

sera sur une certaine parallèle dont la cote indiquera le logarithme du produit. Mais au lieu de coter les droites au moyen des logarithmes, nous pourrions prendre pour cotes les nombres eux-mêmes.

En prenant alors sur les axes des échelles logarithmiques, le point d'abscisse 3 et d'ordonnée 2, on devra se trouver sur la droite cotée 6.

C'est ainsi qu'on a pu construire un certain nombre d'abaques permettant d'opérer rapidement différents calculs.

Enfin, nous pouvons employer les lignes de niveau pour la résolution des équations :

$$z = f(x, y)$$

$$z = F'(x, y)$$

Ces deux surfaces donneront deux systèmes de lignes de niveau que nous rapporterons aux mêmes axes. — Les coordonnées des points de rencontre des lignes de niveau de même cote sont les valeurs de x et de y auxquelles correspondent pour z les solutions communes.

On utilise encore les surfaces topographiques dans la représentation de certains lois naturelles.

Éléments de Topographie.

Définition de la Topographie. — La Topographie est l'art de construire et de dessiner, au moyen de certaines conventions, une représentation exacte d'une portion de la surface de la terre avec tous les objets naturels ou artificiels qui s'y rencontrent. Le dessin topographique est une figure semblable à la projection horizontale du terrain.

Échelle. — L'échelle est le rapport constant qui existe entre les longueurs horizontales sur le terrain et leurs homologues sur le plan.

Dans le dessin on traduit ce rapport par une ligne droite à laquelle on donne par extension le nom d'échelle et sur laquelle est figurée une série de longueurs égales à l'unité, réduite à l'échelle du plan. Nous avons indiqué plus haut sa construction.

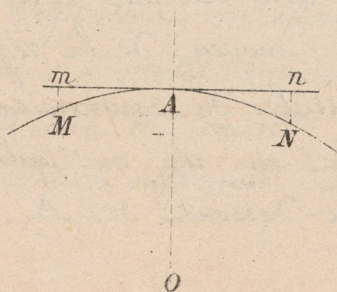
L'Echelle détermine les détails à représenter et les procédés de lever.

On admet, que sur un dessin, une longueur de $\frac{1}{8}$ de millimètre est inappréciable à l'œil. Par conséquent, il sera inutile de s'inquiéter dans un lever, des objets dont les dimensions, réduites à l'échelle du dessin auront moins de $\frac{1}{8}$ de millimètre. Il sera de même inutile d'employer pour les lever, des instruments dont les longueurs, à une quantité près qui, réduite à l'échelle du plan, sera inférieure à $\frac{1}{8}$ de millimètre.

Par un calcul bien simple, il est facile de déterminer les erreurs que l'on peut, suivant l'échelle, commettre sans inconvénient, soit sur une longueur soit sur un angle, et de choisir, en conséquence, les instruments plus ou moins expéditifs dont on pourra se servir dans le lever.

Méthode de Projection. — On n'emploie que la projection horizontale et les côtes sont indiquées par des nombres, écrits près des points ou des courbes de niveau que l'on veut coter.

En topographie, la portion MN de la surface de la terre que l'on veut représenter est toujours assez restreinte, et voisine du plan tangent mn mené à la terre au point moyen A de cette région. C'est le plan tangent qui est pris comme plan de projection. Les projetantes telles que Mm, Nn sont donc parallèles à la verticale AO du point moyen A. Le dessin topographique est donc une réduction à



l'horizon des côtes et des angles qu'on obtiendrait en joignant par des droites les points caractéristiques du terrain.

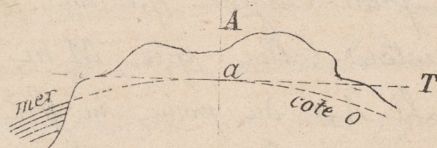
La géodésie a donné les points dits

de 1^{er} ordre, sommets de très-vastes polygones formant le réseau géodésique d'une contrée.

Dans ce réseau géodésique, on opère une nouvelle triangulation, à mailles plus serrées, avec des sommets dits de 2^e ordre, bien choisis, faciles à voir et à retrouver et ayant des garanties de longue durée. C'est alors que dans ces triangles de 2^e ordre on vient opérer topographiquement en projetant sur le plan tangent au point moyen de ces triangles. Cette opération topographique nécessite le choix de nouveaux points dits de 3^e ordre, et la création de nouveaux triangles; mais on les relève à l'aide de procédés plus expéditifs, dans le détail desquels nous n'entrerons pas, car ils feront l'objet d'un cours spécial.

