup de soin: figurés, titre, échelle, toponymie, orientation, légende (figure 18).

Pour réaliser une bonne coupe géologique, il ne faut pas se limiter aux observations faites le long de la ligne de coupe. Il faut tenir compte de la structure d'ensemble de la carte.

### 4. Présentation finale de la coupe géologique

Ces remarques sont valables pour la construction de toutes les coupes géologiques (voir le modèle de la figure 18).

- i) Centrer convenablement votre dessin ;
- ii) Indiquer le titre de la coupe en majuscule ;
- iii) Rappeler l'échelle des longueurs et l'échelle des hauteurs ;
- iv) Indiquer l'orientation de la coupe, la toponymie et l'hydrographie ;
- v) Faire une légende correcte comprenant des rectangles faits à la règle avec les figurés correspondant à la nature lithologique des couches, l'âge, et enfin l'épaisseur. (il faut simplement résumer la légende de la carte) ;

vi) En respectant les proportions, représenter une réduction de votre carte avec la situation de votre trait de coupe.

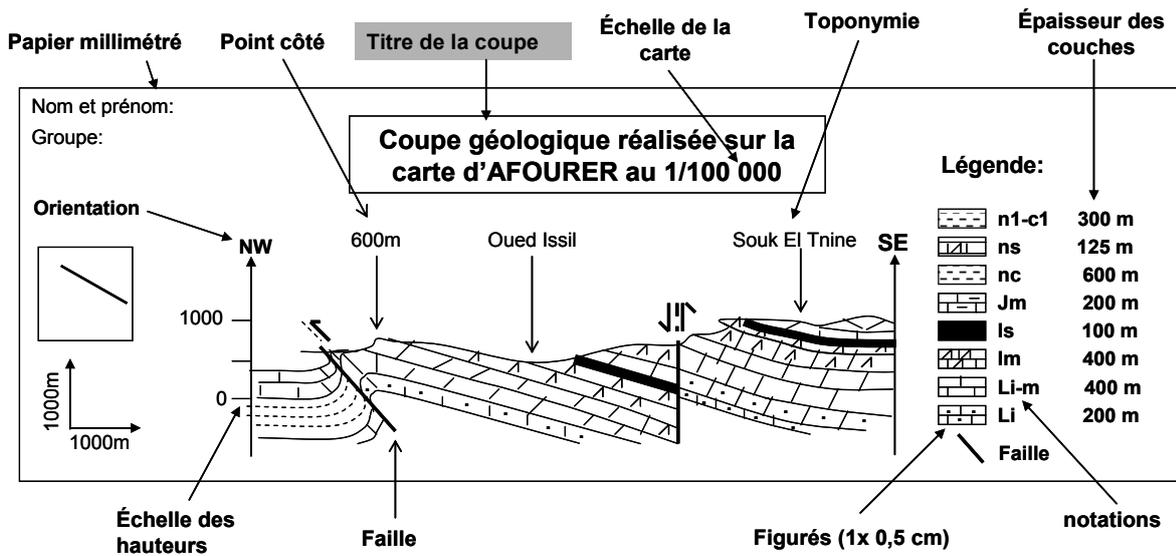


Figure 18: Représentation d'une coupe géologique.

Remarque :

La présentation d'une coupe géologique demande beaucoup de soin, d'application et de minutie, car il est bien évident qu'une erreur sur la projection des couches ou d'épaisseur entraîne des erreurs beaucoup plus graves sur la physionomie générale et l'exactitude de la coupe géologique (une erreur d'1 mm sur une coupe réalisée à partir d'une carte au 100 000<sup>ème</sup>, représente une erreur réelle de 100 m). C'est pour cette raison qu'il est conseillé d'utiliser un crayon bien taillé ou un porte mine 0,5 mm.

## 5. Propriétés géométriques des couches

### 5-1. Pendage, sens de pendage et direction

Le pendage est l'angle ( $\alpha$ ) que fait un plan incliné (couche, faille) avec un plan horizontal. Il est mesuré sur le terrain à l'aide d'un clinomètre incorporé à la boussole.

Le pendage est donné en degrés, sa valeur varie de  $0^\circ$  (plan horizontal) à  $90^\circ$  (plan vertical). Outre la valeur angulaire  $\alpha$  du pendage on définit le sens du pendage, qui peut être figuré par la ligne de plus grande pente du plan (elle visualise la direction d'écoulement d'un filet d'eau sur le plan) (figure 19).

L'orientation d'un plan incliné (stratification, miroir de faille...) nécessite la définition de trois paramètres remarquables : La direction, le pendage et le sens de pendage.

La direction est l'angle horizontal que fait une ligne horizontale tracée dans le plan incliné avec le Nord, il est indiqué par des lettres N, S, E, W, SE, par référence aux repères géographiques cardinaux Nord (N), Sud (S), Est (E), Ouest (W) ou par des valeurs angulaires (azimute  $\delta$  de  $0$  à  $180^\circ$ ) par rapport au Nord. Elle est mesurée sur le terrain à l'aide d'une boussole.

Exemple : on dit direction E-W ou N90.

Le sens du pendage est le regard du plan incliné (ligne de grande pente), il est indiqué aussi par les lettres N, S, E, W. Dans l'exemple de la figure 19, le plan incliné est d'azimute (N40), pendage  $30^\circ$  et sens du pendage SE ; l'orientation du plan est alors N40, 30 SE.

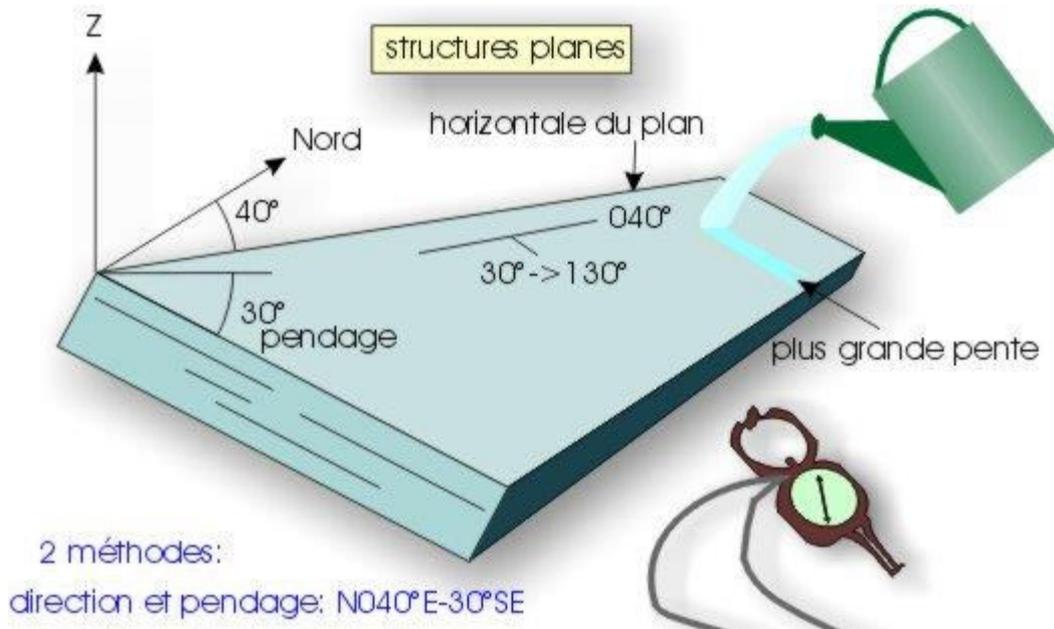


Figure 19 : Détermination du pendage des couches.

La direction, le pendage et le sens du pendage d'un plan incliné sont indiqués sur les cartes géologiques par un signe en forme de T (figure 20). La barre horizontale de T représente la direction et la barre verticale le sens du pendage. Le symbole en forme de T est orienté sur la carte, conformément aux mesures de terrain. La valeur  $\alpha$  du pendage est généralement indiquée près du symbole. Des symboles spécifiques indiquent un pendage nul (+) ou un pendage verticale (-).

