A

COLLECTION D'OUVRAGES CLASSIQUES

RÉDIGÉS EN COURS GRADUÉS

CONFORMÉMENT AUX PROGRAMMES OFFICIELS

MANUEL D'ARPENTAGE

POUR

LES ÉCOLES PRIMAIRES

PAR UNE RÉUNION DE PROFESSEURS

TOURS	PARIS
MAISON A. MAME & FILS	Vve CH. POUSSIELGUE
IMPRIMEURS-ÉDITEURS	LIBRAIRE RUE CASSETTE, 15

ET CHEZ LES PRINCIPAUX LIBRAIRES

N° 196

ENSEIGNEMENT PRIMAIRE SUPÉRIEUR

MANUEL
D'ARPENTAGE

POUR LES ÉCOLES PRIMAIRES

PAR

UNE RÉUNION DE PROFESSEURS

TOURS
MAISON A. MAME & FILS
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

PARIS
J. DE GIGORD
RUE CASSETTE, 15

ET CHEZ LES PRINCIPAUX LIBRAIRES

PRÉFACE

Le livre des *Éléments de Topographie*, qui fait partie de notre *Cours de mathématiques élémentaires*, est spécialement destiné aux jeunes gens qui se préparent aux fonctions de conducteurs des ponts et chaussées, de conducteurs de travaux, chefs de sections, etc.

Comme cet ouvrage est trop étendu pour la plupart des élèves des écoles primaires, nous avons pensé qu'il convenait de leur offrir un livre beaucoup plus élémentaire.

Le présent *Manuel d'arpentage* renferme ce qui est nécessaire aux premières études. Les élèves qui voudront développer leur instruction sur ce point pourront consulter l'ouvrage plus complet auquel celui-ci sert avantageusement de préparation.

TABLE DES MATIÈRES

TROISIÈME PARTIE

NIVELLEMENT

APPENDICE

Notes

INTRODUCTION

L'arpentage, le levé des plans et le nivellement sont avant tout des sciences pratiques.

S'il est indispensable que les diverses opérations à faire sur le terrain et les instruments dont on doit se servir soient préalablement l'objet d'une étude sérieuse et de démonstrations au tableau noir, il ne l'est pas moins que l'élève applique sur le terrain les principes qui lui ont été exposés, et manie des instruments qu'il ne connaîtra parfaitement qu'après un assez long usage.

Nous aurions pu indiquer après chaque chapitre, sous forme de résumé, les exercices pratiques qu'il conviendrait de faire sur le terrain ; mais nous croyons devoir borner nos indications aux chapitres II et III de la première partie. Il sera facile de suivre une marche analogue pour le levé des plans et pour le nivellement.

Après l'étude du chapitre II, on pourra faire les exercices suivants sur le terrain :

1. Jalonner une direction entre deux points avec le secours d'un aide (nº 17).

2. Jalonner une direction entre deux points à l'aide de l'équerre (nº 22).

3. Prolonger un alignement (nº 23).

4. Jalonner un alignement et élever plusieurs perpendiculaires en des points pris sur cet alignement (nº 36).

5. Jalonner un alignement et mener des perpendiculaires passant par des points donnés hors de l'alignement (nº 38). (Cet exercice devra être répété plusieurs fois.)

6. Sur un alignement, mener une ligne inclinée à 45° et passant par un point donné hors de l'alignement (nº 37).

7. Chercher le point de rencontre de deux alignements (nº 27).

8. Jalonner et mesurer un alignement en pente (nº 30).

9. Tracer un alignement entre deux points séparés par un obstacle (n° 24).

10. En deux points A, B d'un alignement, élever deux perpendiculaires AC et BD; vérifier si l'écartement CD est égal à la distance AB.

11. Tracer un alignement et ensuite un deuxième, parallèle au premier et distant de 30 mètres, à l'aide de deux perpendiculaires sur le premier alignement.

12. Tracer un alignement CD parallèle à un alignement AB en se servant de deux lignes parallèles inclinées à 45°.

Le chapitre III résume les différents procédés élémentaires d'arpentage ; il forme un petit traité suffisant pour les jeunes gens qui ne peuvent consacrer qu'un temps limité à l'étude de l'arpentage.

On devra faire de nombreux exercices pratiques d'arpentage à la chaîne et à l'équerre; nous en indiquons ici quelques-uns ; on pourra les varier et en augmenter le nombre selon les besoins.

1. Arpenter un champ de 4 côtés, en le décomposant en triangles (n° 51).

2. Arpenter un champ ayant plus de 4 côtés, en le décomposant en triangles (n° 52).

3. Arpenter un terrain ayant 4 côtés par alignement, en prenant un des côtés comme directrice.

4. Arpenter un terrain ayant plus de 4 côtés par la méthode des alignements (n° 59).

(On répétera plusieurs fois ce dernier exercice.)

5. Arpenter un terrain d'une grande étendue en inscrivant un rectangle (n° 62).

6. Arpenter un terrain en lui circonscrivant un polygone (n° 63).

7. Arpenter un terrain limité par une ligne courbe en employant les diverses méthodes (n°s 67, 68, 69).

(Comme exercice, les élèves peuvent calculer la surface des figures 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51; ils disposeront les calculs en forme de tableau.)

On doit bien se convaincre que la pratique seule peut former un habile arpenteur.

Pour que les exercices d'arpentage soient utiles, il est nécessaire que chaque élève opère successivement avec les divers instruments, et prenne en note, sur un croquis bien fait, toutes les opérations effectuées.

Le croquis doit ressembler le plus possible au plan du terrain qu'on lève. Le report est ainsi rendu très facile.

PREMIÈRE PARTIE

ARPENTAGE

CHAPITRE I

INSTRUMENTS D'ARPENTAGE

1. — **L'arpentage** est l'art de mesurer la superficie d'un terrain.

2. — En arpentage on emploie ordinairement les instruments suivants : les **jalons**, la **chaîne**, les **fiches** et **l'équerre d'arpenteur.**

3. **Jalons.** — Les **jalons** (fig. 1) sont des tiges de bois de $1^m,50$ à 2^m de longueur, et de 3 à 4 centimètres d'épaisseur.

Pour qu'un jalon puisse être aperçu d'assez loin, on le divise en trois parties égales : le premier et le troisième tiers sont peints en blanc, et l'intermédiaire est peint en rouge.

Pour les grands alignements, on ajoute à la partie supérieure une planchette nommée *voyant*, que l'on remplace parfois par une simple feuille de papier insérée dans une fente au bout du jalon.

L'extrémité inférieure du jalon est ferrée, afin qu'elle puisse plus facilement pénétrer dans le sol.

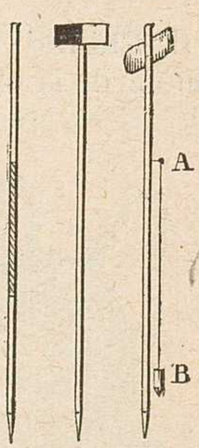


Fig. 1. — Jalons.
AB. Fil à plomb.

On doit planter les jalons verticalement. Lorsqu'on veut opérer avec une grande exactitude, on s'aide du fil à plomb (fig. 1, AB).