Il est même facile de voir que si la plus grande dimension du polygone qui fait l'objet de la carte topographique n'excède pas 100 kilomètres, et si on en fait le dessin à l'échelle de $\frac{1}{20.000}$, les erreurs maxima de niveau Mm commises en supposant la terre exactement plane dans cette étendue, erreurs ramenées à l'échelle, ne dépassent pas l'erreur de $\frac{1}{8}$ de millimètre que l'on commet involontairement dans le dessin de la carte.

Planimétrie - Nivellement. — La Planimétrie est la réduction à l'horizon des longueurs et des angles du terrain. — Le nivellement a pour but de déterminer les hauteurs relatives des différents points au-dessus d'un même plan horizontal de comparaison.



On prend pour surface de comparaison la surface du niveau moyen des mers prolongée par la pensée à travers les terres jusqu'au-dessous de la verticale Aa qui passe par le point moyen de la région que l'on veut représenter. Le plan horizontal de comparaison, de cote 0, est donc le plan aT , tangent en a , au sphéroïde de mer moyenne supposée prolongé jusqu'au-dessous de A .

Les procédés de nivellement seront indiqués dans un cours spécial.

Lignes de niveau — Lignes de pente — Equidistance.

Le terrain une fois relevé et nivelé, est figuré à l'aide de ses lignes de niveau et souvent aussi à l'aide de lignes de pentes plus ou moins espacées, comme nous le dirons plus loin.

Les lignes de niveau ont des différences d'altitude qui sont constantes, et ces différences d'altitude se nomment l'Equidistance.

Cette équidistance doit évidemment varier avec l'échelle du dessin, et lui être pour ainsi dire inversement proportionnelle.

Ordinairement, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, l'équidistance est de 10 mètres.

On nomme Equidistance graphique la longueur vraie qui, à l'échelle du dessin représenterait l'équidistance réelle de deux courbes de niveau successives.

Ainsi, par exemple, à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$, si l'équidistance vraie est de 10 mètres, l'équidistance graphique sera $10 \times \frac{1}{10.000} = 0^m.001$ soit 1 millimètre.

Soient A et B deux points dans l'espace, situés sur deux courbes de niveau successives, et par conséquent dont les cotes diffèrent de 10^m ; si la ligne AB est inclinée à 45° , c'est-à-dire à une pente $p = \frac{100}{100}$, les points a et b, en projection, seront à 10^m en réalité, et en dessin à $0^m.001$.

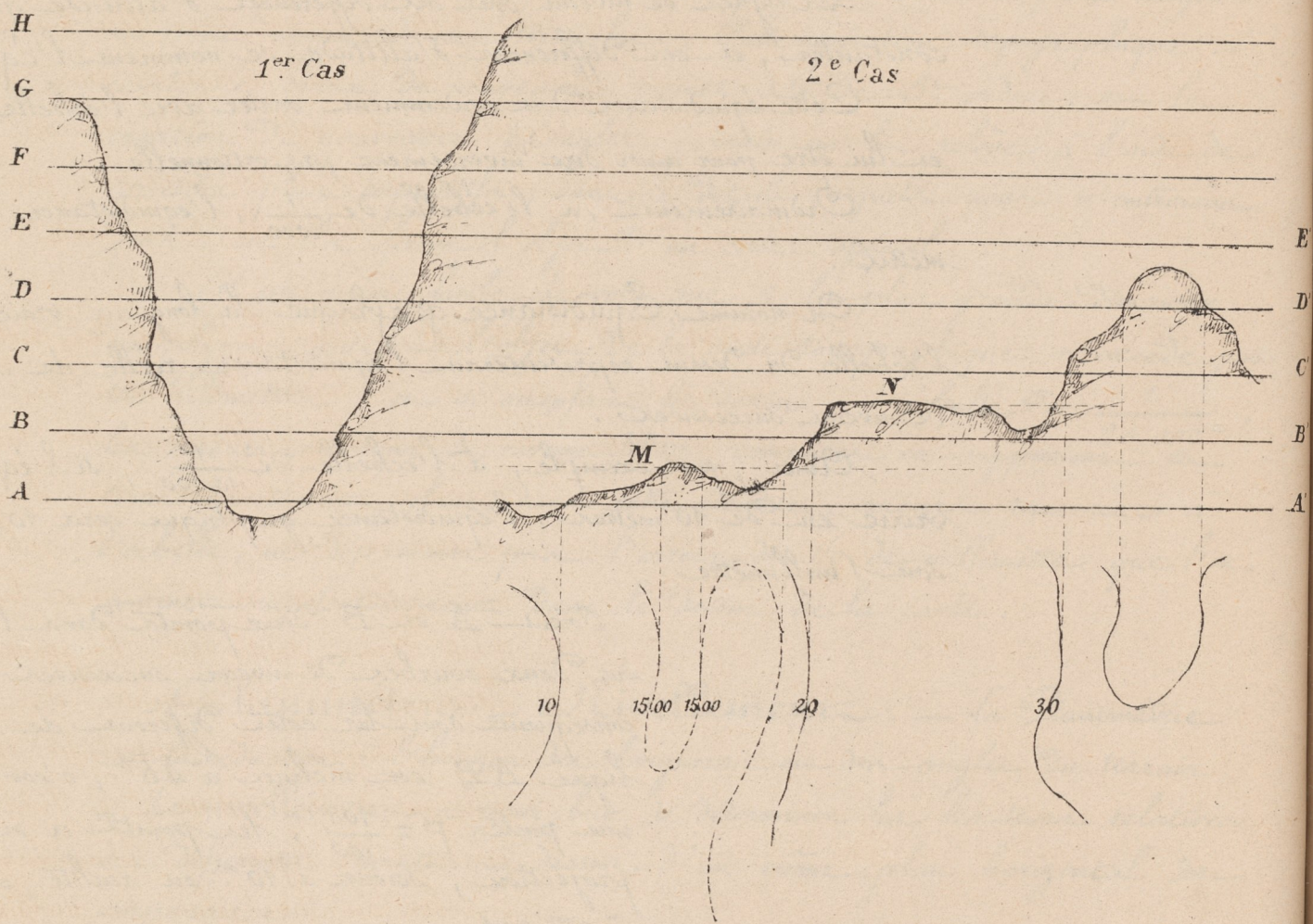
La longueur ab sera donc égale à l'équidistance graphique.