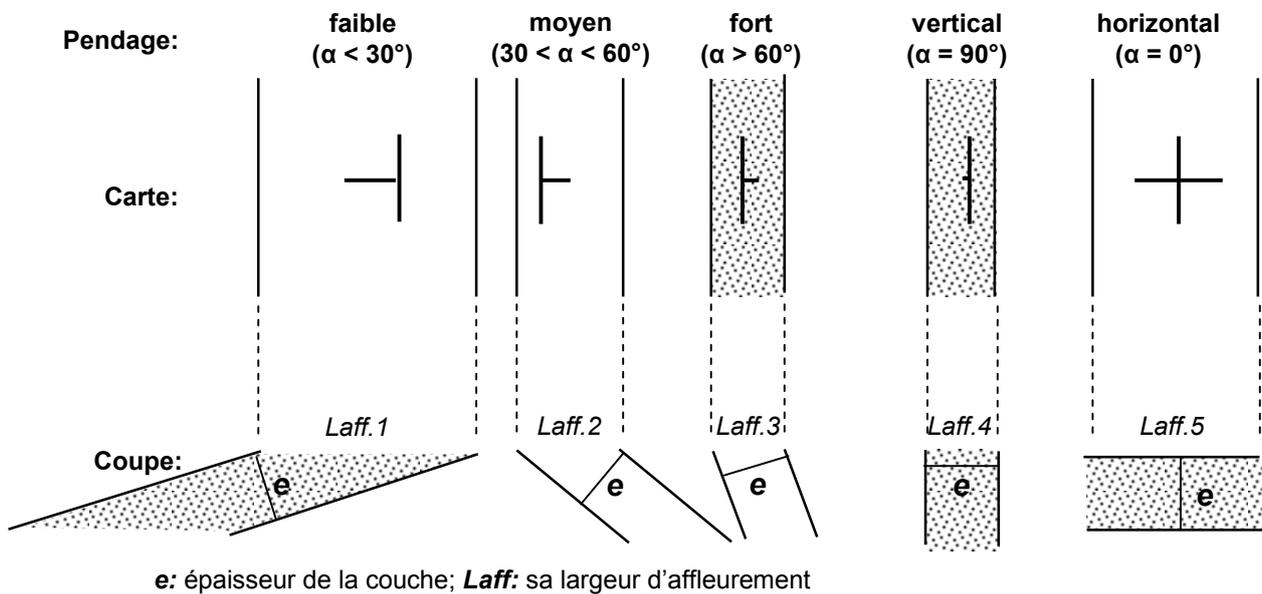


Figure 20 : Représentation des couches inclinées sur cartes et coupes.

### 5-2. Les structures horizontales (tabulaires)

Dans le cas d'une structure tabulaire, les couches sont horizontales ou sub-horizontales, et n'ont pas subi de mouvements tectoniques, depuis leur dépôt. Ce sont les structures les plus

simples à reconnaître sur les cartes géologiques et les plus faciles à représenter dans les coupes géologiques.

● Relief plat: dans le cas d'un plateau par exemple, seule la couche la plus jeune affleure en surface et elle est donc représentée seule sur une carte géologique (figure 21).

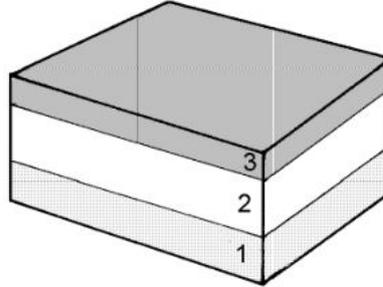


Figure 21: Structures tabulaires.

● Vallées: par le jeu de l'érosion, les couches inférieures affleurent dans les versants de la vallée. Les couches étant horizontales, leurs limites et leurs contours sur carte, sont parallèles aux courbes de niveau (figure 22).

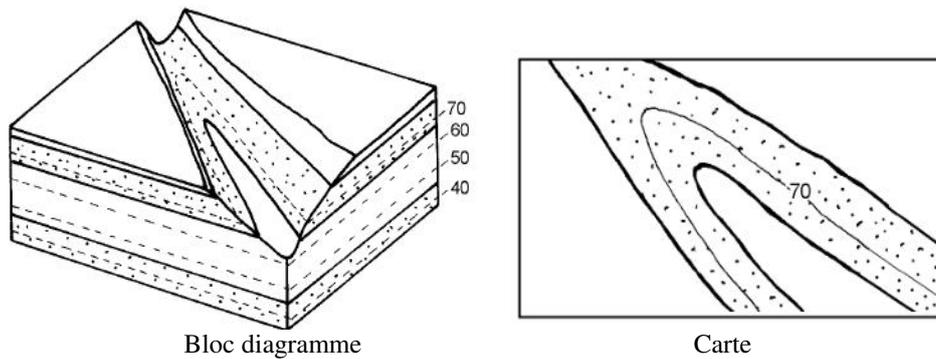


Figure 22 : Structures tabulaires érodées.

● Sur la carte, les différentes couches forment des bandes parallèles aux courbes de niveau; leur largeur d'affleurement est directement proportionnelle à l'épaisseur de la couche et inversement proportionnelle à la pente topographique (P) (figure 23). Plus la pente est faible, plus la largeur de l'affleurement est forte et vise-ver-sa.

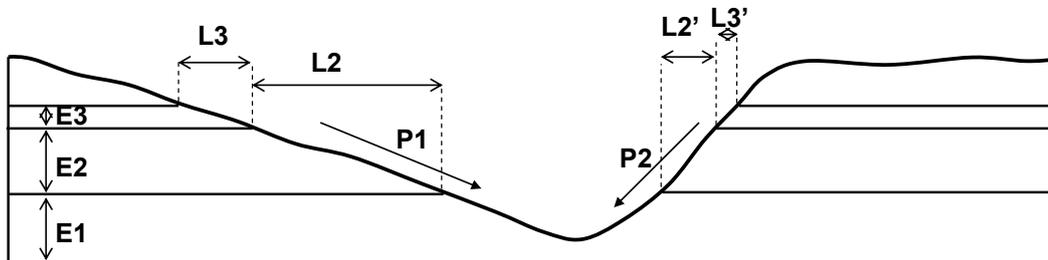


Figure 23: L'épaisseur réelle des couches et la largeur des affleurements en fonction de la pente topographique.

L'épaisseur des couches horizontales peut ainsi être facilement calculée, directement sur une carte géologique. Elle est en effet égale à la différence d'altitude entre sa limite (contour) inférieure et sa limite supérieure.

### 5-3. Les structures verticales

Le tracé des couches verticales est rectiligne au niveau des vallées et des collines, il est plus ou moins perpendiculaire aux courbes de niveau (figure 24).

L'épaisseur des couches verticales peut aussi être facilement calculée, directement sur une carte géologique. On mesure la distance entre ces deux limites et on la multiplie à l'échelle de la carte .

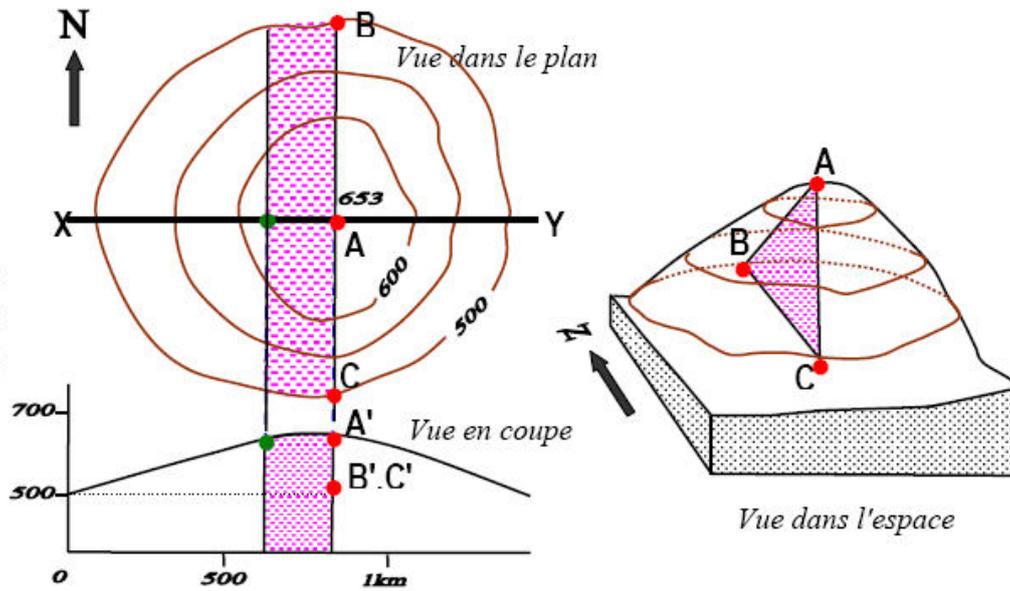


Figure 24: Représentation d'une couche géologique verticale.

## Les structures géologiques monoclinales

### 1. Définitions

On appelle structures monoclinales, les formations géologiques dont le pendage se fait dans le même sens (figure 25).

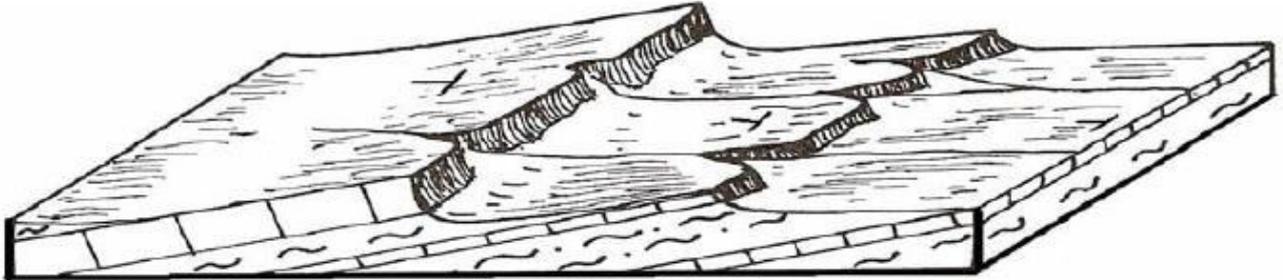


Figure 25: Structures monoclinales.

