





## Introduction

Ce manuel de travaux pratiques de géologie constitue un support utile à l'enseignement de la cartographie. Il servira d'aide-mémoire et pourra être complété par des notes personnelles et des exercices qui seront effectués en salle de travaux pratiques.

Dans un premier temps (séance 1) nous allons faire un rappel des éléments topographiques puis nous allons étudier les cartes topographiques qui permettent de décrire avec précision les différents éléments du relief et, dans un deuxième temps (Séance 2), nous aborderons l'étude des cartes géologiques qui nous permettront de comprendre la structure du sous-sol puis l'établissement d'une coupe géologique.

Vous devez obligatoirement vous munir de plusieurs papiers millimétrés (au moins 2 par séance), d'un crayon à mine de type HB, d'une gomme, d'une règle, de crayons de couleurs, d'un rapporteur d'angle, d'un compas et d'une calculatrice.



## LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

La lecture correcte d'une carte topographique est une nécessité pour ceux (géologues, pédologues et biologistes entre autres) qui vont faire des sciences de la nature leur profession. Elles sont aussi utiles dans les activités de loisirs telles les randonnées en montagne, la navigation en 4x4, etc....

### 1- Définitions

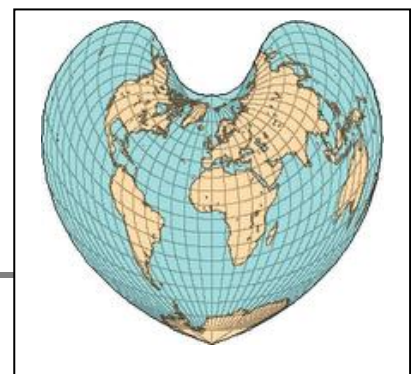
La **cartographie** désigne la réalisation et l'étude des cartes géographiques. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit (une feuille) représentant un espace généralement réel.

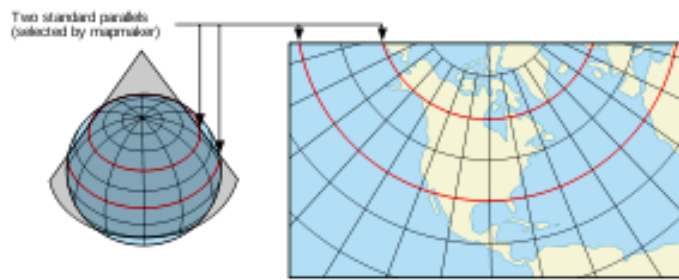
Une **carte topographique** est une carte à échelle réduite représentant le relief déterminé par l'altimétrie et les aménagements humains d'une région géographique de manière précise et détaillée sur un plan horizontal.

Plus simplement, on appelle carte topographique la représentation, sur un plan avec une échelle donnée, d'une partie de la surface de la terre avec ses formes et son modelé.

La terre ayant la forme générale d'un géoïde (sphère aplatie aux pôles), voisine de celle d'un ellipsoïde, la transformation d'une portion de la surface courbe de la terre en une surface plane qui est la carte implique une certaine déformation avec étirement. Pour le passage de la surface courbe de l'ellipsoïde à une surface plane, différents systèmes de projection ont été utilisés :

Projection de Bonne (Rigobert Bonne, 1780, utilisée en France vers 1800 pour les cartes dites « d'État-Major ») et projection Lambert (mulhousien Johann Heinrich Lambert en 1772)





## Projection Lambert

Carte du monde en projection de Bonne  
(Parallèle d'origine à 45°)

Nous supposons dans ce qui va suivre que, sur les étendues relativement faibles des cartes, une surface horizontale est assimilable à un plan.

## 2- Etablissement des cartes topographiques

La mise au point d'une carte nécessite plusieurs opérations dont les plus importantes sont le nivellement et la planimétrie.

### 2. 1– Le nivellement

Il permet de représenter le relief du terrain mais cette représentation pose des problèmes : on ne peut indiquer l'altitude de chaque point de la carte. Aussi on a imaginé différents modes de représentation du relief :

- système des hachures (abandonné car trop imprécis).
- système des courbes de niveau.