4. Chaîne d'arpenteur. — La **chaîne d'arpenteur** (fig. 2), appelée aussi *décamètre*, est une mesure de longueur de 10 mètres, composée de cinquante chaînons en gros fil de fer,

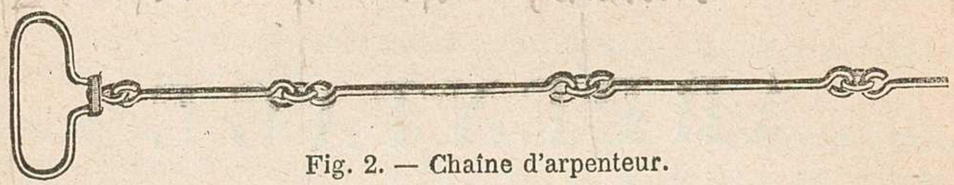


Fig. 2. — Chaîne d'arpenteur.

dont le premier et le dernier sont terminés par une poignée; ces chaînons sont réunis bout à bout par des anneaux de même métal.

Un chaînon et la moitié des deux anneaux adjacents égalent 20 centimètres. Chaque poignée, avec le chaînon qui l'accompagne et la moitié de l'anneau qui suit, a aussi une longueur de 20 centimètres. Des anneaux en cuivre marquent les mètres; le milieu de la chaîne est indiqué par une petite tige de fer.

5. Vérification de la chaîne. — La traction continuelle qu'on exerce sur la chaîne pour la tendre ouvre les anneaux et les boucles des chaînons et fait varier sa longueur. Il convient donc de vérifier fréquemment la chaîne d'arpenteur. Pour cela, on la compare à une ligne droite de 10 mètres de longueur, préalablement mesurée avec soin sur un plan horizontal.

6. Chaîne Tranchart. — La **chaîne Tranchart** (fig. 3) diffère de la chaîne ordinaire par la substitution du fil d'acier

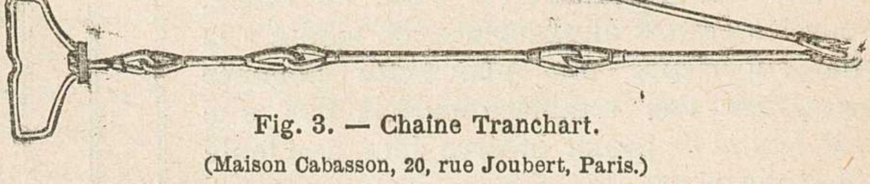


Fig. 3. — Chaîne Tranchart.

(Maison Cabasson, 20, rue Joubert, Paris.)

au fil de fer et par la suppression des anneaux de liaison des chaînons. Elle est plus légère et ne subit d'autres variations de longueur que celles dues à la température. La forme spéciale donnée aux boucles qui terminent les chaînons empêche complètement la formation des nœuds.

7. **Décamètre-ruban.** — Le **décamètre-ruban** est un ruban

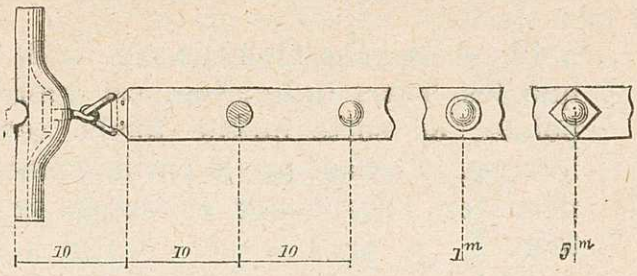


Fig. 4. — Décamètre-ruban en acier.

d'acier de 10 mètres de longueur ; il est terminé par deux poignées creusées de deux canaux semi-circulaires, un dans la longueur et l'autre suivant l'épaisseur.

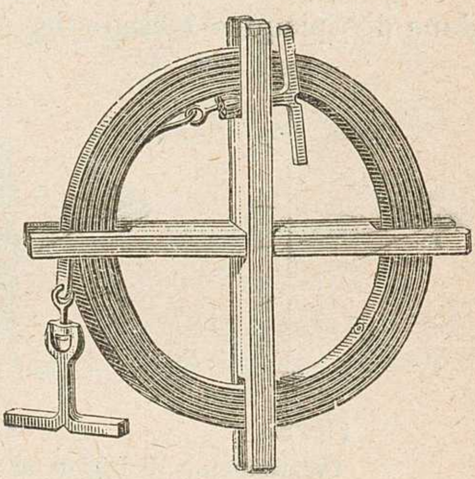


Fig. 5. — Décamètre-ruban.

Ce décamètre est divisé en mètres et en décimètres. Les mètres y sont indiqués par des rivets de cuivre, et les décimètres alternativement par des ouvertures circulaires et par de tout petits rivets de cuivre. Le milieu du décamètre est marqué par un rivet portant une petite plaque carrée.

8. **Roulette.** — La **chaîne de poche**, ou **roulette** (fig. 6), est un ruban étroit de toile, que l'on enroule autour d'un axe. Ce décamètre est plus commode que les précédents, mais il offre peu de précision, car l'usage et l'humidité en modifient notablement la longueur. Il sert pour mesurer des longueurs de peu d'étendue, et sur lesquelles les erreurs ne peuvent être que fort minimes.

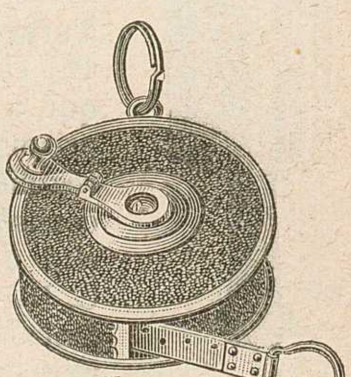


Fig. 6. — Roulette.

9. **Fiches.** — Les **fiches** (fig. 7) sont des **tiges de fer de 20 à 40** centi-

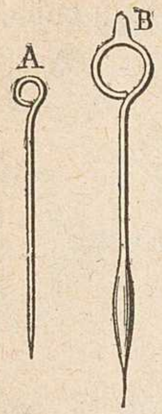


Fig. 7.
Fiches.

mètres de longueur; elles sont recourbées en anneau à l'une de leurs extrémités.

aguja

10. — La **fiche plombée** (fig. 7, B), plus forte que les fiches ordinaires, est renflée vers la pointe, de sorte qu'elle tombe verticalement lorsque, la tenant par la partie amincie de l'anneau, on l'abandonne à l'action de la pesanteur.

Plan de mira o plano visual.

11. **Plan de visée.** — On nomme **plan de visée** le plan formé par les rayons visuels qu'un observateur dirige vers les points d'une verticale. C'est à l'aide des jalons placés verticalement (fig. 8), ou à l'aide des fentes pratiquées dans des plaques métalliques (fig. 9), ou encore à l'aide d'un

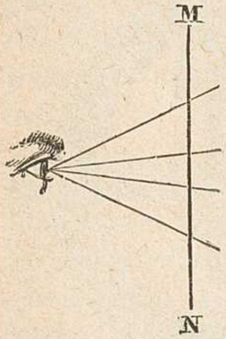


Fig. 8.

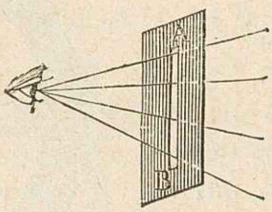


Fig. 9.

Détermination d'un plan de visée.

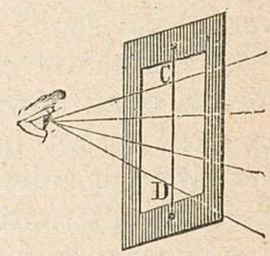


Fig. 10.
Fenêtre.

crin tendu dans une ouverture (fig. 10), que l'arpenteur détermine les plans de visée.