Les contours géologiques des structures sont rectilignes et parallèles les uns aux autres et forment des angles aigus avec les courbes de niveau au niveau des collines et des vallées (figure 26)

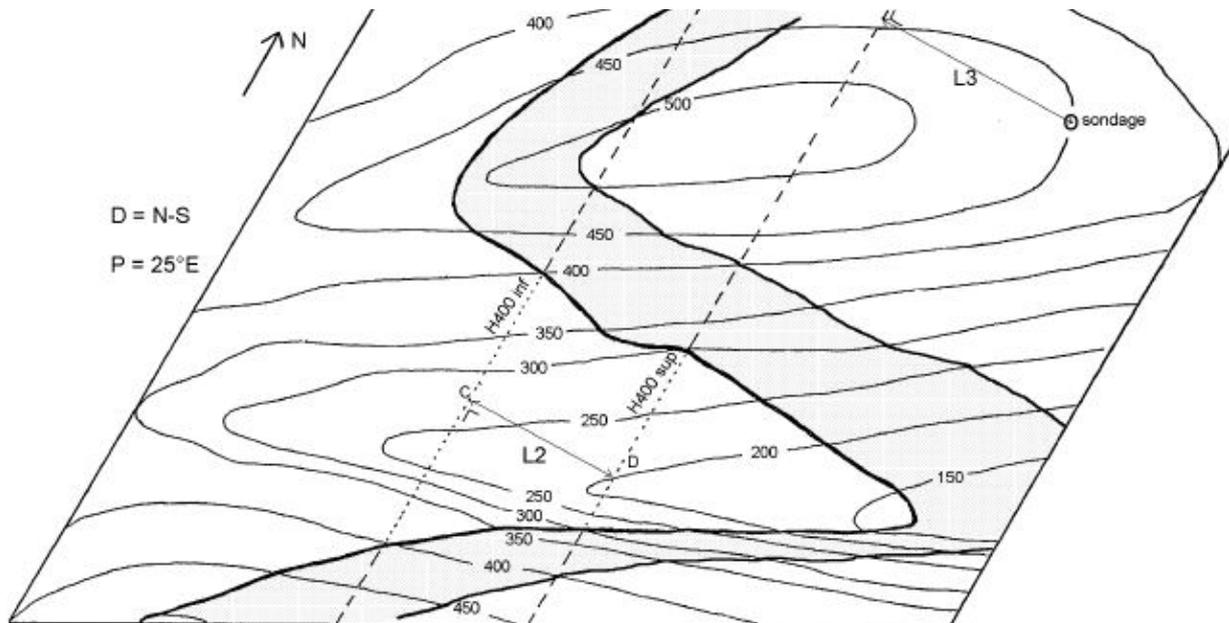


Figure 26: Représentation d'une couche monoclinale sur la carte.

### 2. Calcul de la direction d'une couche inclinée

La direction exacte d'une couche inclinée est facilement déterminée sur une carte par deux points d'affleurement situés à la même altitude, c.à.d sur une même courbe de niveau. La ligne qui les relie, correspondant à l'horizontale de la couche pour l'altitude considérée, et donne la direction de la couche (figures 26 et 27 où la direction est N00).

### 3. Calcul du pendage d'une couche inclinée

Sur les cartes géologiques, la valeur du pendage ( $\alpha$ ) d'une couche peut être facilement déterminée grâce à la différence d'altitude ( $dH$ ) entre deux courbes de niveau différentes. On procède de la façon suivante (figure 27):

On trace deux droites horizontales passant par les point d'intersection du même contour avec deux courbes de niveau différentes, puis on mesure la distance  $L1$  qui les sépare. En construisant un triangle tout en gardant la même échelle pour  $dH$  et  $L1$ , on peut donc déduire  $\alpha = \text{Arctg}(dH/L1)$

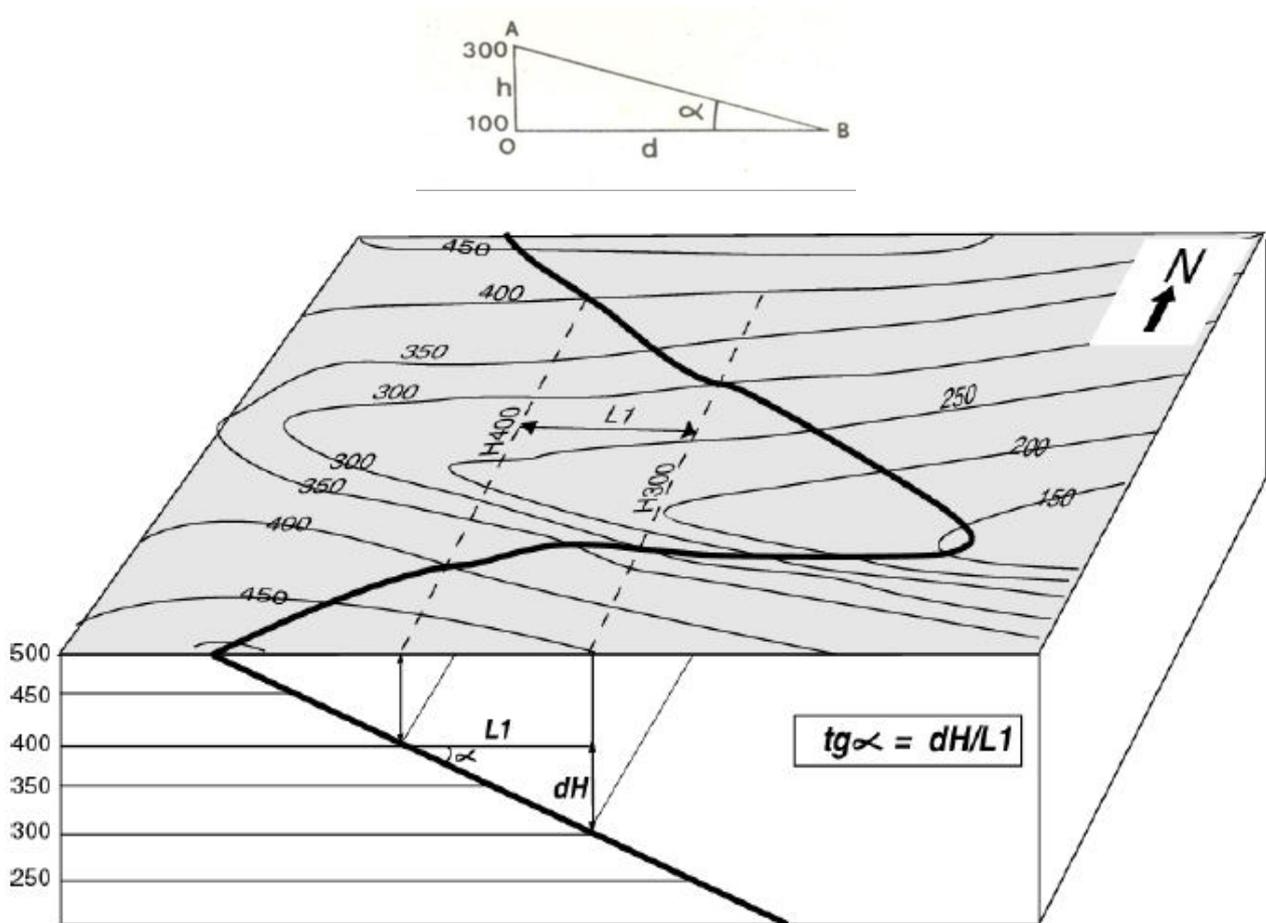


Figure 27: Détermination de pendage et de la direction des couches inclinées.

### 4. Calcul de l'épaisseur d'une couche inclinée

Généralement l'épaisseur des couches est indiquée sur la légende de la carte. Lorsque l'épaisseur varie, un ordre de grandeur est souvent donné. Certaines cartes récentes mentionnent l'épaisseur sur une colonne avec une description de la variation latérale. Mais plusieurs cartes géologiques n'indiquent pas l'épaisseur. Il faut alors la calculer.

La méthode trigonométrique offre un outil de calcul pour la plupart des cas d'inclinaison de la pente. Traçons deux horizontales à la même altitude (ici H400), sur les deux limites inférieure et supérieure de la même couche (figure 28).

Connaissant la valeur ( $\alpha$ ) du pendage vrai de la couche, l'épaisseur réelle ( $er$ ) peut se calculer par la formule suivante:  $er = L_2 \sin \alpha$