Il en est de même, où dans une même carte, il faut adopter des équidistances différentes suivant les régions que l'on veut représenter.

Supposons en effet (1^{er} Cas) que nous ayons une région montagneuse, à pentes rapides. Si l'on fait des sections horizontales A, B, C, D, de 10^m en 10^m , par exemple, on rendra compte d'une manière bien suffisante de tous les mouvements de terrain, et de

plus, les courbes, en projection, seront tellement rapprochées qu'en les multipliant davantage on arriverait à la confusion.

Prenons les mêmes plans horizontaux $A'B'C'$,... dans une région plus plate (2^e Cas). Nous aurons des pics de terrain, tels que M, N ,... qui échapperont aux plans sécants et qui ne seront pas accusés sur la carte.



On devra donc dans ce second cas intercaler des courbes de 5^m en 5^m et même de 2^m 50 en 2^m 50, mais seulement dans les parties peu accidentées, ou, d'ailleurs les lignes principales, celles de 10^m en 10^m sont largement espacées. On tracera ces lignes intercalaires, soit en ponctué, soit en traits discontinus pour éviter la confusion.

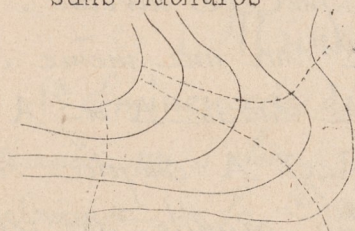
Le Dépôt de la Guerre, en France, a adopté pour l'équidistance vraie dans les levés, les nombres suivants, donnant les équidistances graphiques suivantes :

à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$	2 ^m . 50	—	équidistance graphique = $\frac{2.50}{10.000} = 2^{mm} 5$
$\frac{1}{20.000}$	5 ^m . 00	—	id = $\frac{5^m}{20.000} = 2^{mm} 5$
$\frac{1}{40.000}$	10 ^m . 00	—	id = $\frac{5^m}{40.000} = 2^{mm} 5$

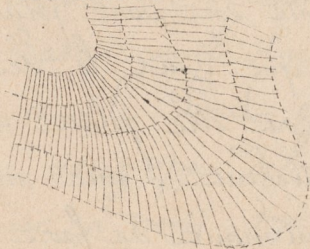
Avec ces conventions, on voit que l'équidistance vraie est prise égale à $\frac{1}{4000}$ du dénominateur de la fraction qui représente l'échelle et que l'équidistance graphique est la même pour toutes les cartes faites d'après ce principe, de telle sorte que sur tous les levés du dépôt de la Guerre, une pente de 45° est marquée par une distance horizontale de 2^{mm} 5 comptée sur la carte. On verrait facilement que dans ce système une même pente est marquée par une même distance horizontale quelle que soit l'échelle de la carte.