12. **Équerre d'arpenteur.** — L'**équerre d'arpenteur** (fig. 11 et 12) est un instrument qui a la forme d'un prisme creux octogonal régulier. Quatre faces opposées deux à deux et à angle droit A, B, C, D, ont chacune une *fente* longitudinale et une ouverture appelée *fenêtre*. La fente d'une de ces faces correspond

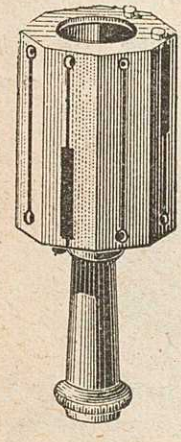


Fig. 11.
Équerre d'arpenteur.

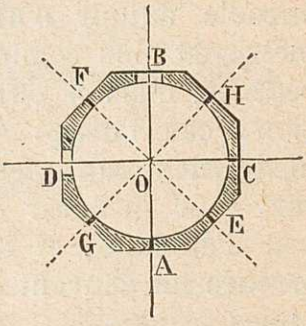


Fig. 12.
Équerre d'arpenteur.
Section horizontale.

mirilla

à la fenêtre de la face opposée, et réciproquement. L'ensemble d'une fente et d'une fenêtre prend le nom de *pinnule*.

Un crin ou un fil très fin est tendu verticalement au milieu de chaque fenêtre dans le prolongement de la fente.

Les quatre autres faces E, F, G, H, opposées deux à deux, ont chacune une longue fente.

Les plans de visée déterminés par les différentes faces de l'équerre sont perpendiculaires entre eux ou forment des angles de 45°.

L'équerre d'arpenteur porte une douille ou cylindre creux dans lequel s'ajuste l'extrémité supérieure du pied de l'équerre.

13. Pied d'équerre. — Le **pied d'équerre** est une tige de $1^m,20$ à $1^m,40$, ferrée à l'extrémité qui doit être enfoncée dans le sol (fig. 13).

Lorsqu'on opère sur un terrain rocailleux, on emploie un pied à trois branches (fig. 14).

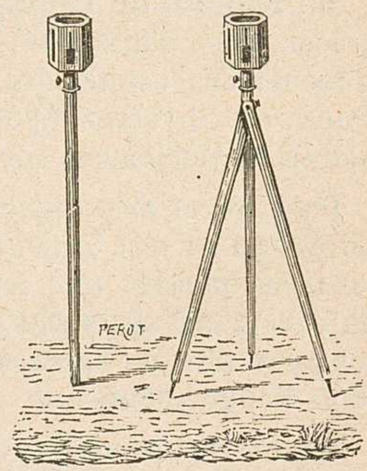


Fig. 13. Fig. 14.
Pieds d'équerre.

con un regatón

14. Vérification de l'équerre. — On peut s'assurer, de la manière suivante, que les plans de visée donnés par l'équerre sont rectangulaires.

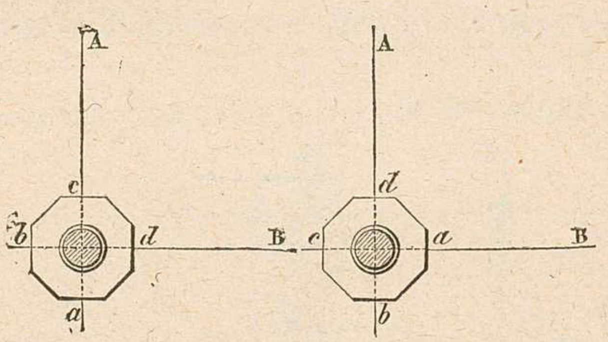


Fig. 15. Fig. 16.
Vérification de l'équerre.

Après avoir placé verticalement l'équerre sur son pied, on dirige sur un objet éloigné A le plan de visée *ac* déterminé par deux faces opposées portant une fente et une fenêtre, et l'on fait planter un jalon B, à 40 ou 50 mètres, dans la direction du plan de visée *bd* (fig. 15). Puis, sans changer le pied de l'équerre, on fait tourner l'instrument de manière que le plan de visée *bd* passe par le point A. Alors, si l'équerre est juste, le plan de visée *ac* passe par le jalon B (fig. 16).

On s'assurerait de la même manière que les plans de visée intermédiaires font des angles de 45° avec les premiers.

15. **Emploi de l'équerre.** — **L'équerre d'arpenteur** sert à tracer des alignements, à élever des perpendiculaires et à mener des droites qui se rencontrent sous un angle de 45°. Dans ces diverses opérations, l'équerre doit toujours être placée verticalement sur son pied.

Pour tracer des alignements et pour mener des perpendiculaires, on se sert toujours des plans de visée déterminés par les faces portant une fente et une fenêtre. En employant les autres plans de visée déterminés par les faces portant une longue fente, on apercevrait moins facilement les jalons placés dans l'alignement.

Pour faire une visée avec l'équerre, on place l'œil à quelques centimètres d'une fente, et l'on vise le fil de la fenêtre de la face opposée.

CHAPITRE II

DES ALIGNEMENTS

16. — **Un alignement** est une suite de points de la surface du sol situés dans un même plan vertical.

Tout plan de visée vertical, par sa rencontre avec le sol, détermine un alignement.

Dans la pratique, un alignement se nomme une *ligne droite.* Ainsi on dit tracer une ligne droite au lieu de tracer un alignement. On indique la direction d'un alignement à l'aide de jalons.

§ I. — Tracé des alignements.

17. **Problème.** — *Jalonner une direction entre deux points donnés* A *et* B.

On fixe verticalement un jalon à chacun des points donnés A

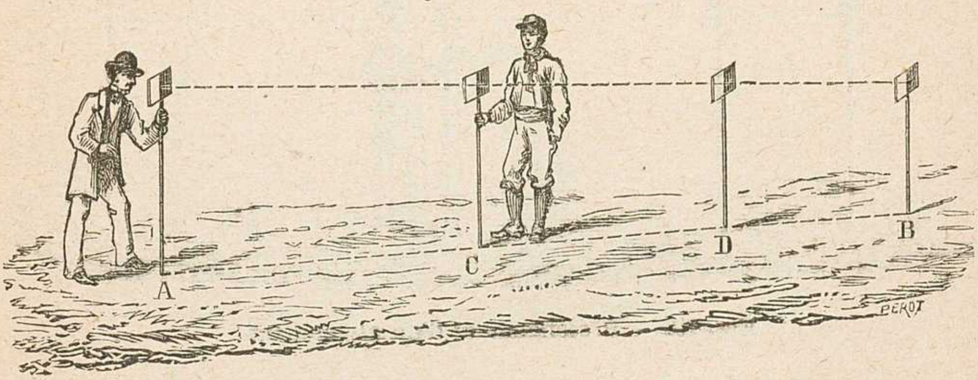


Fig. 17. — Jalonnement d'une direction par un arpenteur et son aide.

et B (fig. 17). L'arpenteur se place ensuite derrière le jalon A, et à peu près à un mètre de distance; puis il vise dans la direction AB et fait planter, par un aide-arpenteur, un ou plusieurs jalons intermédiaires C, D, de manière qu'ils se trouvent dans l'alignement AB. Le premier jalon intermédiaire n'est placé qu'après quelques tâtonnements. L'arpenteur, par un mouvement de main, indique à son aide que le jalon doit être porté vers la droite ou vers la gauche; en abaissant la main, il fait connaître que le jalon est bien placé et qu'il doit être fixé.