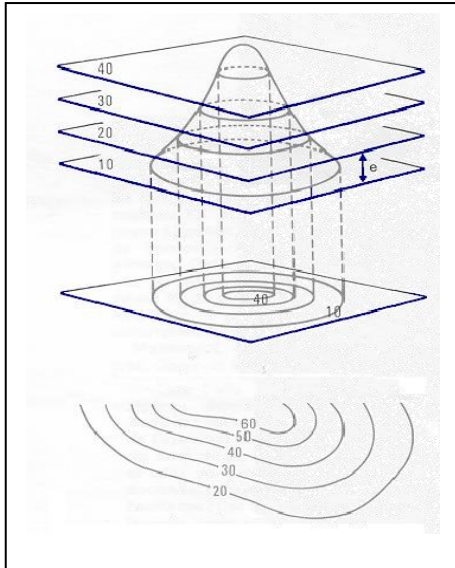
#### 2. 1. 1 – Cartes en courbes de niveau

On appelle courbe de niveau le lieu des points de la surface topographiques ayant même altitude, c'est-à-dire l'intersection de la surface topographique avec un plan horizontal.

##### 2. 1. 1. 1– Principe de l'établissement des courbes de niveau



Considérons une série de plans horizontaux parallèles, équidistants qui coupent idéalement une surface topographique. Les intersections de la colline avec ces plans sont reportées sur le plan P. Ces projections se nomment, courbes de niveau.



Principe d'établissement des courbes de niveaux.

Le relief est donc représenté par les courbes de niveaux (ou courbes hypsométriques) qu'on peut définir comme étant l'intersection de plans horizontaux d'altitude donnée et la surface topographique. Une courbe de niveau est une ligne imaginaire qui joint donc un ensemble de points de même altitude. La différence d'altitude entre deux plans horizontaux (deux courbes) est appelée **équidistance** des courbes de niveau.

### 2. 1. 1. 2– Altitude des courbes de niveau

L'altitude des courbes est souvent indiquée le long de leur tracé. En principe le bas des chiffres indiquant cette altitude est dirigé vers le bas de la pente.

### 2. 1. 1. 3– Equidistance et écartement

L'équidistance est la distance qui sépare deux plans horizontaux successifs : sur la carte elle correspond à la différence d'altitude entre deux courbes de niveau



consécutives. Il ne faut pas confondre l'équidistance avec l'écartement des courbes en projection sur la carte.

- l'équidistance est constante
- l'écartement est variable, il dépend du relief.

L'équidistance est indiquée dans la légende, en bas de la carte. Le choix de l'équidistance est dicté par le type de relief à représenter et par l'échelle de la carte. Dans les zones plates à faible relief elle est de 5 à 10m ; pour les zones montagneuses, elle peut atteindre 20m, sinon une densité trop grande des courbes de niveau rendrait la carte illisible.

### 2. 1. 2- Propriétés des courbes de niveau

Plusieurs types courbes de niveaux sont représentés sur les cartes :

- **Courbes maîtresses** : Elles sont dessinées en traits plus accentués qui indiquent tous les courbes de rang 5 c'est-à-dire tous les 50 ou 100m, le plus souvent l'altitude est indiquée sur les courbes maîtresses ; noter que entre deux courbes maitresses il y a toujours 4 courbes normales.



- **Courbes normales** : Elles sont dessinées en traits fins ; elles s'intercalent entre les courbes maîtresses.

Carte topographique : courbes maitresses et courbes normales

- **Courbes intercalaires** : Elles sont dessinées en général en tirette. Lorsque la surface topographique est plate, les courbes de niveau sont espacées, pour amener plus de précision on est conduit à ajouter une courbe dite intercalaire dont l'altitude diffère d'une demi-équidistance de celle des deux courbes qui l'encadrent.

### 2. 2 – Planimétrie



La **planimétrie** est la représentation conventionnelle sur la carte de tous les détails naturels et artificiels de la surface du sol. Ceux-ci comprennent les forêts, les cours et les plans d'eau, les routes et chemins, les bâtiments divers, etc.