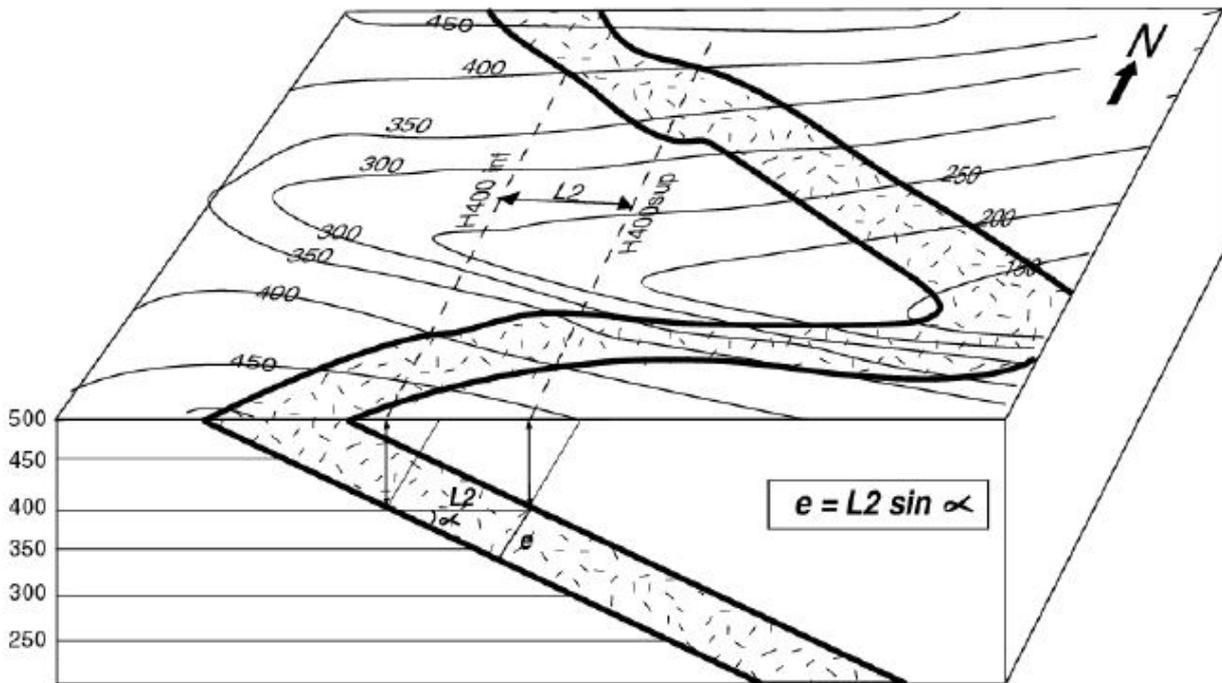


Figure 28: Détermination de l'épaisseur des couches inclinées.

### 5. Causes de la variation de la largeur d'affleurement d'une couche

Sur une carte, les couches affleurent plus ou moins largement, la largeur d'affleurement en projection, peut varier pour une même couche donnée et d'une couche à l'autre, car elle dépend de trois facteurs indépendants : l'épaisseur  $e$ , le pendage de la couche ( $\alpha$ ) et la pente topographique ( $p$ ).

1 – Influence du pendage ( $p$  et  $e = \text{constantes}$ ) (figure 29)

Plus le pendage est faible, plus la largeur d'affleurement est grande.

Pour une couche verticale, la largeur d'affleurement est toujours égale à son épaisseur.

2 – Influence de l'épaisseur ( $\alpha$  et  $p = \text{constantes}$ )

L'affleurement est large quand l'épaisseur est grande et la pente topographique est faible, ne pas confondre  $L3$ , largeur d'affleurement sur le terrain, et  $L2$ , largeur d'affleurement sur la carte

3 – Influence de la pente topographique ( $\alpha$  et  $e = \text{constantes}$ )

L'affleurement est d'autant plus étroit que la pente topographique est plus forte.

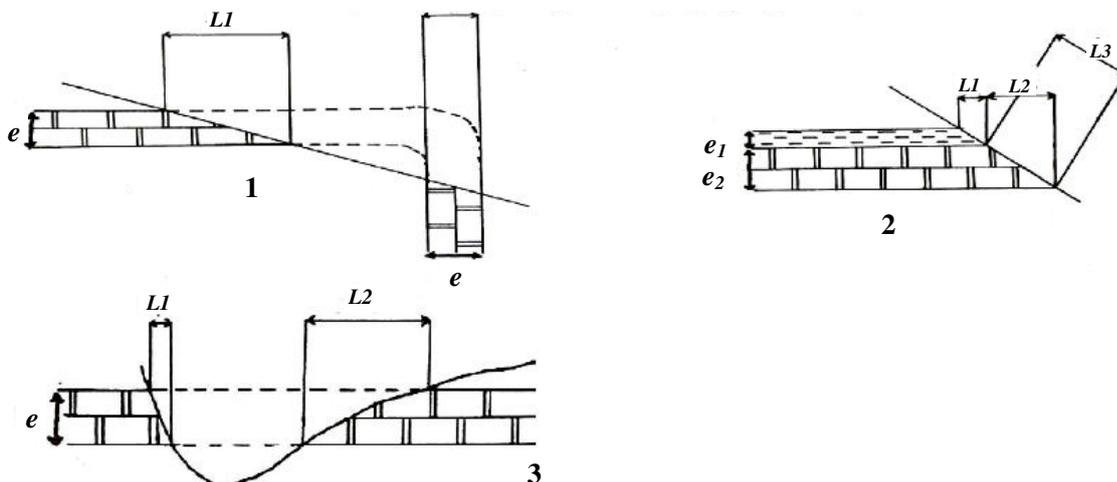


Figure 29: Causes de variations de la largeur d'affleurement d'une couche.

## 6. Construction des couches géologiques monoclinales en coupe

Lorsque le pendage des plans géologiques n'est pas indiqué sur la carte, on peut les construire sur la coupe géologique grâce à deux méthodes: la méthode des trois points et la méthode du cercle.

### 6-1. La méthode des trois points

#### 6-1.1. Couches dans une colline

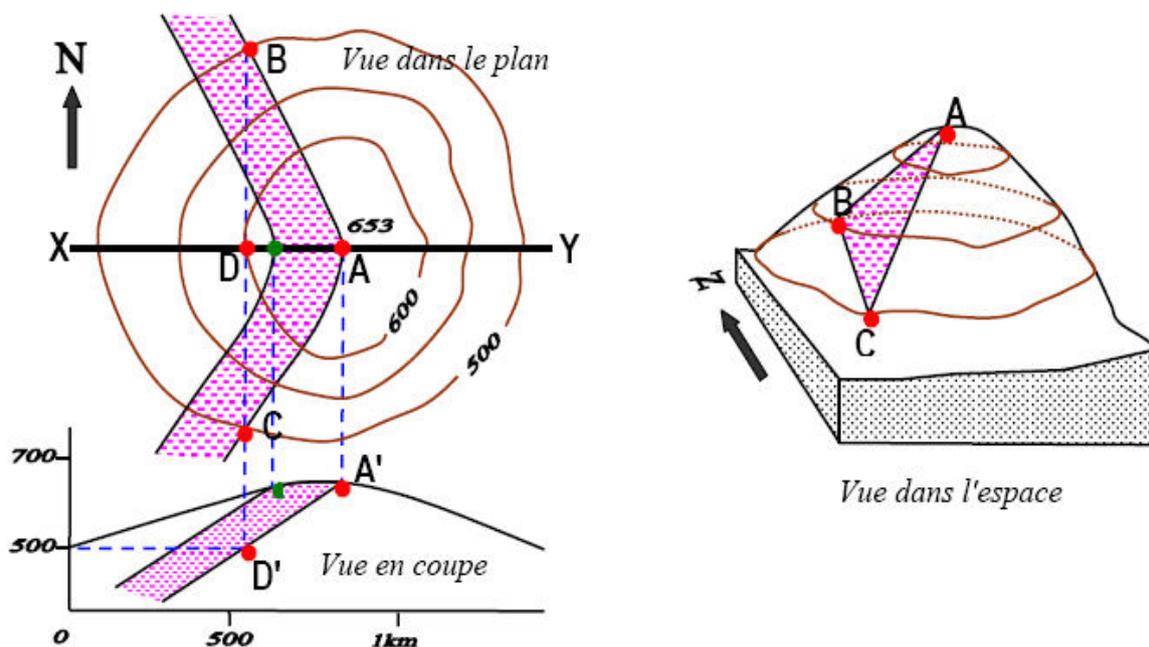
- Prendre trois points non alignés tels que deux d'entre eux aient la même altitude (B et C) et le 3<sup>ème</sup> à une altitude différente (A) à la pointe de l'ondulation dessinée par la limite de la couche (figure 30): les trois points appartiennent à la même limite de couche et définissent un plan dont le pendage est celui de la couche;

- Tous les points de la droite BC sont à la même altitude (500 m) (figure 30). Le point D (intersection de BC et de XY) est donc aussi à l'altitude 500 m;

- Il suffit alors de projeter le point D sur la coupe à l'altitude 500 m (et non sur le profil), on obtient le point D';

- Puis on joint les points A' et D' pour obtenir le pendage de la couche.

- Enfin, on projette le point d'intersection de l'autre limite de couche et le tracé de la coupe



(XY) sur le profil et on dessine l'autre limite parallèlement à la première.

Figure 30: Représentation d'une couche géologique inclinée dans une colline.

#### 6-1.2. Couche dans une vallée

\*\* 1<sup>er</sup> cas (figure 31):

L'intersection d'une couche oblique avec une vallée est en forme de V; la pointe du V est dirigée vers l'Est, elle indique le sens du pendage (vers l'Est).