18. **Remarque I.** — Dès qu'un premier jalon intermédiaire C a été placé, l'aide-arpenteur en place facilement seul un autre intermédiaire D, par exemple, en se mettant dans la direction AC, de manière que le jalon D cache les jalons déjà placés.

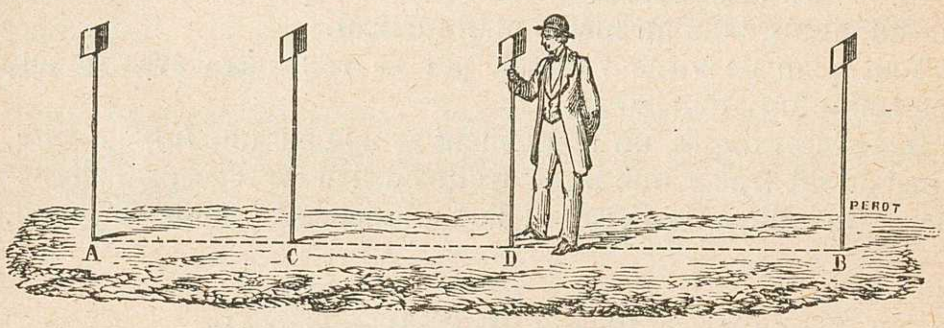


Fig. 18. — Jalonnement d'une direction par un arpenteur seul.

19. **Remarque II.** — Si l'arpenteur est seul, il fixe d'abord les jalons A et B (fig. 18) ; il place ensuite un jalon C entre les

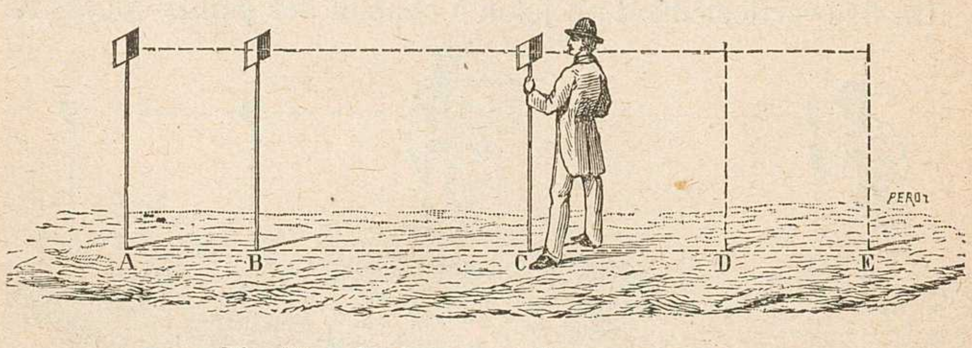


Fig. 19. — Prolongement d'un alignement.

deux premiers, et revient au jalon A pour examiner si ce jalon C est dans l'alignement AB. Un ou deux tâtonnements suffisent pour trouver la véritable place du jalon C. L'arpenteur opérera ensuite comme il est indiqué ci-dessus, n° 18.

Au lieu de placer le jalon C entre A et B, l'arpenteur pourrait fixer un jalon en avant du jalon A dans l'alignement AB et continuer ensuite, à l'aide de ce jalon, à placer les jalons intermédiaires C et D.

20. **Problème.** — *Prolonger un alignement* (fig. 19). Pour prolonger l'alignement déjà tracé AB, on place successivement les jalons C, D, E, en se maintenant dans l'alignement des jalons A et B déjà placés.

21. **Problème.** — *Tracer à l'aide de l'équerre un alignement déterminé par deux points* A *et* D.

On place l'équerre verticalement à l'un des points donnés A

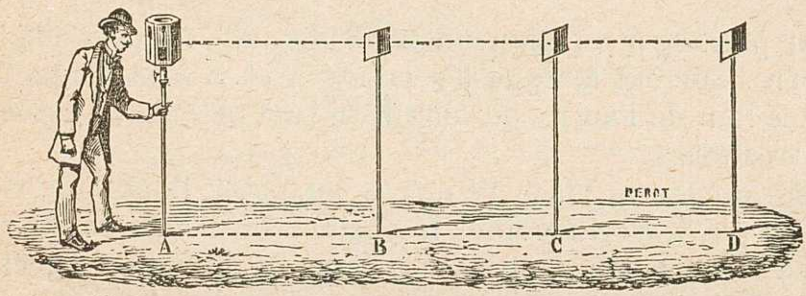


Fig. 20. — Tracé d'un alignement à l'aide de l'équerre.

et un jalon à l'autre point D. On dirige un des plans de visée de l'équerre sur le jalon D, et on fait placer successivement les jalons C et B dans le même plan de visée.

22. **Problème.** — *A l'aide de l'équerre, placer un jalon*

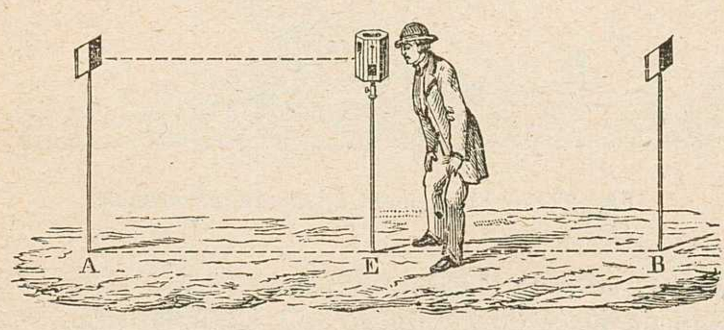


Fig. 21. — Jalon intermédiaire placé à l'aide de l'équerre.

intermédiaire E *dans un alignement déterminé par deux points* A *et* B.

Un opérateur seul peut, à l'aide de l'équerre, trouver la place d'un jalon intermédiaire entre deux jalons extrêmes A et B d'un alignement.

Pour cela, il fixe verticalement le pied de l'équerre en un point E qu'il suppose être dans l'alignement. Il dirige ensuite un des plans de visée de l'équerre sur le jalon A. Puis, sans déranger l'instrument, il se place du côté opposé de l'équerre et examine si le même plan de visée passe par le jalon B. Si cela n'a pas lieu, il modifie la position de l'instrument. Un ou deux tâtonnements suffisent généralement pour déterminer la place du jalon.

23. **Problème.** — *Prolonger un alignement à l'aide de l'équerre.*

Pour prolonger un alignement AB (fig. 20), on peut employer l'équerre, surtout lorsque les points A et B sont à une faible distance l'un de l'autre, ou lorsqu'on veut obtenir un prolongement très exact.

Dans ce cas, on place l'équerre au point B et l'on vise le jalon A; puis, sans modifier la position de l'équerre, l'arpenteur se place entre A et B, vise dans la direction D, et fait placer par l'aide-arpenteur les jalons C, D, E, etc.

24. **Problème.** — *Tracer à l'aide de l'équerre un alignement entre deux points* A *et* B *séparés par un obstacle.*

On place l'équerre verticalement en un point D, d'où l'on puisse apercevoir les deux jalons A et B; puis on opère par

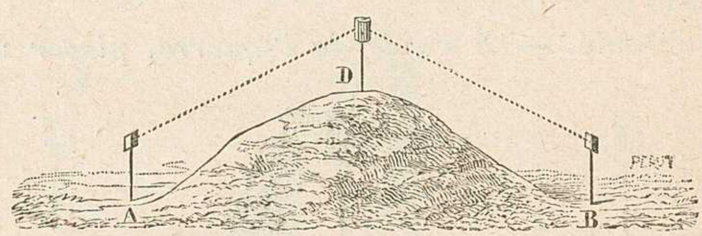


Fig. 22. — Alignement à travers un obstacle.

tâtonnement, comme il est indiqué au n° 22, jusqu'à ce qu'un même plan de visée de l'équerre soit dans la direction AB. On place ensuite, s'il est nécessaire, des jalons entre A et D, et entre D et B.