Dessin des Cartes. Dans le dessin des cartes topographiques on utilise à la fois les lignes de niveau et les lignes de plus grande pente. Les premières suffisent pour tous les travaux des Ingénieurs. Les secondes servent à donner plus de relief au dessin; mais alors on ne trace pas les lignes de pente dans toute leur longueur et on les interrompt à la rencontre des horizontales, ce qui dispense de représenter ces dernières par un trait continu. Ainsi réduites, ces portions de lignes se nomment hachures. En les servant plus ou moins ou en les faisant plus ou moins épaissies, on peut produire avec leur aide des effets d'ombre et de lumière, donnant du relief au dessin.

Lignes de niveau
sans hachures



Hachures



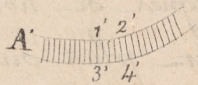
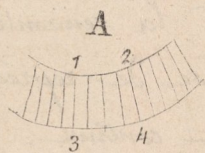
Lumière oblique et lumière zénithale. — Deux systèmes sont adoptés pour l'éclaircissement conventionnel du terrain. Dans le premier, qui est le système de la Lumière oblique, on suppose les rayons lumineux obliques inclinés à 45° sur le plan horizontal, et arrivant de l'angle gauche supérieur du cadre. Ce

système donne beaucoup de relief au dessin; mais il a l'inconvénient d'être difficile à exécuter et de ne pas permettre à première vue, l'appréciation exacte des pentes, puisque sur la même carte, le même mouvement de terrain peut être représenté par des intensités de teintes très-différentes suivant le sens où il est dirigé par rapport aux rayons lumineux.

Dans le second système, du de la Lumière Zénithale, on suppose que les rayons lumineux sont verticaux: De cette façon, deux surfaces également inclinées, seront éclairées de la même manière, quelle que soit leur position sur le terrain. Les surfaces horizontales seront les plus blanches, et les surfaces inclinées seront grises ou noires.

En admettant qu'une pente inférieure à $\frac{1}{64}$ est considérée comme horizontale, et que tout terrain plus roide que $\frac{1}{64}$ est considéré comme escarpement et figuré d'après un mode particulier.

La grosseur à donner aux hachures et leur espacement sont variables suivant les pentes: Elles sont fonction de la distance qui sépare deux lignes de niveau.



Soient sur une même carte deux séries de lignes de niveau A et A'. — La distance des deux premières A comptée sur la ligne de pente 1.3. est plus grande que celle des deux autres A'. — La pente est donc plus douce dans le premier cas que dans le second, par suite la teinte en A doit être plus claire qu'en A'.

On arriverait d'une manière simple à réaliser ces nuances, en convenant de faire les hachures d'un trait égal, dans tous les cas, mais de les espacer d'une façon constante (du quart par exemple) de la distance 1-3, ou 1'-3'.

Dans les dessins expéditifs on se conforme à cette convention. Dans la gravure des cartes, on convient en outre de grossir le trait quand les hachures sont rapprochées. — Cela peut se faire soit

au sentiment, soit en se conformant à des modèles établis une fois pour toutes et auxquelles on donne le nom de *Diapason* de hachures.

Emploi du Lavis. — Dans les minutes on laisse subsister le trait des lignes de niveau et on fait les teinter au lavis, ce qui va plus vite et surcharge beaucoup moins la carte.

Signes conventionnels. — Dans les cartes à petite échelle, les détails que l'on veut représenter seraient, le plus souvent, à cause de leurs dimensions restreintes, très-difficiles à figurer. Il faut ou bien les grandir ou bien les représenter par un signe conventionnel. On trouve ces signes dans tous les traités de topographie, et dans l'instruction sur la lecture des cartes, publiée par le Ministère de la Guerre. On y trouve également les conventions faites pour figurer sur une carte les divers genres de cultures (bois - forêt - prairies, etc.)

Mouvements de Terrain.

1°. Eminences de la terre. — Une Montagne est une masse de terrain qui s'élève considérablement au-dessus du sol environnant. Le Sommet ou la Cime, en est la partie la plus élevée. Les Flancs de la montagne sont les pentes qui en descendent. La Base est le plan ou la plaine, peu incliné, sur lequel elle repose, et le Pied est le périmètre de ce plan, c'est-à-dire la ligne assez peu définie d'ailleurs qui sert de passage entre la base à pente douce de la montagne, et les flancs à pente plus rapide.

Un Plateau est une plaine plus ou moins étendue située sur une montagne.