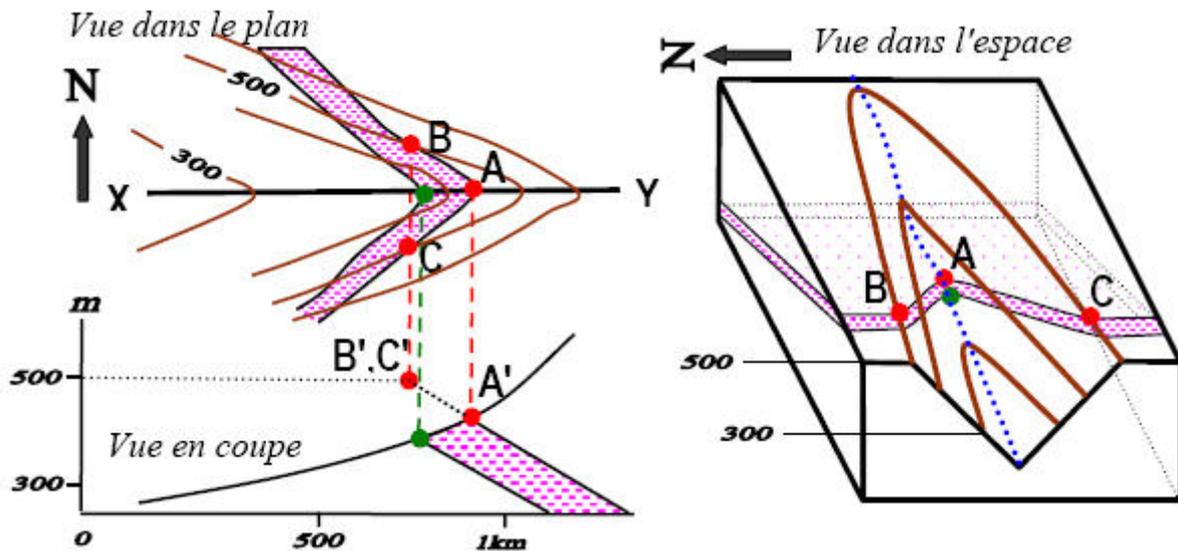


Figure 31 : Représentation d'une couche géologique inclinée dans une vallée.

\*\* 2<sup>ème</sup> cas (figure 32):

La forme V de la couche oblique et celle des courbes de niveau au niveau de la vallée sont de sens contraire. La pointe du V de la couche est dirigée vers l'Ouest et indique ainsi un pendage vers l'Ouest.

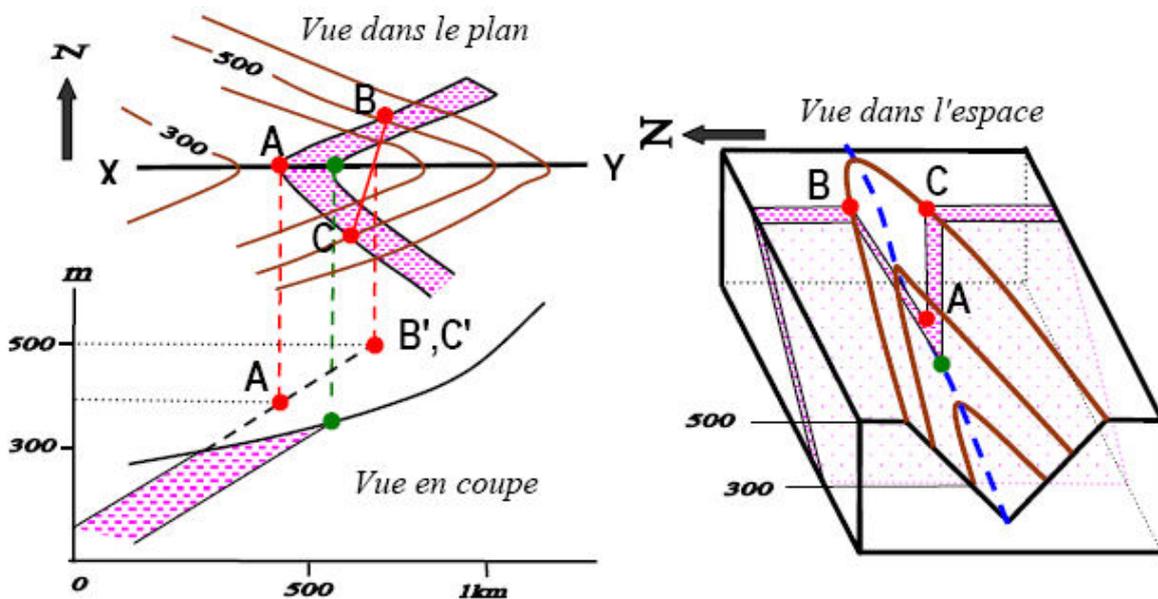
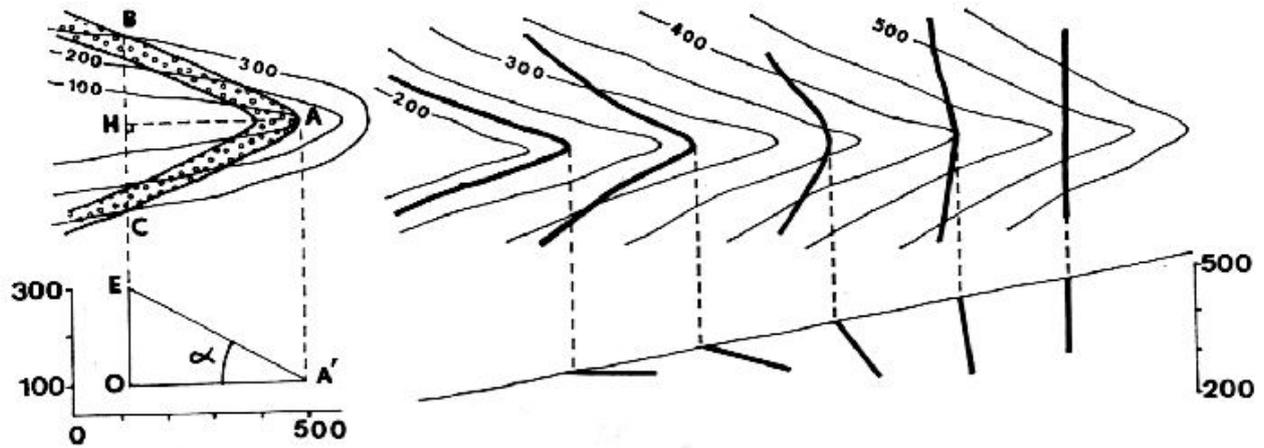


Figure 32 : Représentation d'une couche géologique inclinée dans une vallée.

Lorsqu'une couche inclinée traverse une vallée, ses limites dessinent un V dont la pointe est dirigée dans le sens du pendage.

De façon générale, on peut dire que pour une même topographie (colline ou vallée), plus l'angle entre les tranches du V est ouvert et plus le pendage est fort (figure 33):



$$\alpha = \arctg (EO/OA') = \arctg (200/400) = 30^\circ$$

Figure 33: variation du pendage d'un plan de stratification ou de faille dans une vallée.

### 6-2. La méthode du cercle

La construction nécessite la connaissance de l'épaisseur de la couche et du sens du pendage. Il faut tout d'abord, projeter les limites de la couche sur le profil topographique, ce qui donne les points E' et F'. Ensuite, en prenant comme centre le point F' (toit de la couche), on trace un arc de cercle ayant comme rayon l'épaisseur  $e$  de la couche (figure 34). Puis on mène la tangente au cercle à partir du point E', la limite inférieure (ou mur de la couche), se trouve ainsi dessinée avec son pendage exact. Enfin on trace la limite parallèle à partir du point F'.

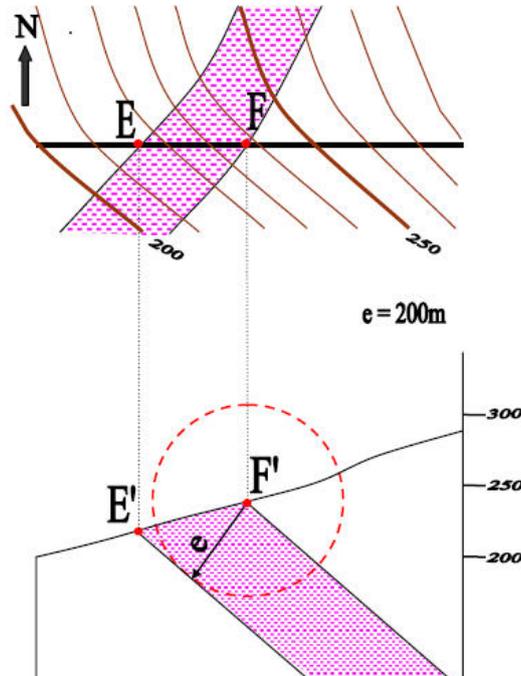


Figure 34: Représentation des couches par la méthode de cercle.

## Les structures géologiques faillées

### 1. Définition

Une faille est une cassure des roches accompagnée du déplacement relatif de deux compartiments qui se fait le long du plan de faille (ou miroir de faille).

La valeur de ce déplacement se nomme le rejet (figure 35).

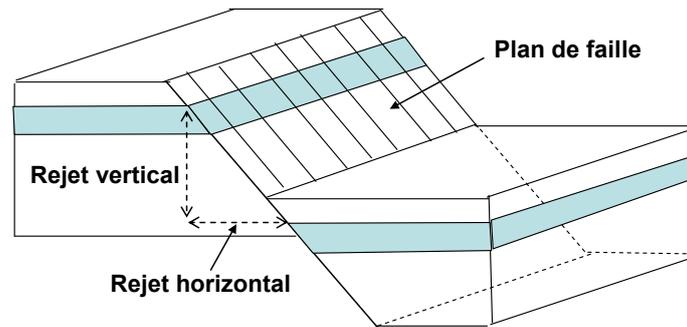


Figure 35 : Bloc diagramme montrant les composantes d'une faille normale.