25. **Problème.** — *Prolonger un alignement au delà d'un obstacle.*

Soit l'alignement AB déjà tracé. Pour le prolonger au delà de l'obstacle, on élève au point B la perpendiculaire BE, au

Fig. 23. — Prolongement d'un alignement au delà d'un obstacle.

point E la perpendiculaire EF à BE, et enfin CF perpendiculaire à EF. On mesure BE, et l'on prend CF = BE. La ligne CD, perpendiculaire à CF, est dans la direction AB.

26. **Remarque.** — Pratiquement il est préférable de tracer

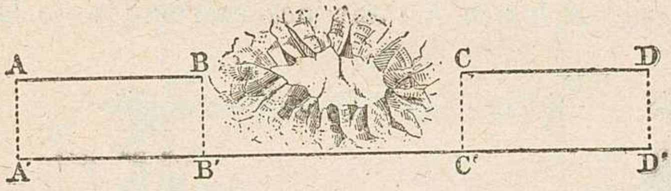


Fig. 24. — Prolongement d'un alignement au delà d'un obstacle (autre moyen).

un deuxième alignement, parallèle au premier de toute la longueur A′D′, et de prendre AA′ = BB′ que l'on reporte de C′ en C et de D′ en D.

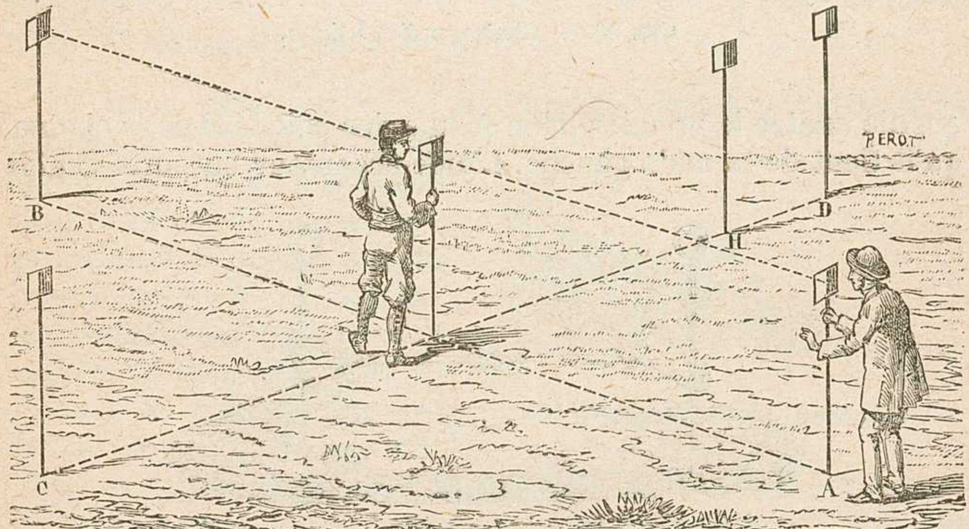


Fig. 25. — Intersection de deux alignements.

27. **Problème.** — *Trouver l'intersection de deux alignements* CD *et* AB (fig. 25).

L'aide-arpenteur chemine sur l'alignement CD, et l'arpenteur, placé en A, le fait avancer ou reculer jusqu'à ce qu'il se trouve sur l'alignement AB. Un jalon H, préalablement placé sur l'alignement CD, sert à maintenir l'aide dans cet alignement.

§ II. — Mesure des lignes.

28. **Problème.** — *Mesurer sur le terrain une ligne horizontale.*

La droite à mesurer doit être jalonnée, afin qu'il soit plus facile de se maintenir dans l'alignement.

L'arpenteur se place à l'une des extrémités de la ligne et

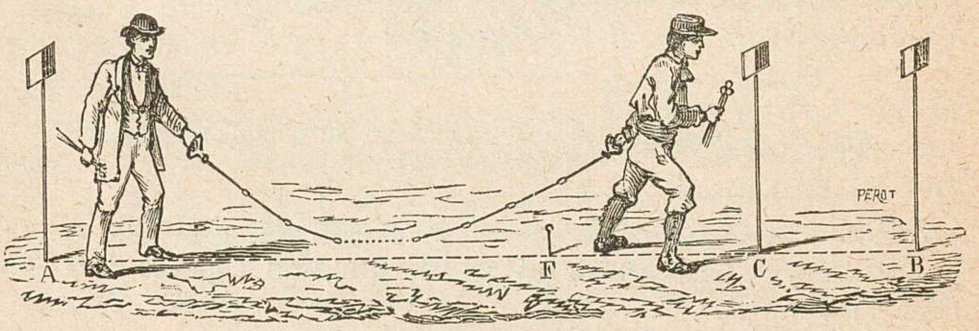


Fig. 26. — Chaînage d'une ligne.

appuie contre le premier jalon A une des poignées de la chaîne, qu'il tient de la main gauche. L'aide-arpenteur ou porte-chaîne

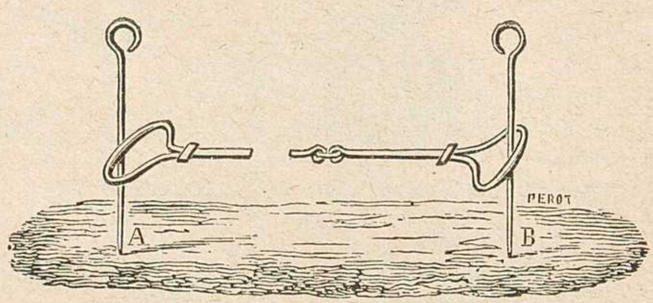


Fig. 27. — Manière de placer les fiches.

tient l'autre poignée de la main gauche et les fiches de la main droite (fig. 26), il marche dans la direction donnée jusqu'à ce que le décamètre soit parfaitement tendu. Si alors il n'est pas dans l'alignement, l'arpenteur l'y ramène par un signe de la main.

Le porte-chaîne enfonce une fiche dans le sol de manière qu'elle soit tangente à l'intérieur de la poignée, et les deux opérateurs, relevant la chaîne, marchent dans la direction de l'alignement.

L'arpenteur vient appuyer contre la première fiche A (fig. 27) la partie extérieure de la poignée qu'il porte; l'aide-arpenteur continue à cheminer dans l'alignement, et quand le décamètre est tendu, il place une seconde fiche, et ainsi de suite. Lorsque la poignée porte une entaille (fig. 28), la fiche s'y engage à moitié.

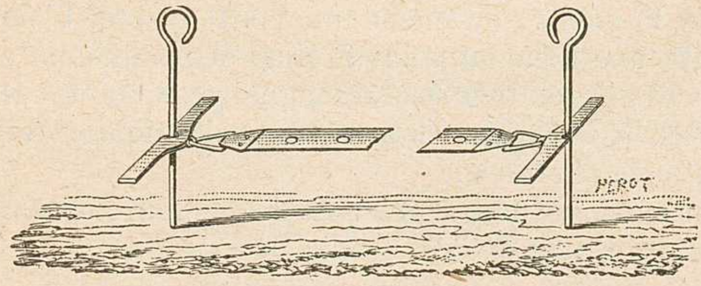


Fig. 28. — Manière de placer les fiches.