Un Monticule est une petite montagne. — Les plus petits prennent le nom de Butte ou mamelon.

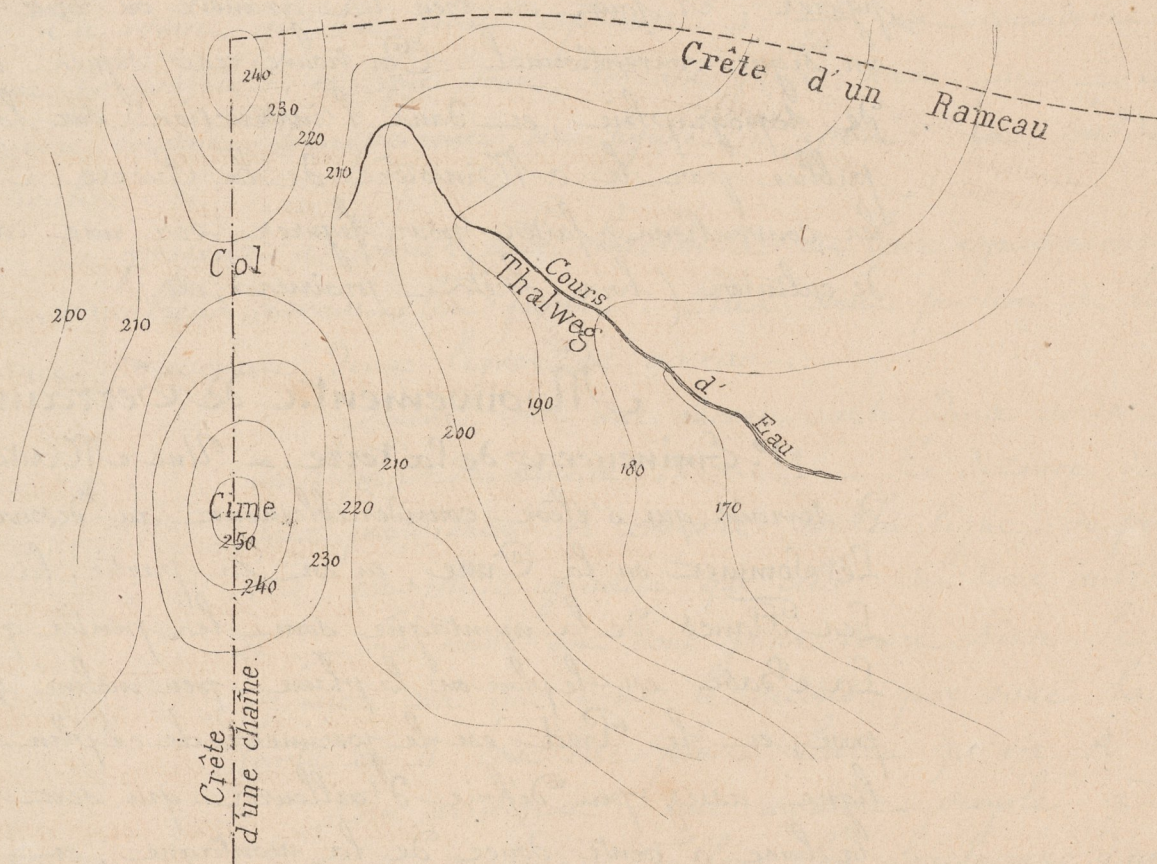
Lorsque la cime d'une montagne est arrondie elle forme un Dôme. — Si ses pentes sont abruptes, on la nomme Pic;

si elle forme une pointe aigüe très-élançée, on lui donne le nom d'Aiguille.

Les montagnes forment ordinairement des séries, que l'on nomme Chaînes de Montagnes, qui s'étendent dans des directions déterminées et jettent des ramifications à gauche et à droite.

Le faite d'une chaîne est la ligne qui passe par les crêtes et par les sommets de toutes les montagnes qui la composent.

Les flancs forment les Versants de la chaîne. En se déplaçant sur le faite d'une chaîne, on trouve alternativement des élévations qu'on nomme Cimes et des abaissements qu'on nomme Col.



Aux environs des Cimes, la surface du sol est convexe. Aux environs des Col elle est à courbures opposées. Les formes affectées par les courbes de niveau sont analogues à celles qui sont dessinées sur le croquis ci-dessus.

Les versants d'une chaîne forment des surfaces très-ondulées,

et dont la pente est très-variable. Ordinairement, la pente moyenne d'un des deux versants est plus petite ou plus grande que l'autre.