Les détails naturels et artificiels de la surface du sol sont représentés sur la carte par des symboles. Cette représentation, étant conventionnelle, peut changer selon l'échelle et l'éditeur de la carte. De ce fait, et pour faciliter la lecture, chaque carte comporte une légende détaillant à quel type de détail correspond quel symbole.

Le plus souvent, on trouvera les zones boisées colorées en vert, les zones libres en blanc, l'eau en bleu. Les routes sont représentées par des rubans colorés, les chemins par des lignes, les cours d'eau par des lignes bleues. Les bâtiments sont symbolisés par des rectangles noirs. L'orographie (courbes de niveau) est représentée par des teintes voisines du marron.

**Estompage** : procédé cartographique destiné à faciliter l'identification des reliefs sur la carte. Il s'agit d'une ombre portée, plus ou moins sombre suivant l'importance du relief, rappelant les zones ombrées dans la nature. Par convention, le "soleil" virtuel est placé au NO.

### 3- Notion d'échelle

Pour La réalisation d'une carte topographique (moins d'1m<sup>2</sup>) d'une grande superficie de terrain (plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>) il est évident qu'une forte réduction s'impose. C'est le coefficient de réduction ainsi choisi, correspondant à un nombre fractionnaire, qu'on appelle échelle. Autrement dit, l'échelle d'une carte (E) est le rapport de la longueur mesurée sur la carte (Lc), en une unité donnée, à la distance horizontale correspondante sur le terrain (Lt), à la même unité:

$$E = Lc/Lt$$

Exemples:

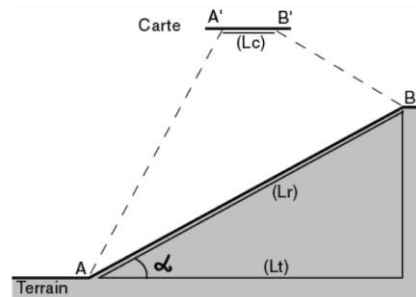


- l'échelle d'une carte dont deux points distants de 1 cm sur la carte et de 1 km sur le terrain est:

$E = 1\text{cm}/100\,000\text{cm}$ , la carte sera dite à l'échelle 1/100 000.

Les échelles les plus courantes sont : le 1/25.000, 1/50.000, 1/100.000 et au-delà. L'échelle est d'autant plus grande que le dénominateur est plus petit.

- Noter bien que l'échelle d'une carte est fonction de  $(L_t)$  (appelée aussi distance à vol d'oiseau), qui est la projection sur un plan horizontal de la distance réelle sur le terrain  $(L_r)$ . Cette dernière est fonction de la pente topographique  $\alpha$  selon la formule :



$$(L_r) = (L_t) / \cos \alpha$$

- La précision d'une carte dépend de l'échelle du levé et non de son agrandissement. Autrement dit, agrandir une carte (par exemple par photocopie) n'améliore en rien sa précision.

L'échelle (E) peut aussi être représentée graphiquement par un segment gradué, permettant de lire directement la distance réelle correspondant à une certaine longueur sur la carte. L'échelle graphique a pour avantages une conversion plus rapide des longueurs mesurées et surtout de rester valable après agrandissement ou réduction de la carte.



#### 4- Orientation

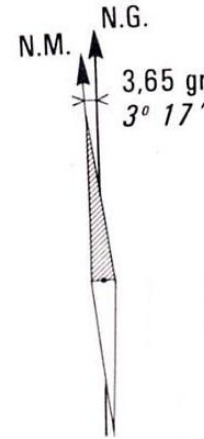
Toutes les cartes sont établies de façon à faire coïncider le haut de la carte avec le nord géographique. Il existe deux nord. Le premier est magnétique (l'axe de symétrie cylindrique du champ magnétique), le second est géographique (l'axe de rotation de la Terre). Ils ne se trouvent pas au même endroit. La différence d'angle que l'on peut





observer sur la boussole entre ces deux nord est appelée déclinaison magnétique. Cette différence varie avec le temps.