En quittant une station, l'arpenteur lève la fiche, qu'il prend de la main droite; lorsqu'il en a dix, il les rend au porte-chaîne, note dix décamètres sur un carnet et continue l'opération.

29. **Base productive.** — On appelle **base productive d'un terrain** la projection de ce terrain sur un plan horizontal. On admet que cette base productive rapporte autant que le terrain en pente, car les végétaux croissent verticalement. En arpentage, on mesure la base productive BC et non le terrain AB. C'est pourquoi on ne cherche pas la longueur d'un alignement qui est en pente, mais bien celle de *sa projection sur un plan horizontal*.

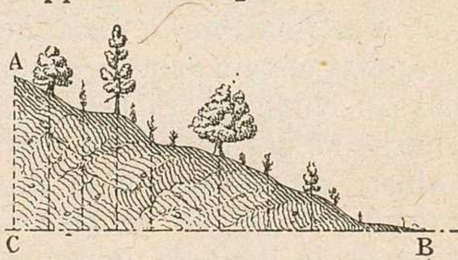


Fig. 29. — BC, base productive.

30. **Problème.** — *Mesurer un alignement non horizontal* AB.

L'arpenteur applique au point A une des extrémités de la chaîne (fig. 30); l'aide tend la chaîne de manière à la tenir horizontalement suivant AD; et, pour déterminer le point E du sol qui correspond à l'extrémité D du décamètre, il laisse tomber verticalement la fiche plombée ou une fiche ordinaire en la

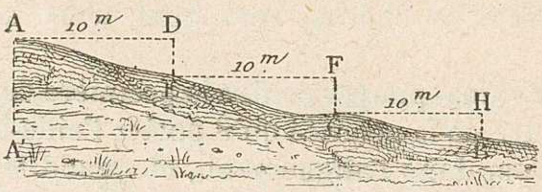


Fig. 30. — **Mesure d'un alignement non horizontal.**

tenant par la pointe, ou même une petite pierre. L'aide-arpenteur plante une fiche au point E ainsi déterminé.

On procède d'une manière analogue pour obtenir les autres longueurs EF, GH... La somme des horizontales AD, EF, GH est la distance cherchée.

La ligne ainsi mesurée représente la longueur horizontale A'B, qui est la projection de AB.

31. **Remarque I.** — Lorsque la pente est considérable, on se sert de la moitié de la chaîne et l'on mesure des horizontales n'ayant que 5 mètres de longueur. Dans ce cas on compte par demi-décamètres.

32. **Remarque II.** — Pour chaîner une ligne en pente, on commence par le point le plus élevé de la ligne.

33. **Vérification du chaînage d'une ligne.** — Pour vérifier le résultat obtenu dans le chaînage d'une ligne, on effectue un nouveau chaînage. Si les résultats sont différents, on prend la moyenne des longueurs trouvées.

Ainsi, supposons qu'un premier chaînage d'une ligne ait donné $64^{m},35$, et un deuxième $64^{m},45$. On prendra pour longueur de la ligne la moyenne de ces deux nombres, c'est-à-dire :

$$\frac{64,35 + 64,45}{2} = 64^{m},40.$$

34. **Problème.** — *Mesurer une suite de droites faisant partie d'un même alignement.*

1er **Procédé.** — *Par distances partielles.* On mesure séparément les longueurs AB, BC, CD (fig. 31), en plaçant successivement l'extrémité de la chaîne en B, en C. Ce procédé, en multipliant le nombre des poses de la chaîne, multiplie les causes d'erreurs. Lorsqu'on est obligé d'employer ce procédé,

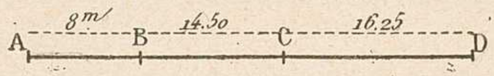


Fig. 31. — Distances partielles.

on peut vérifier le chaînage en mesurant la ligne totale : la longueur trouvée doit égaler la somme des longueurs partielles obtenues.

35. **2e Procédé.** — *Par distances cumulées.* On fait de la ligne totale AD un chaînage continu (fig. 32) : *ab*, *bc*, *cd*, *de*, représentent les diverses positions du décamètre. La chaîne

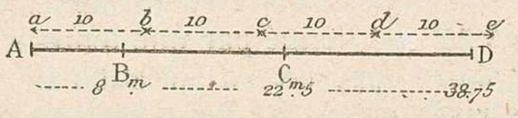


Fig. 32. — Distances cumulées.

étant bien tendue sur le sol en *ab*, l'opérateur lit la distance AB = 8m. On continue le chaînage en *bc*, puis en *cd* et en *de*; au passage de la chaîne au point C, on lit la distance AC = 22m,50; au passage de la chaîne au point D, on lit la distance AD = 38m,75.

Ce procédé, qui semble moins naturel que le premier, est cependant beaucoup plus rigoureux; on doit l'employer presque exclusivement.

§ III. — Tracé des perpendiculaires.

36. **Problème.** — *Elever une perpendiculaire en un point d'un alignement.*

Soit à élever une perpendiculaire sur l'alignement AB au point C (fig. 33).

Après avoir placé verticalement l'équerre au point C, on dirige un des plans de visée suivant l'alignement AB, et l'on fait planter un jalon en un point D de la direction indiquée par

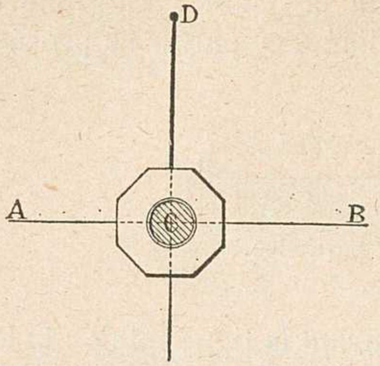


Fig. 33.
Perpendiculaire à un alignement.

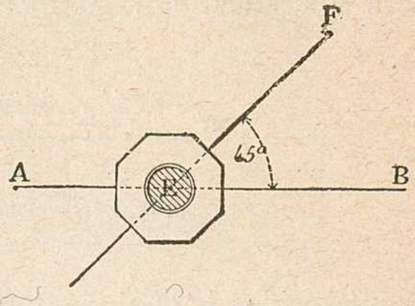


Fig. 34.
Construire un angle de 45°.

le plan de visée perpendiculaire au premier. CD est la perpendiculaire demandée.

37. — On procède d'une manière analogue pour mener une ligne EF faisant un angle de 45° avec un alignement AB (fig. 34). Le plan de visée AB est donné par une fente et par le fil de la fenêtre rectangulaire opposée. La direction EF est déterminée par un plan de visée mené par deux longues fentes opposées (n° 12).

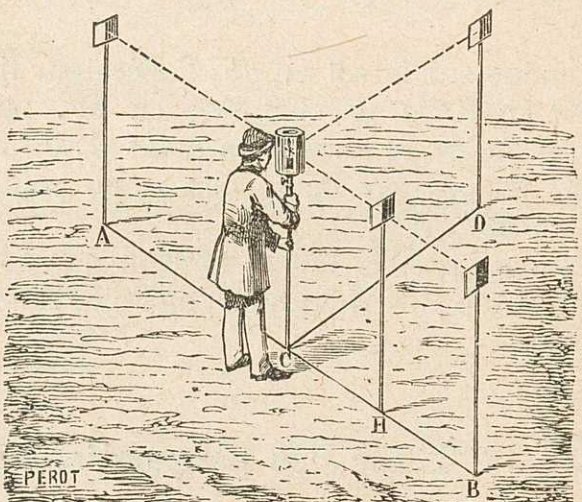


Fig. 35. — Perpendiculaire passant par un point extérieur donné.