Le faite d'une chaîne forme la ligne de séparation ou de partage des eaux, qui, coulant de part et d'autre des deux versants, se rendent dans deux rivières différentes.

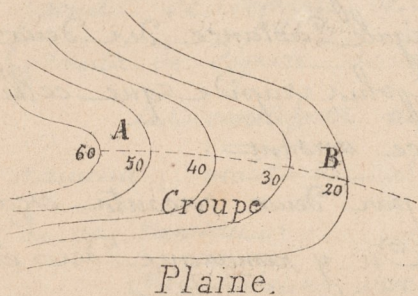
Chaque Cime est le point de départ de deux chaînes secondaires, coupant transversalement la première et qui prennent des directions opposées. — Ces chaînes secondaires se nomment Rameaux : chaque col est le point de départ de deux vallées opposées.

Des rameaux, partent encore de nouvelles ramifications que l'on nomme des contreforts ou éperons.

Un rameau est même un contrefort qui a une certaine longueur peut être considéré comme une chaîne simple, car il présente alternativement des cols et des cimes.

Lorsqu'un rameau, en se prolongeant, n'atteint plus une grande élévation, on lui donne le nom de Colline.

Lorsqu'un rameau ou un contrefort se termine sur une plaine, il y a en ce point deux versants qui se rencontrent comme les deux pentes d'un toit. La surface convexe ainsi formée se nomme une Croupe.



Les lignes de niveau y sont disposées comme l'indique le croquis ci-contre. Il existe à son extrémité une ligne de pente AB, dont la pente est plus petite que celle de toutes les autres.

2°. **Dépressions de la Terre.** — Les rameaux qui se détachent de la chaîne principale, les contreforts et les éperons qui se détachent des rameaux, laissent entre eux des intervalles ou dépressions plus ou moins considérables que l'on nomme vallées, vallons, défilés, gorges, ravins, plis de terrain.

Une vallée est la dépression répondant à deux chaînes

principales. Le vallon est celle qui sépare deux rameaux ou deux contreforts, etc... Les défilés ou gorges sont des vallées étroites et dont les flancs sont escarpés. — Les ravins sont des excavations prolongées, à pentes rapides, et qui ont été creusées par les eaux. — Les pluies sont des excavations dont la profondeur est peu sensible.

Les flancs ou versants des collines, rameaux ou contreforts qui laissent entre eux ces dépressions, se nomment aussi les flancs ou versants de la vallée, du vallon, etc... — La ligne d'intersection plus ou moins sinuée que forment en bas les flancs ou les versants, et que suivent les eaux se nomme le Thalweg.

Toutes ces éminences ou dépressions de la terre suivent dans leurs positions relatives certaines lois que nous indiquerons :

1°. On remarquera que toutes les fois que d'un côté d'une vallée ou d'un vallon, une croupe forme un avancement dans la vallée, avancement que l'on nomme Angle saillant, on voit, vis-à-vis et de l'autre côté un enfoncement, que l'on nomme Angle rentrant. Cette règle ne reçoit d'exception que dans les vallées d'une très-grande largeur.

2°. Si ces deux versants sont en pente douce, la vallée est en général très-évasée et régulière dans son cours; le Thalweg se trouve à peu près à égale distance des deux versants. — Si la pente d'un versant est plus rapide que celle de l'autre, le Thalweg se rapproche de ce versant.

Les vallées formées par deux versants escarpés sont en général étroites et irrégulières. On y remarque des élargissements et des rétrécissements.

La courbe du Thalweg présente un grand nombre d'inflexions, mais elle se rapproche toujours du côté le plus escarpé.

Les plaines sont de grands espaces qui paraissent horizontaux, quoiqu'ils ne le soient jamais rigoureusement. Le sol en est toujours plus ou moins accidenté. On y remarque de légères saillies formant des arêtes de partage, et de légères dépressions.

dans lesquelles serpentent souvent des ruisseaux.

Lorsque ces saillies ont une pente un peu prononcée, on les nomme des coteaux; lorsqu'elle est faible on les nomme riedeaux.

Examen des hauteurs, - des versants, - des basses plaines et des cours d'eau

1°. Les Hauteurs. - Si l'on chemine sur la crête d'une chaîne principale dont les flancs forment les demi-versants des vallées de deux fleuves se jetant dans la mer, on trouve alternativement des cimes et des cols. - En s'approchant de la mer, la hauteur des cimes et des cols va en diminuant, et la ligne de crête semble s'enfoncer dans la mer. Elle se continue sous les eaux; et le point où elle se perd forme un Cap.