Sur les cartes traditionnelles, les méridiens (lignes noires verticales) pointent le nord géographique (N.G.) ; il y a donc lieu de tenir compte de la déclinaison magnétique pour s'orienter sur la carte à l'aide d'une boussole (N.M.). Sur la carte un croquis indique la valeur de la déclinaison pour la carte et pour une année donnée, car le pôle magnétique migre en permanence, réduisant chaque année la valeur de la déclinaison (0,8 degré / an).



### 5- Coordonnées géographiques.

Pour se localiser sur la terre, il est nécessaire d'utiliser un système géodésique duquel découlent les coordonnées géographiques. Tout point sur la terre est caractérisé par sa latitude et sa longitude. Ces deux grandeurs représentent les coordonnées géographiques de ce point.

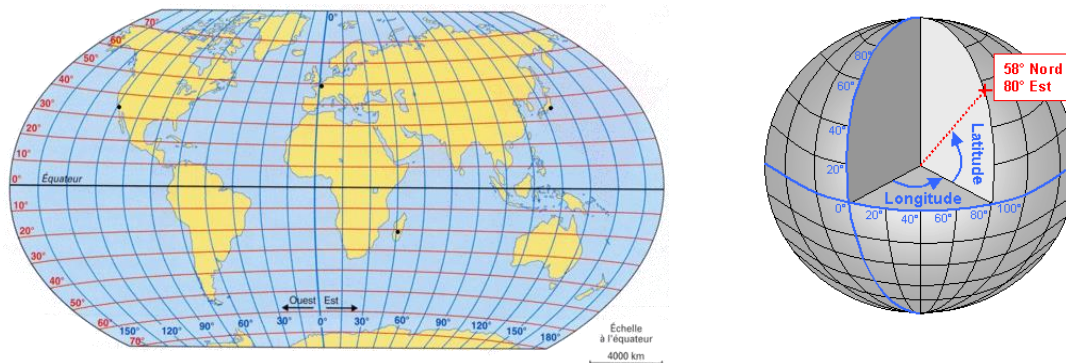
La **latitude** est une mesure angulaire s'étendant de 0° à l'équateur à 90° aux pôles. Ce plan coupe la surface terrestre suivant un cercle approximatif (les irrégularités du cercle sont liées aux variations d'altitude), sauf aux pôles où ce cercle se réduit à un point.

La **longitude** est une valeur angulaire, expression du positionnement est-ouest d'un point sur Terre.

Tous les lieux situés à la même longitude forment un demi-plan limité par l'axe des pôles géographiques, coupant la surface de la terre sur un demi-cercle approximatif dont le centre est le centre de la terre, l'arc allant d'un pôle à l'autre. Un tel demi-cercle est appelé méridien.



Sur la carte topographique, on indique à l'aide d'un quadrillage les coordonnées géographiques de la région représentée. Les valeurs des angles sont marquées dans les marges de la carte.



Carte du monde quadrillée par les latitudes (lignes horizontales) et les longitudes (lignes verticales).

## 6 – Les points cotés

Une **cote** ou **point coté** est un point culminant de la carte, marqué par un point accompagné d'un nombre indiquant l'altitude en mètres de l'endroit désigné ce qui permet de trouver facilement la valeur des courbes de niveau proches.

Des cotes peuvent être utiles pour matérialiser une légère proéminence du terrain, qui ne pourrait pas être visible avec des courbes de niveau. Elles servent également à matérialiser des sommets (parfois très relatifs).

Une cote sera désignée par son altitude : un point coté à 312 mètres sera ainsi nommé «cote 312».

## 7 – Les formes du relief en courbes de niveau

### 7. 1– Densité des courbes de niveau

Elle rend compte du relief : les pentes fortes sont caractérisées par des courbes nombreuses et serrées ; à des courbes espacées et peu nombreuses correspond une région plate ou à faible pente.