38. **Problème.** — *Sur un alignement donné, élever une perpendiculaire qui passe par un point extérieur donné.*

Soient l'alignement AB et le point D où doit passer la perpendiculaire (fig. 33 et 35)

L'opérateur place l'équerre dans la direction AB et cherche, par tâtonnement, à déterminer un point C, tel qu'un plan de visée étant dirigé sur AB, le plan de visée perpendiculaire passe par le point D.

La pratique seule permet de déterminer rapidement le point C, pied de la perpendiculaire.

39. — On opère d'une manière analogue pour faire passer au point F une ligne faisant un angle de 45° avec l'alignement AB (fig. 34).

40. **Remarque.** — Un jalon intermédiaire H, placé sur l'alignement AB, permet à l'arpenteur de placer facilement l'équerre dans cet alignement (fig. 35).

41. **Problème.** — *Élever une perpendiculaire sur un alignement au moyen de la chaîne seule.*

Pour élever une perpendiculaire sur AB au point A (fig. 36), on mesure une longueur AB de 3 mètres. On fixe en A une extrémité de la chaîne, et en B l'extrémité du 3e mètre. On prend ensuite le point C sur la chaîne, de manière que AC = 4 mètres et BC = 5 mètres, et l'on tire en ce point les deux parties de la chaîne, jusqu'à ce que AC et BC soient bien tendues. Alors AC est perpendiculaire sur AB, car $\overline{BC}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{AB}^2$; en effet, $5^2 = 4^2 + 3^2$ ou $25 = 16 + 9$; il s'ensuit que ABC est un triangle rectangle.

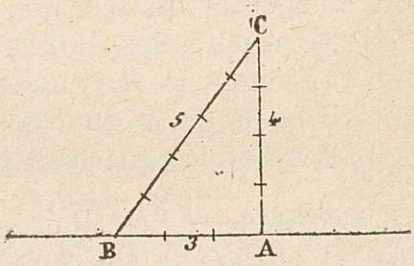
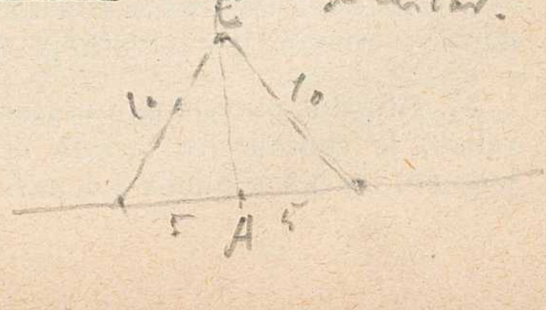


Fig. 36. — Perpendiculaire, au moyen de la chaîne.

Ce procédé offre peu de précision, et ne doit être employé que lorsqu'on n'a pas d'équerre à sa disposition.



CHAPITRE III

ARPENTAGE DES TERRAINS

§ I. — Étude du terrain.

42. — Arpenter un terrain, c'est en calculer la superficie. Avant d'arpenter un terrain, il faut ordinairement le parcourir, en reconnaître les limites, en faire le croquis, planter des jalons aux sommets des angles. Ce travail préparatoire permet de choisir la méthode qu'il convient d'employer, eu égard aux difficultés spéciales que peut présenter l'opération.

43. **Limites.** — Les limites d'un terrain peuvent être naturelles ou purement conventionnelles. Les **limites naturelles** sont les murs, les fossés, etc. A défaut de titres, les fossés, les ruisseaux sont considérés comme mitoyens. Dans ce cas, on prend pour périmètre de la propriété la ligne qui passe au milieu du fossé, de la haie, etc,

Les chemins publics, les rivières navigables forment aussi des limites naturelles; chaque bord du chemin, chaque rive du cours d'eau fait partie du périmètre d'une propriété; les ruisseaux appartiennent par moitié aux deux riverains; il en est de même des sentiers privés qui séparent deux propriétés.

Les haies vives que plante un propriétaire pour entourer une propriété doivent être placées à 50 centimètres à l'intérieur du périmètre de cette propriété.

Les murs et les fossés non mitoyens doivent être compris dans l'évaluation des terrains auxquels ils appartiennent.

44. **Limites conventionnelles.** — A défaut de limites naturelles, le contour du terrain est formé par les droites qui joignent les bornes deux à deux.

45. Bornes. — On appelle **bornes** des pierres de 40 à 50 centimètres, placées de distance en distance, et presque entièrement enfouies en terre; elles indiquent la ligne de séparation de deux propriétés. Pour distinguer les bornes des autres pierres qui pourraient se trouver sur le périmètre d'un champ, on place à côté de la borne deux moitiés d'une même pierre. Ces deux morceaux sont les témoins de la borne.

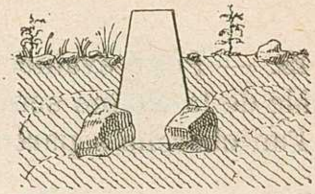


Fig. 37. — Borne limite.

Quand on procède au bornage d'un terrain, on place une borne à chaque sommet du périmètre qui limite la propriété.

Quand un alignement a une certaine longueur ou qu'il est très accidenté, on place quelquefois une ou deux bornes intermédiaires.

Entre deux bornes consécutives, le périmètre est toujours considéré comme rectiligne.

46. Croquis. — Le **croquis** est le dessin approximatif du contour du terrain que l'on doit arpenter.

Pour faire le croquis d'une propriété, il faut étudier toutes les particularités du périmètre : grandeur des angles, longueur des côtés, sinuosités des parties courbes, etc.

Il est d'usage de faire le croquis avant toute autre opération; cependant certains arpenteurs le font au fur et à mesure qu'ils opèrent.

47. Méthodes d'arpentage. — Pour **arpenter** ou *déterminer l'aire d'une propriété*, on peut employer la chaîne seule ou bien utiliser à la fois la chaîne et l'équerre.

Nous étudierons donc :

1° L'*arpentage à la chaîne;*

2° L'*arpentage à la chaîne et à l'équerre.*

48. — Avant de développer ces deux méthodes, nous croyons utile de faire remarquer que les terrains à arpenter ont rarement la forme des figures géométriques régulières, telles que rectangles, parallélogrammes, trapèzes. Généralement, chaque fois qu'on sera en présence d'un terrain quadrangulaire à arpenter, on devra le considérer comme un quadrilatère irrégulier.

§ II. — Arpentage à la chaîne seule.

49. — Pour évaluer la superficie d'un terrain polygonal à l'aide de la chaîne seule, on décompose ce terrain en triangles, et l'on cherche séparément la surface de chacun d'eux.

50. **Arpentage d'un terrain triangulaire ABC** (fig. 38). — On mesure les trois côtés, et l'on obtient la surface au moyen de la formule suivante : $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, dans laquelle p est la demi-somme des trois côtés du triangle, et chaque parenthèse l'excès de cette demi-somme sur chacun des côtés.