Revenant sur la crête de la chaîne principale, on voit de toutes les cimes, partir à gauche et à droite de nouvelles crêtes répondant à des rameaux, tandis que les cols sont le point de départ des lignes de thalwegs des vallées latérales, au fond desquelles serpentent des rivières destinées à se jeter dans l'un des fleuves qui répondent aux flancs de la grande chaîne.

Si l'on chemine sur la crête de ce rameau, on retrouve alternativement un col, une cime, un col etc. - Les cimes sont les points de départ des contreforts de ce rameau; et les cols les points de départ de nouveaux thalwegs.

Les contreforts ne sont pas ordinairement perpendiculaires au rameau, mais ils s'infléchissent et convergent vers l'aval de ce rameau.

Cheminant sur les contreforts, on retrouve encore des cols et des cimes, et servant de départ à des éperons et à des thalwegs de 4.^e ordre et ainsi de suite.

Les chaînes viennent se terminer à la mer et y forment des Caps. Les rameaux se terminent près du fleuve et y forment des Croupes; les contreforts, près de la rivière, les éperons près des affluents de la rivière etc et forment toujours

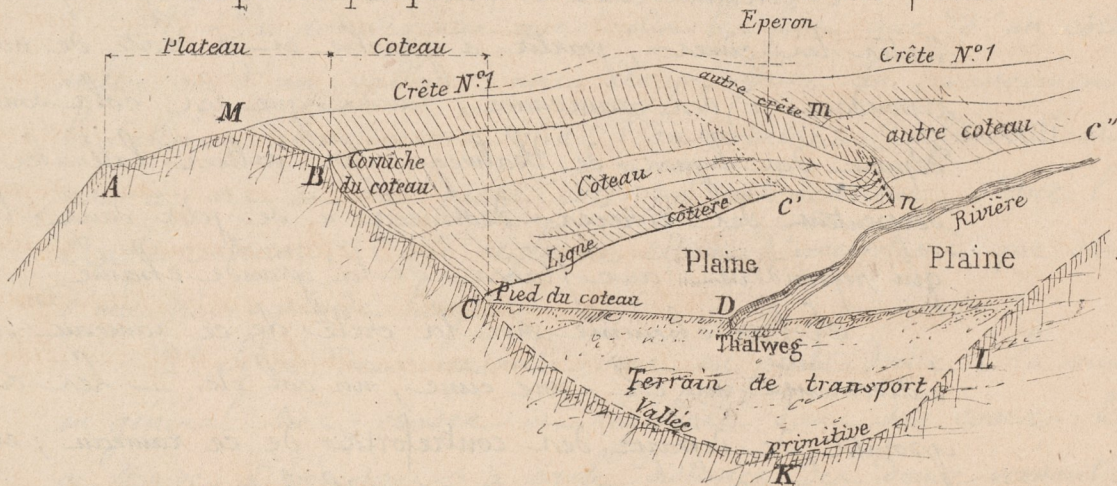
des croupes plus ou moins importantes.

2°. Les Versants. — Un versant est le flanc d'une montagne ou colline. Sa pente se compose ordinairement de trois parties qui sont : le Plateau, le Coteau, la Plaine.

Le Plateau (voir la coupe ci-contre) est la plaine située sur la montagne. Il n'est pas horizontal et est divisé par une crête de partage, M, qui peut être plus près d'une des limites A ou B du plateau et même se confondre avec l'une d'elles.

Le Coteau est la partie la plus rapide du versant ; il est limité en haut par le bord inférieur A du plateau. On nomme cette ligne la Corniche du coteau ; en bas il est limité en C par la plaine.

Coupe et perspective d'un coteau et d'une plaine.



La ligne C se nomme le pied du coteau. Latéralement le coteau se retourne le long de deux éperons ou de deux contreforts, et vient se terminer sur la ligne de crête mn d'une croupe.

Les pieds de tous les coteaux qui peuvent exister dans le bassin d'une rivière ne forment qu'une seule et même ligne C. C'. C''... qui se nomme la Ligne Côtère de la vallée de cette rivière.