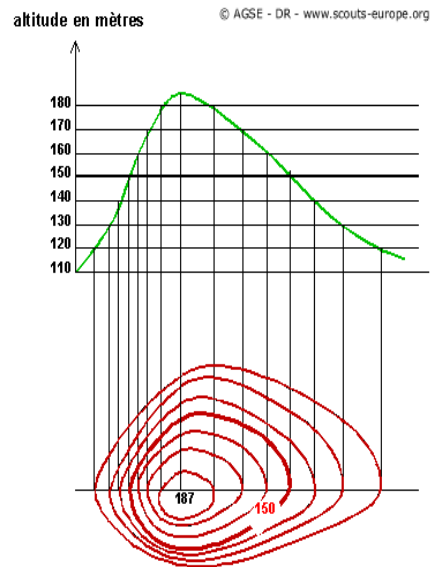
## 7. 2– Formes des versants

Un versant est la zone reliant une ligne de faite à une ligne de thalweg. Il peut être décomposé en un certain nombre d'éléments.

### 7. 2. 1– Pente constante

Lorsque les courbes de niveau sont régulièrement espacées

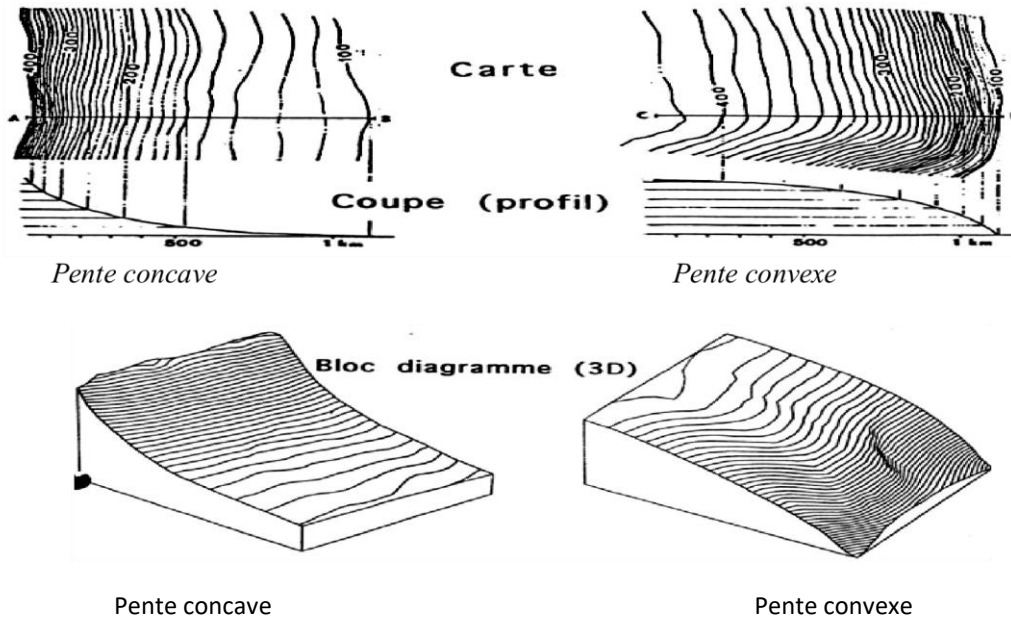
- plus la pente est forte, plus les courbes de niveau sont rapprochées
- plus la pente est faible, plus les courbes de niveau sont écartées.



### 7. 2. 2 – Pente régulièrement variable

Une pente concave vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus écartées en allant vers le bas.

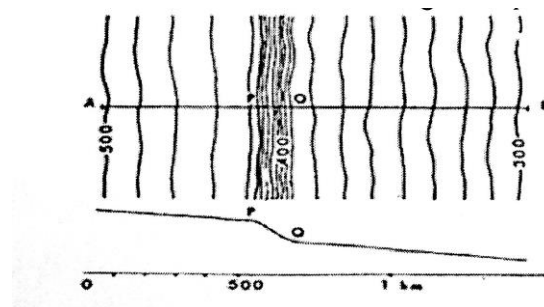
Une pente convexe vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en serrées en allant vers le bas.