### 2. Différents types de rejets

Dans le cas d'une faille oblique on distingue (figure 36) :

- un rejet vertical :  $R_v$
- un rejet horizontal latéral :  $R_{hl}$
- un rejet horizontal transversal :  $R_{ht}$
- un rejet pente :  $R_p$
- un rejet réel :  $R_r$

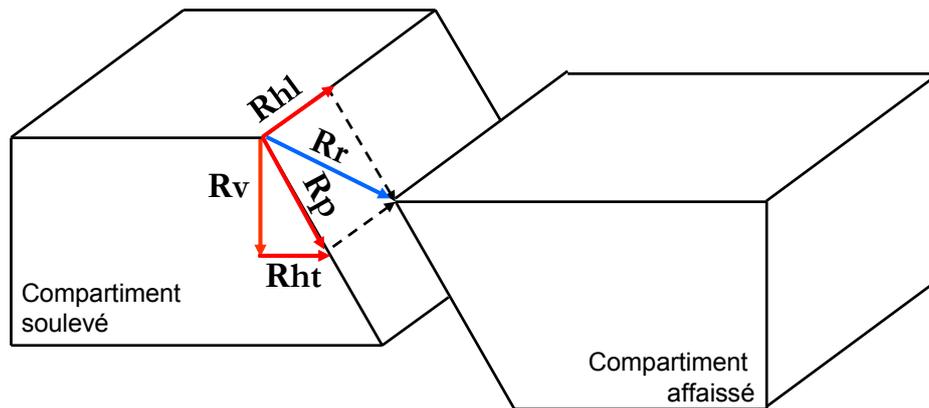


Figure 36: bloc- diagramme d'une faille oblique montrant ses différents rejets.

En fonction de la valeur des rejets ( $R_v$ ,  $R_{ht}$  et  $R_{hl}$ ) on distingue trois types de failles principaux (figure 37):

- Failles normales,
- Failles inverses,
- Failles décrochantes.

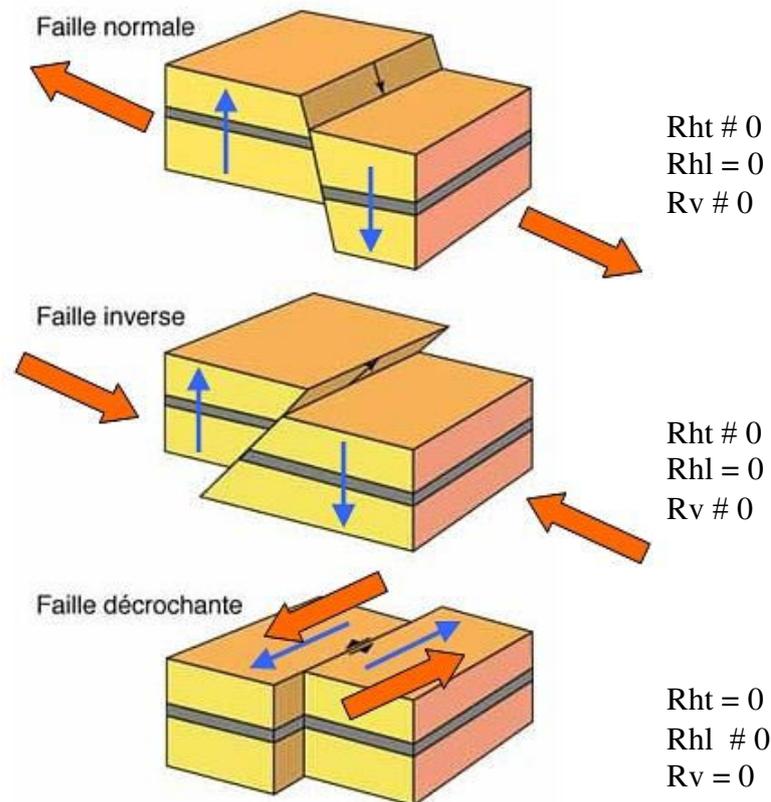


Figure 37: Blocs diagrammes des différents types de failles.

### 3. Pendage d'une faille

C'est l'angle que fait la surface de faille avec un plan horizontal. Un pendage se détermine sur la ligne de plus grande pente de la surface de faille, il s'exprime en degrés et son orientation se fait vers le bas.

### 4. Sens du pendage d'une faille (regard d'une faille)

C'est le point géographique vers lequel le compartiment soulevé fait face, il est toujours vers le compartiment qui s'est affaissé. On le détermine avec la rose des vents ou à l'aide d'une boussole.

### 5. Tracé d'une faille

Sur une carte géologique les failles sont représentées par un trait plus épais que celui des limites de couches, ce tracé peut être continu (faille certaine), discontinu (faille en relais) ou en tireté (faille cachée par des formations récentes)

### 6. Détermination du pendage d'une faille

On applique le même raisonnement qui nous a permis de déterminer le pendage des couches (voir plus haut).

Sens du pendage : si un plan (plan de faille, limite géologique d'une couche etc.) recoupe les courbes de niveaux c'est qu'elle n'est pas horizontale ; si son tracé n'est pas rectiligne en traversant le thalweg d'une vallée c'est qu'elle n'est pas verticale ;

De façon générale, on peut dire que lorsqu'une faille inclinée recoupe les courbes de niveau et traverse une vallée et son tracé est en forme de V, plus l'angle entre les branches du V est ouvert et plus le pendage est fort et vis-ver-sa ( figures 41 et 42).

Remarque : Lorsqu'une faille traverse une colline en recoupant les courbes de niveau et dessine un V, la pointe du V est opposée au sens du pendage.

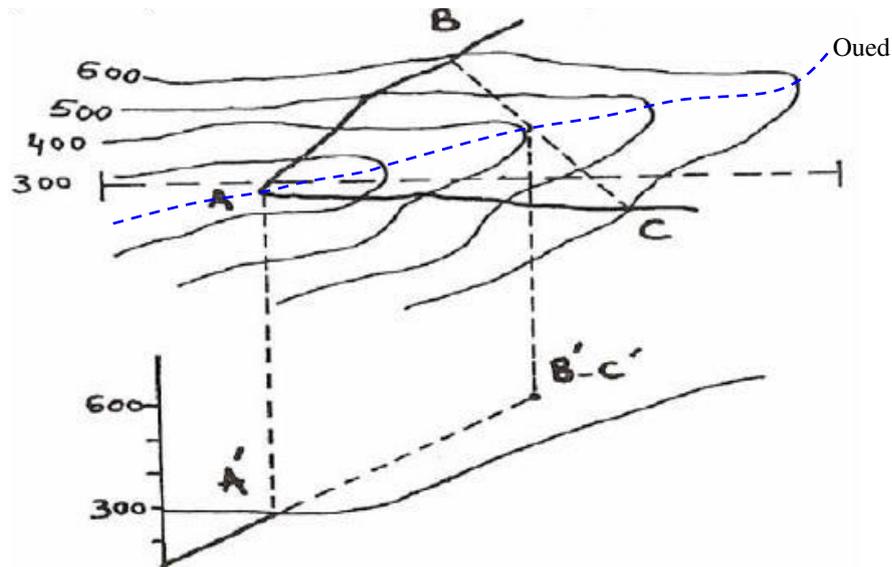


Figure 41 : La méthode des trois points dans une vallée permet de déterminer avec précision le sens et la valeur du pendage du plan de faille.

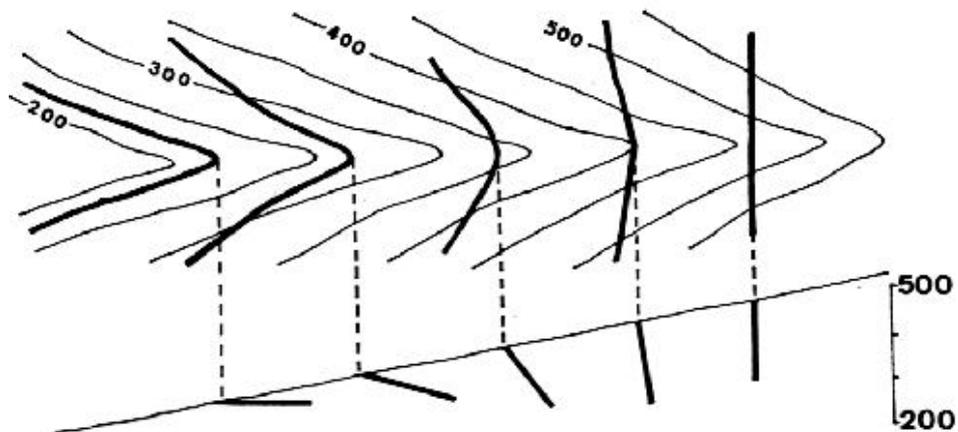


Figure 42 : variation du pendage d'un plan de stratification ou de faille dans une vallée.

### 7. Age d'une faille (figure 43)

- une faille est postérieure à la couche la plus récente qu'elle affecte.
- elle est antérieure à la plus ancienne couche non affectée par cette faille, et qui repose sur ce premier ensemble faillé.