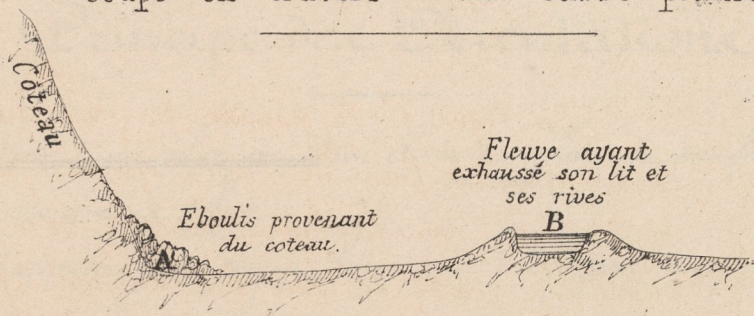
La Plaine d'un versant est la portion de ce versant qui s'étend depuis la ligne cotière jusqu'au thalweg.

3°. Les basses plaines. — Les basses plaines actuelles sont ordinairement formées par des terrains de transport, qui y ont été déposés soit par les eaux des rivières et des torrents pendant les crues, soit par les eaux de la mer pendant leur séjour sur nos continents. Les vallées primitives s'enfonçaient davantage que les vallées actuelles et possédaient des plaines moins étendues.

Le profil en travers des plaines se modifie journellement. A chaque pluie torrentielle, le terrain des coteaux est entraîné dans la plaine et précipité par petites quantités vers le thalweg, ce qui tend à donner à la plaine deux pentes transversales descendant de la ligne côtière vers le thalweg. — D'un autre côté, à chaque crue de la rivière, du limon se dépose sur son fond et sur ses rives que cela exhausse. Après un certain nombre d'années ces effets d'exhaussement des rives est tellement sensible que le cours d'eau se trouve placé sur la partie la plus élevée de la plaine. Rompant alors ses digues, il quitte ce faîte qui n'est plus son vrai thalweg, et va dans la partie la plus basse se creuser un nouveau canal.

Le profil en long des basses plaines est très-variable. La plus forte pente est ordinairement vers son origine. — Certaines vallées ont des pentes en long alternativement rapides et douces, répondant à des étranglements et à des élargissements des deux coteaux. D'autres ont des pentes en long assez régulières.

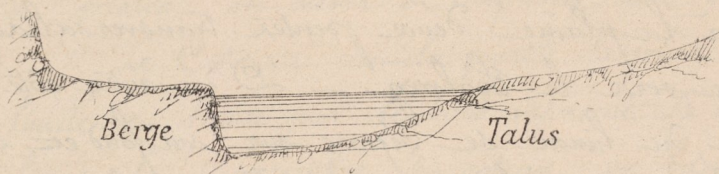
Coupe en travers d'une basse plaine.



4°. Les Cours d'eau. — Tout fleuve, toute rivière et tout ruisseau a un bassin, une source, un lit, des berges, des talus, une droite, une gauche, un amont, un aval, un confluent.

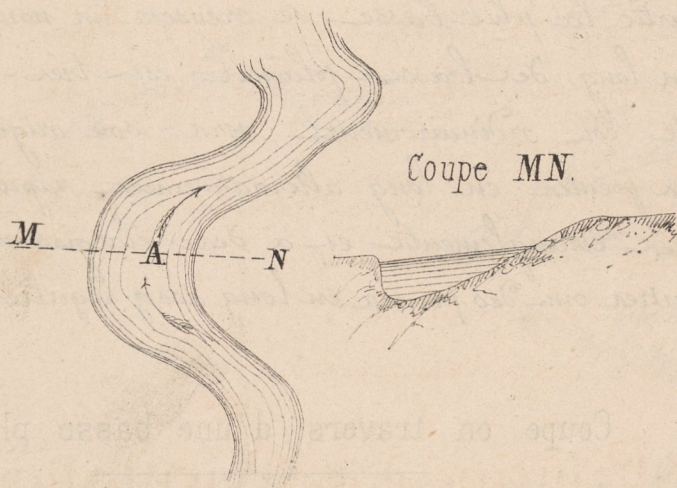
On connaît le sens de ces divers mots. — Rappelons que le lit d'une rivière est le canal dans lequel coulent les eaux en temps normal et dont elles ne sortent que lors de leurs débordements. Les berges sont la partie de ses bords qui est verticale. Les talus sont celles qui sont en pente douce.

Le lit est ordinairement limité par une berge d'un côté et par un talus de l'autre.



Le plus souvent, le cours d'une rivière est très-sinueux. Il l'est d'autant plus que la pente est plus faible et que la vallée est plus large.

Lorsqu'une rivière présente un coude en A, la paroi du lit



M qui est concave est en berge; — l'autre, N, est en talus. Cela tient à ce que les eaux, en vertu de la vitesse acquise corrodent la paroi M, qu'elles rencontrent avec plus de vitesse que N, tandis que sur la partie convexe N elles déposent les matières qu'elles tiennent en suspension.