Pentes continues mais variables

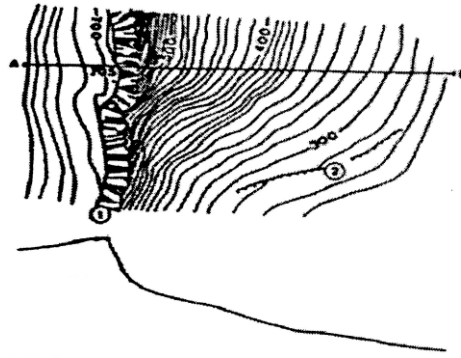
### 7. 2. 3- Pentes à variation brusques

Il s'agit de rupture de pente, d'abrupts et de falaises. L'écartement des courbes de niveau change brusquement.

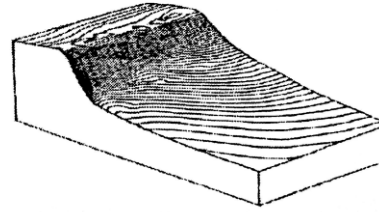


Rupture de pente

**Les falaises** : lorsque la pente topographique est très forte, la densité des courbes est si grande qu'elles se touchent. Elles arrivent à se confondre et deviennent illisibles. Pour remédier à cet inconvénient on utilise un figuré spécial qui évoque une falaise rocheuse.



Falaise sur carte et profil topographique



Falaise sur bloc diagramme

– la hauteur de l’abrupt = l’altitude de son sommet – l’altitude de sa base

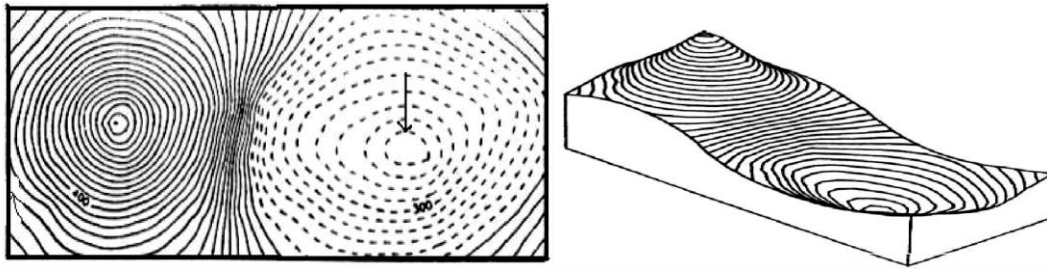
$$H = S - B$$

- Il n’y a pas de continuité des courbes de niveau de part et d’autres de la falaise.
- Il est très important d’orienter convenablement les falaises c’est-à-dire de dessiner l’abrupt du bon côté. Pour cela il faut déterminer parfaitement le sommet et la base de la falaise.
- détermination du sommet : lorsqu’il y a des points cotés, ils sont généralement placés sur la crête ; le sommet correspond le plus souvent à un replat et les courbes de niveau y sont donc rares et largement espacées.
- Détermination de la base : la pente qui se trouve au pied de falaise est en général forte et concave vers le haut.

La falaise est souvent creusée de nombreux ravins. Le pied est moins marqué que le sommet à cause de l’accumulation d’éboulis.

### 7. 3– Sommet

C’est le point le plus haut d’un lieu, par exemple le sommet d’une colline ou d’une montagne. Sur la carte topographique on remarque que les courbes de niveau sont concentriques et le point central a une altitude supérieure à celle des courbes qui l’entourent.



Sommet et cuvette : carte et bloc-diagramme

#### 7. 4– Cuvettes

Une Cuvette est une dépression fermée vers le fond de laquelle convergent l'ensemble des pentes. Les courbes de niveau sont aussi concentriques ; l'altitude du point central est inférieure à celle des courbes de niveau qui l'entourent, parfois une flèche indique le centre de la dépression (occupée parfois par un lac).