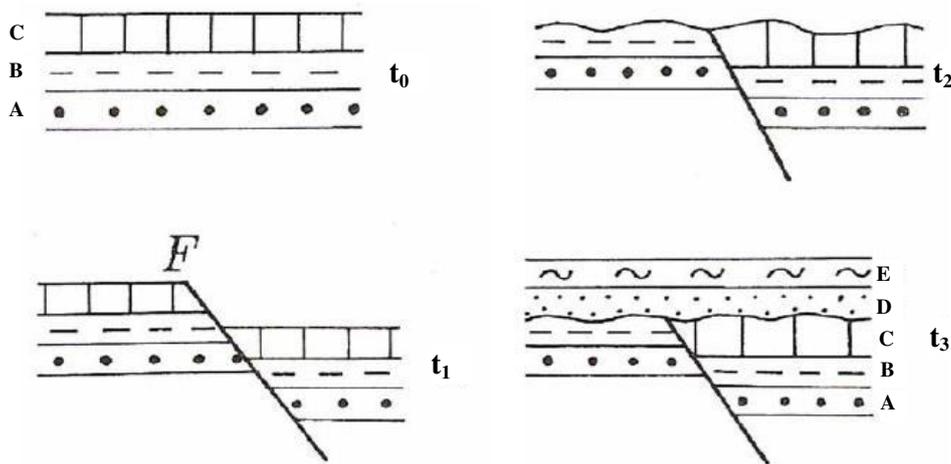


Figure 43: Cette faille est post C et anté D.

### 8. Jeu d'une faille

C'est le déplacement relatif des compartiments de part et d'autre d'une faille sur une carte géologique.

- il faut observer--sur la carte-- l'âge relatif des terrains situés de part et d'autre de la faille ;
- le compartiment qui montre les terrains les plus récents est le compartiment effondré ;
- le compartiment qui montre les terrains les plus anciens est le compartiment soulevé.

### 9. Construction d'une coupe en terrain faillé

- i) Dessiner le profil avec précision et soin ;
- ii) Repérer l'intersection du trait de coupe avec la faille et la projeter sur le profil topographique ;
- iii) Déterminer son pendage, et indiquer le déplacement relatif le long de la faille (jeu de la faille) ;
- iv) On commence toujours par dessiner la faille, et ensuite on dessine les différentes structures, compartiment par compartiment, en commençant toujours par la couche la plus récente dont on connaît le toit et le mur ;
- v) Une fois la construction terminée, précisez :
  - l'âge relatif de la faille
  - le rejet vertical (en mètre)
  - le sens du regard
  - le jeu (par une double flèche)
  - et la direction si c'est possible.

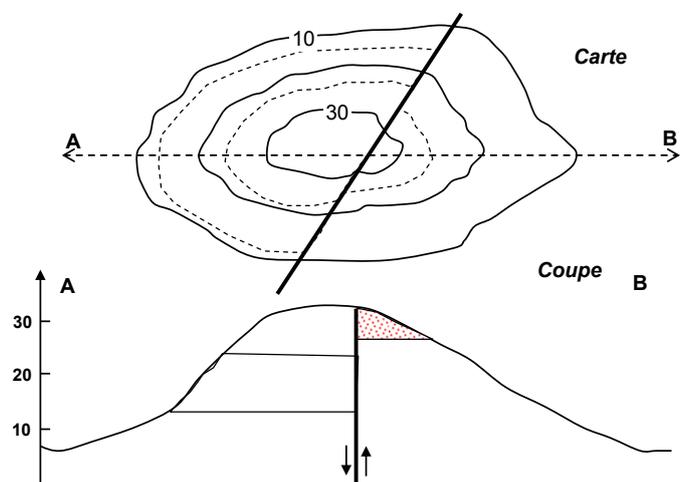


Figure 44 : Faille verticale traversant une colline : carte et coupe.

## Les structures plissées

### 1. Définitions

Sous l'effet des contraintes tectoniques, les strates (couches) sédimentaires peuvent se déformer de façon plus ou moins plastique. Leurs pendages deviennent alors variables et dirigés dans des sens divers, on dit qu'elles sont plissées.

Les structures plissées (figure 45) sont formées de synclinaux (plis concaves vers le haut) et d'anticlinaux (plis concaves vers le bas).

Au coeur des synclinaux sont représentées les formations les plus récentes et les plus anciennes au coeur des anticlinaux.

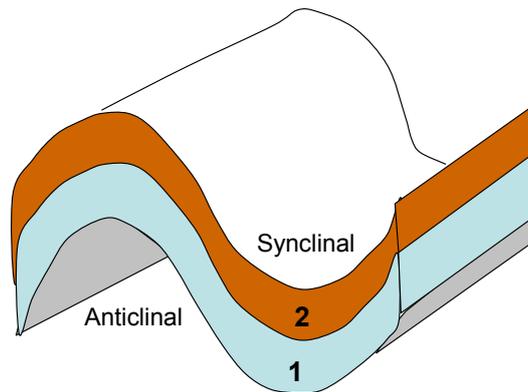


Figure 45 : plis anticlinal et synclinal

### 2. Eléments morphologiques d'un pli (figure 46)

- charnière : c'est la zone de courbure maximale des couches plissées, sur la carte elle est marquée des signes spéciaux indiqués dans la légende : respectivement pour la charnière anticlinal et synclinal.

- Flancs : surface de la couche de part et d'autre de la charnière

- Plan axial : c'est le plan de symétrie du pli passant par le milieu de la charnière.

- Axe du pli ( $\beta$ ) : c'est la direction du plan axial. Il correspond aussi à sa projection sur la carte géologique.

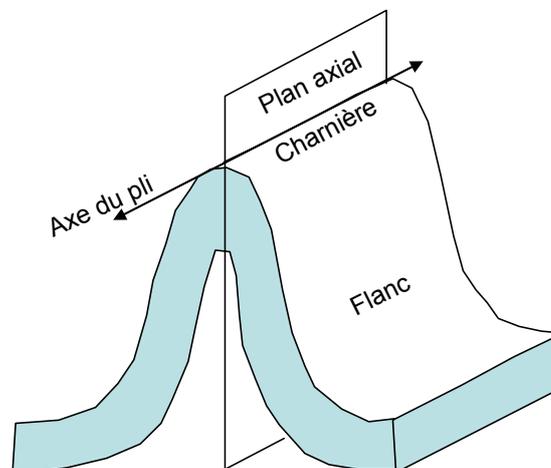


Figure 46 : Les composantes d'un pli.

### 3. Les différents types de plis

En fonction de la géométrie du plan axial, on peut distinguer différents types de plis (figure 47):

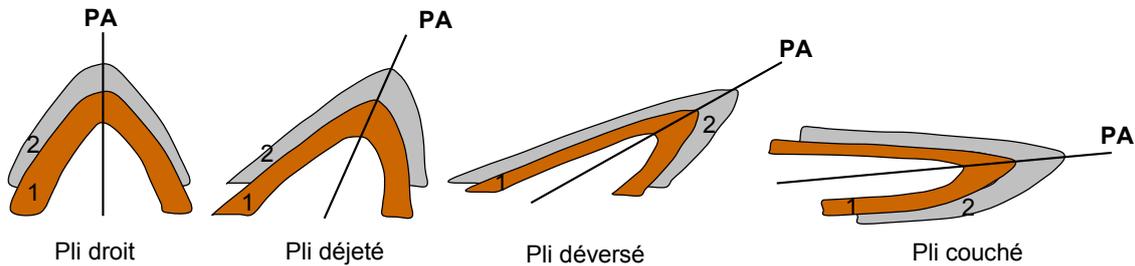


Figure 47 : Différents types de plis.

Lorsque le plan axial est vertical, on parle de pli *droit*. Le pli devient successivement *déjeté*, *déversé* et *couché* quand le plan axial s'incline de plus en plus. Dans les plis déversés et couchés le flanc situé sous la surface axiale est caractérisé par une succession stratigraphique inversée : la couche plus ancienne 1 est au dessus de la couche plus jeune 2 (figure 48).

### 4. Notions de flanc normal et de flanc inverse

Lorsque sur une coupe verticale, les couches géologiques plissées se rencontrent dans l'ordre où elles sont déposées, on dit que la série est normale ; on est alors sur le flanc normal du pli. Dans le cas contraire on a une série inverse (ou renversée) qui se rencontre dans le flanc inverse du pli couché (figure 48).