#### 7. 5– Formes des vallées

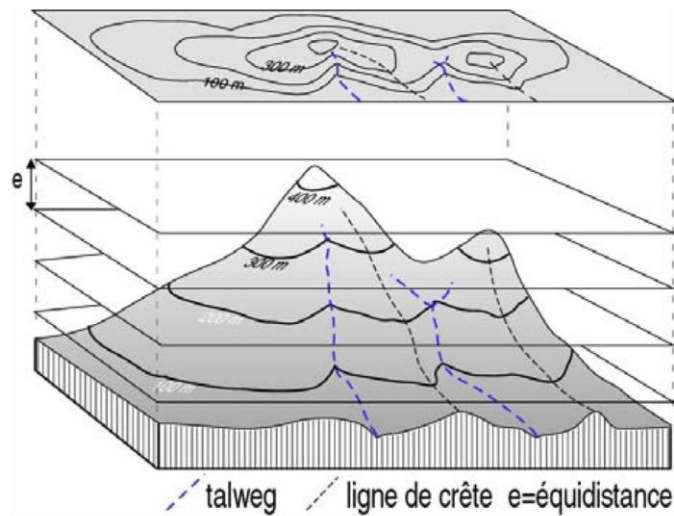
##### 7. 5. 1- La ligne de thalweg (ou talweg)

C'est la ligne joignant les points les plus bas d'une vallée : c'est aussi la ligne d'écoulement des eaux. La vallée est caractérisée par une forme en V des courbes de niveau. La pointe du V plus ou moins aiguë ou émoussée indique l'amont de la vallée ; la courbe enveloppante est à une altitude plus élevée que la courbe enveloppée.

Une **ligne de thalweg** ou ligne de réunion des eaux est une ligne imaginaire sur laquelle, sur le terrain, se rejoignent deux pentes arrivant de directions opposées. Les fonds de vallées sont des lignes de thalweg.

##### 7. 5. 2- La ligne de crête ou ligne de faite

On l'appelle également ligne de partage des eaux est une ligne imaginaire de laquelle, sur le terrain, partent deux pentes dans des directions opposées. Les sommets des montagnes sont des lignes de crête.

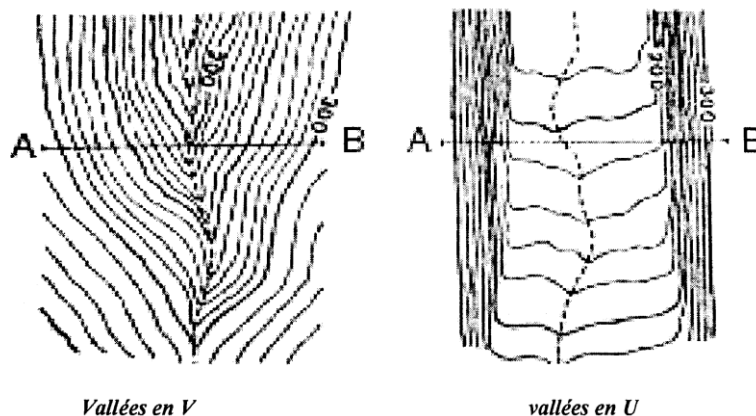


### 7. 5. 3– Vallée en V

Les courbes de niveau présentent un rebroussement anguleux à la traversée du thalweg ce qui forme un V. La pointe du V formée par les courbes de niveau, indique le sens de la montée. Au contraire, sur une ligne de crête la pointe du V indique le sens de la descente.

### 7. 5. 4 – Vallée à fond plat ou en U

Le dessin des courbes de niveau rappelle la forme de la vallée : serrées sur les versants, elles sont écartées dans la partie plate.



Forme des vallées

## 8- Profil topographique





La **procédure** est simple : le long d'un segment ou d'un tracé, sur une carte topographique, on doit transposer les valeurs d'altitude sur un croquis représentant une tranche du terrain.

1-Sur une carte topographique, tracez une ligne droite et fine entre le point de départ (ouest ou nord) et le point d'arrivée du profil à réaliser.

2-Sur une feuille millimétrée, tracez une ligne horizontale correspondant à la longueur du tracé choisi (abscisse).

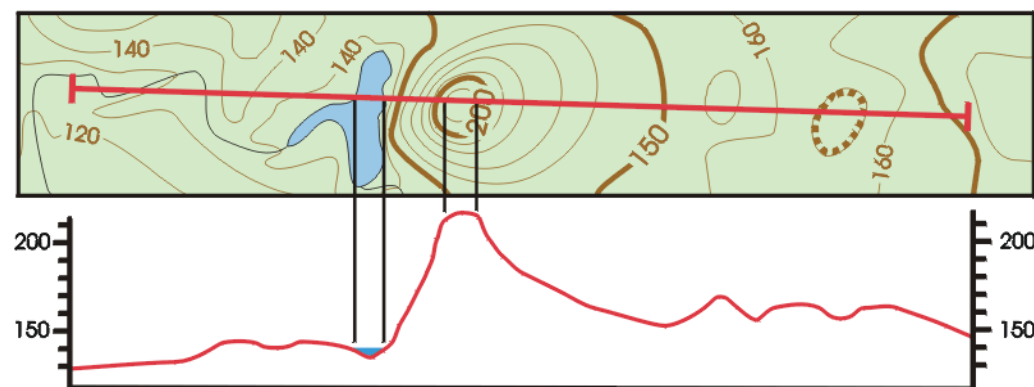
3-Sur la carte, relevez le niveau le plus bas et le niveau le plus élevé des courbes traversées par le trait.

4-Sur la feuille millimétrée, tracez une ligne verticale (ordonnées) à chacune des extrémités de l'abscisse et indiquez les altitudes à partir de la courbe de niveau précédent le point le plus bas jusqu'à celle suivante le point le plus haut. Il n'est pas nécessaire d'indiquer les altitudes à partir du niveau de la mer. Respectez l'échelle verticale convenue (exagérée ou pas). Le cadre est prêt.

5-Placez la bordure d'une autre feuille le long du tracé sur la carte, notez les points de départ et d'arrivée (A-B) ainsi que toutes les courbes de niveau et les points de repères (rivières, lacs, villages, etc.) qui croisent le segment.

6-Ajustez la feuille à l'abscisse sur le croquis puis reportez les mesures aux altitudes correspondantes sur l'échelle verticale.

7-Raccordez fidèlement les points entre eux afin d'obtenir un profil topographique.

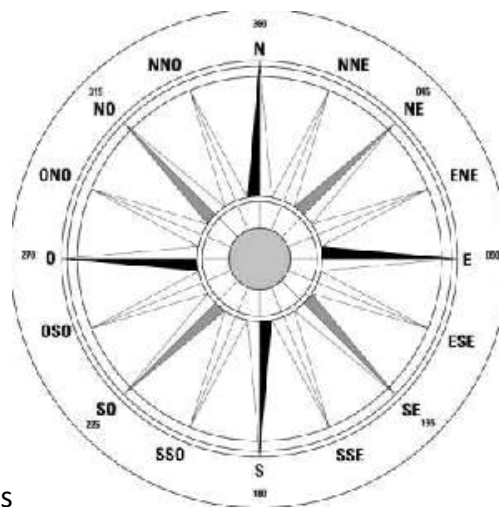






**Tracé du profil topographique:** sur le croquis, il s'agit de la ligne joignant les points de différentes altitudes qui correspondent aux courbes de niveau traversées par le segment A-B sur la carte. Sur le profil, la ligne devrait être fine et noire contrairement à l'exemple ci-dessus.

**Orientation du profil :** pour l'orientation du profil se reporter à la « rose des vents »; il faut la dessiner sur un papier transparent, cette rose doit être placée au centre de la coupe de façon que la direction NS soit parallèle au méridien le plus proche du trait de coupe (Nord de la carte).



Rose des vents

**Titre du profil:**

Au-dessus et au centre du croquis, indiquez le nom de la région, de la localité, du projet, du lieu ou encore du relief représenté (ex: Topographie de la région du lac Bleu).

**Identification des éléments du paysage:** Indiquez les points de départ et d'arrivée du profil (ex: A - B) ainsi que les points de repères soit, les éléments du paysage croisés par le tracé sur la carte (ex: rivière, lac) sans toutefois surcharger le croquis. On pourra ajouter, au besoin, des éléments descriptifs des reliefs, des formes de surface, des éléments humains, d'aménagement, etc.