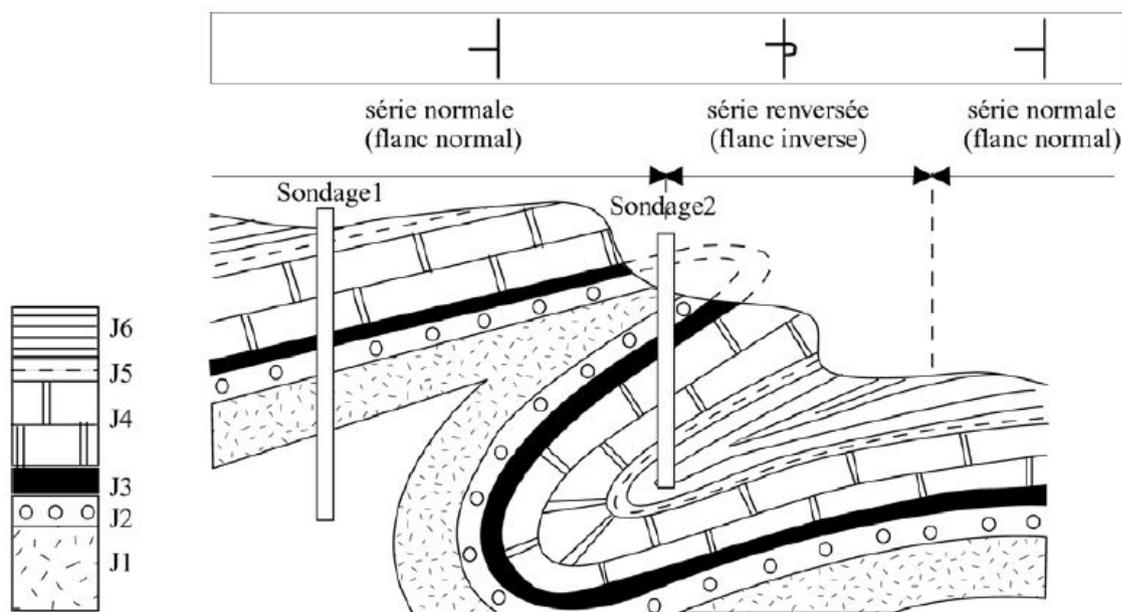


Figure 48: série normale et serie renversée.

### 5. Reconnaissance des structures plissées sur une carte géologique

Sur une carte géologique, les contours des couches plissées dépendent de la topographie, du pendage des flancs des couches ainsi que de la géométrie de l'axe du pli (charnière).

- Lorsque la charnière est horizontale, les contours forment des lignes plus ou moins sinueuses (influence du relief), délimitant des bandes parallèles répétées de part et d'autre d'une bande centrale, formée soit par la couche la plus jeune (synclinal) soit par la couche la plus ancienne (anticlinal) (figure 49).

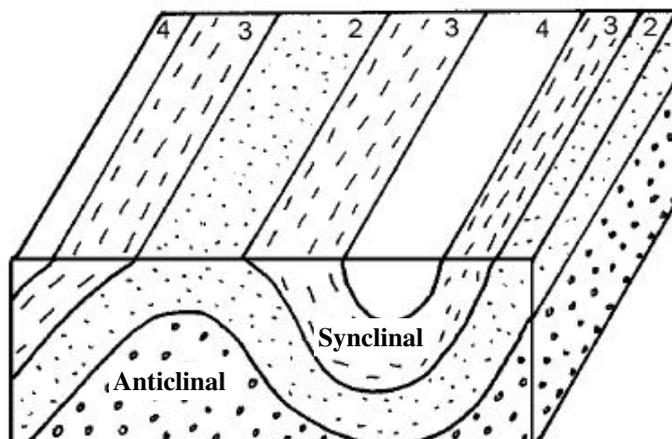


Figure 49 : Structures plissées à charnière horizontale.

### Références bibliographiques

- Archambault M., Lhénaff R. et Vanney J. R.: Documents et méthode pour le commentaire de cartes (géographie et géologie), Masson, Paris, 1974.
- Foucault A. et Raoult J. F.: Coupes et cartes géologiques, DOIN, Paris 1975.
- Sorel D., Vergély P. : Initiation aux cartes et aux coupes géologiques. Collection Sciences Sup.Série Atlas DUNOD, Paris, 1999.

# Échelle stratigraphique internationale

Enthème	Eratème	Système	Série	Étage	Age en Ma
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	Supérieur	0,0117
				"Ioniens"	0,126
		Neogène	Pliocène	Calabrien	0,781
				Gelasien	1,806
				Plaisancien	2,588
		Miocène	Zancléen	3,600	
			Messinien	5,332	
			Tortonien	7,246	
			Serravallien	11,608	
			Langhien	13,82	
		Oligocène	Burdigalien	15,97	
			Aquitainien	20,43	
			Chatilien	23,03	
		Éocène	Rupélien	28,4 ± 0,1	
Priabonien	33,9 ± 0,1				
Bartonien	37,2 ± 0,1				
Paléocène	Lutétien	40,4 ± 0,2			
	Yprésien	48,6 ± 0,2			
	Thanétien	55,8 ± 0,2			
Supérieur	Selandien	58,7 ± 0,2			
	Danien	~ 61,1			
	Maastrichtien	65,5 ± 0,3			
Mésozoïque	Supérieur	Campanien	70,6 ± 0,6		
		Santonien	83,5 ± 0,7		
		Coniacien	83,8 ± 0,7		
Moyen	Turonien	~ 88,6			
	Cénomannien	93,5 ± 0,8			
	Albien	99,6 ± 0,9			
Inférieur	Aptien	112,0 ± 1,0			
	Barrémien	125,0 ± 1,0			
	Hauterivien	130,0 ± 1,5			
Moyen	Valanginien	~ 133,9			
	Berriasien	140,2 ± 3,0			
	Berriasien	145,5 ± 4,0			

Enthème	Eratème	Système	Série	Étage	Age en Ma
Phanérozoïque	Mésozoïque	Jurassique	Supérieur	Titthonien	145,5 ± 4,0
				Kimmeridgien	150,8 ± 4,0
				Oxfordien	~ 155,6
		Moyen	Callovien	161,2 ± 4,0	
			Bathonien	164,7 ± 4,0	
			Bajocien	167,7 ± 3,5	
		Inférieur	Aalénien	171,6 ± 3,0	
			Toarcien	175,6 ± 2,0	
			Pliensbachien	183,0 ± 1,5	
		Supérieur	Sinemurien	189,6 ± 1,5	
			Hettangien	196,5 ± 1,0	
			Rhétien	199,6 ± 0,6	
		Moyen	Norien	203,6 ± 1,5	
			Carnien	216,5 ± 2,0	
Ladinien	~ 228,7				
Inférieur	Anisien	237,0 ± 2,0			
	Olenekien	~ 245,9			
	Indusien	~ 249,5			
Permien	Lopingien	251,0 ± 0,4			
	Changhsingien	253,8 ± 0,7			
	Wuchiapingien	260,4 ± 0,7			
Guadaloupien	Capitanien	265,8 ± 0,7			
	Wordien	268,0 ± 0,7			
	Roadien	270,0 ± 0,7			
Cisuralien	Kungurien	275,6 ± 0,7			
	Artinskien	284,4 ± 0,7			
	Sakmarien	294,6 ± 0,8			
Pennsylvanien	Assélien	299,0 ± 0,8			
	Gzhélien	303,4 ± 0,9			
	Kasimovien	307,2 ± 1,0			
Mississippien	Moscovien	311,7 ± 1,1			
	Bashkirien	318,1 ± 1,3			
	Serpukhovien	328,3 ± 1,6			
Carbonifère	Moyen	345,3 ± 2,1			
	Viséen	359,2 ± 2,5			
	Tournaisien	359,2 ± 2,5			

Enthème	Eratème	Système	Série	Étage	Age en Ma
Phanérozoïque	Paléozoïque	Dévonien	Supérieur	Famennien	359,2 ± 2,5
				Frasnien	374,5 ± 2,6
				Givétien	385,3 ± 2,6
			Moyen	Eifélien	391,8 ± 2,7
				Emsien	397,5 ± 2,7
				Praguien	407,0 ± 2,8
			Inférieur	Lochkovien	411,2 ± 2,8
				Pridolien	416,0 ± 2,8
			Silurien	Ludfordien	418,7 ± 2,7
				Gorsien	421,3 ± 2,6
		Homerien		422,9 ± 2,5	
		Ordovicien	Sheinwoodien	426,2 ± 2,4	
			Telychien	428,2 ± 2,3	
			Aeronien	436,0 ± 1,9	
Supérieur	Rhuaddanien	439,0 ± 1,8			
	Hirnantien	443,7 ± 1,5			
	Katien	445,6 ± 1,5			
Moyen	Sandbien	455,8 ± 1,6			
	Darriwilien	460,9 ± 1,6			
	Dapingien	468,1 ± 1,6			
Inférieur	Floien	471,8 ± 1,6			
	Tremadocien	478,6 ± 1,7			
	Étage 10	488,3 ± 1,7			
Furongien	Étage 9	~ 492 *			
	Paibien	~ 496 *			
	Guzhangien	~ 499			
Série 3	Drumien	~ 503			
	Étage 5	~ 506,5			
	Étage 4	~ 510 *			
Série 2	Étage 3	~ 515 *			
	Étage 2	~ 521 *			
	Fortunien	~ 528 *			
Terreneuvien	Fortunien	542,0 ± 1,0			

Enthème	Eratème	Système	Age en Ma	
Phanérozoïque	Précambrien	Proterozoïque	Édiacarien	542
			Cryogénien	~ 635
			Tonien	850
		Mésoproterozoïque	Sténién	1000
			Ectasien	1200
			Calymmien	1400
		Paléoproterozoïque	Stathérien	1600
			Orosirien	1800
			Rhyacien	2050
			Sidérien	2300
Mésoproterozoïque	Néoarchéen	2500		
	Mésoarchéen	2800		
	Paléoarchéen	3200		
Eoarchéen	Eoarchéen	3600		
	Hadaéen	4000		
Proterozoïque	Hadaéen	~ 4600		

\* Le statut du quaternaire n'est, à ce jour pas encore fixé  
 \* Les âges des séries et les étages du Cambrien sont en attente de ratification