Soient $a = 17^m$, $b = 21^m$ et $c = 17^m,6$ les trois côtés d'un triangle.

$$\text{Le } {}^1/_2 \text{ périmètre} = \frac{a+b+c}{2} = \frac{17+21+17,6}{2} = 27^m,80$$

$$(p-a) = 27,80 - 17 \quad = 10,80,$$
$$(p-b) = 27,80 - 21 \quad = \ 6,80,$$
$$(p-c) = 27,80 - 17,6 = 10,20.$$

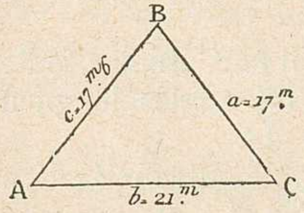


Fig. 38.
Terrain triangulaire.

Le produit $p(p-a)(p-b)(p-c)$ devient $27,80 \times 10,80 \times 6,80 \times 10,20 = 20\,284,664$.

La racine carrée de ce produit est 144 m^2, 30 dm^2; c'est la surface du terrain.

51. **Arpentage d'un terrain quadrangulaire.** — Pour évaluer la surface du terrain ABCD (fig. 39), on jalonne la diagonale BD, que l'on mesure ainsi que les côtés.

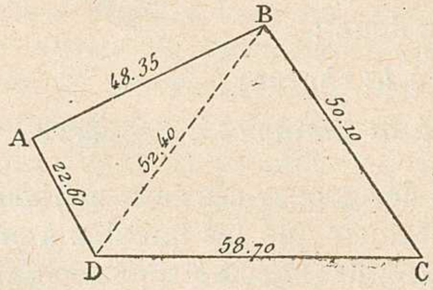


Fig. 39. — Terrain quadrangulaire.

Surface du triangle ABD =

$$= \sqrt{61{,}675 \times 13{,}35 \times 9{,}3 \times 39{,}1} = 547^{m^2},27.$$

Surface du triangle BCD =

$$= \sqrt{80{,}6 \times 28{,}2 \times 30{,}5 \times 21{,}9} = 1\,232^{m^2},42.$$

Surface totale	$1\,779^{m^2},69$.
Soit	17 ares 79 cent.

52. **Arpentage d'un terrain polygonal quelconque.** — Après l'avoir décomposé en triangles, on mesure tous les côtés et toutes les diagonales. On applique à chaque triangle la formule

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}.$$

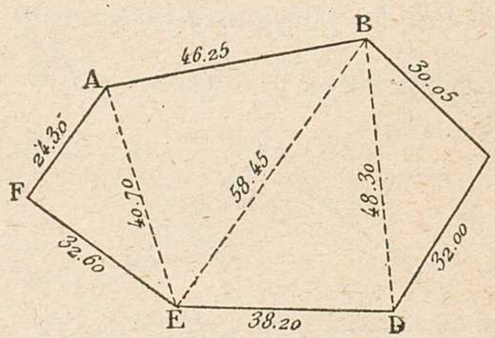


Fig. 40. — Terrain polygonal.

53. — Cette méthode d'arpentage à la chaîne est laborieuse, à cause des longs calculs qu'elle nécessite. Quand on est obligé de l'employer, on préfère souvent dessiner le plan du terrain et évaluer la surface sur le plan, comme il sera indiqué plus loin (nº 183).

Généralement on emploie simultanément l'équerre et la chaîne, et l'on applique l'un des procédés que nous allons exposer dans le paragraphe suivant.

§ III. — Arpentage à la chaîne et à l'équerre.

I. — Arpentage d'un terrain triangulaire.

54. — Pour obtenir la surface du terrain triangulaire ABC, on détermine à l'aide de l'équerre la hauteur BD du triangle. On mesure à la chaîne les lignes AC et BD, base et hauteur du triangle, on fait le produit des deux nombres et l'on prend la moitié du résultat.

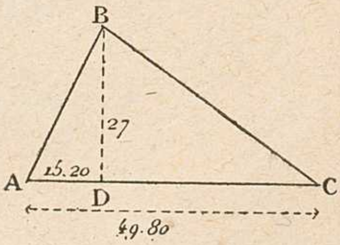


Fig. 41.

$$\text{Surface} = \frac{b \times h}{2} = \frac{49{,}8 \times 27}{2} = 672^{m^2},3.$$

II. — Arpentage d'un terrain polygonal.

55. — Nous indiquerons trois procédés pour arpenter un terrain polygonal :

1° *Par décomposition en triangles ;*

2° *Par décomposition en triangles rectangles et en trapèzes rectangles ;*

3° *Par les polygones inscrits ou circonscrits.*

56. **Premier procédé.** — *Par décomposition en triangles.* On décompose le terrain polygonal en triangles dont on détermine les hauteurs à l'aide de l'équerre, et l'on mesure la base et la hauteur de chaque triangle.

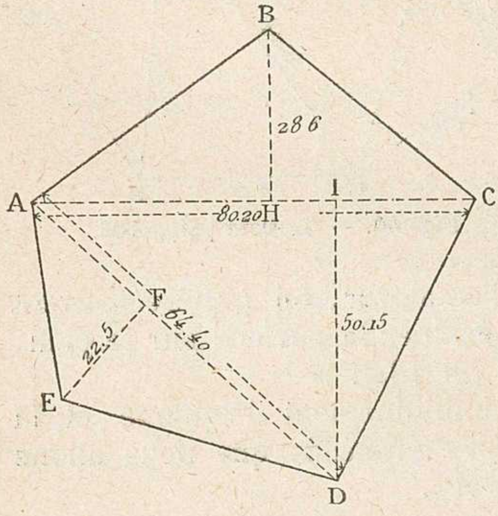


Fig. 42. — Décomposition en triangles.

Ainsi, pour arpenter le champ ABCDE, on jalonne les diagonales AC et AD ; on élève les perpendiculaires BH, DI et EF, que l'on mesure ainsi que les diagonales AC et AD. On fait ensuite les calculs en prenant pour chaque triangle la moitié du produit de la base par la hauteur.

$$\text{Triangle ABC} = \frac{80{,}2 \times 28{,}6}{2} = 1\,146^{m^2},86$$

$$\text{» ACD} = \frac{80{,}2 \times 50{,}15}{2} = 2\,011^{m^2},01$$

$$\text{» ADE} = \frac{64{,}40 \times 22{,}50}{2} = 724^{m^2},50.$$

Surface totale $3\,882^{m^2},37.$

Soit 38 ares 82 cent.

57. **Deuxième procédé.** — *Par décomposition en triangles rectangles et en trapèzes rectangles.*

Dans cette méthode des trapèzes, dite aussi *méthode par alignement* ou *méthode par directrice*, on décompose le terrain polygonal en trapèzes et triangles rectangles en employant une ou plusieurs directrices.

58. **Directrice.** — En arpentage, on appelle **directrice** un alignement sur lequel on élève des perpendiculaires qui passent par les sommets du polygone.

Les perpendiculaires menées sur la directrice prennent le nom d'*ordonnées*.

59. **Choix d'une directrice.** — Il convient de prendre pour directrice l'alignement qui répond le mieux aux conditions suivantes :

1° La directrice doit être d'un parcours facile ;

2° De la directrice on doit apercevoir, autant que possible, tous les sommets du terrain ;

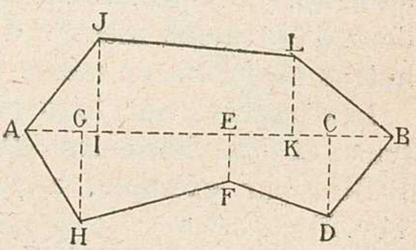


Fig. 43. — AB, directrice. — CD, EF, GH, IJ, KL, ordonnées.

3° Cette directrice doit ordinairement être dirigée dans le sens de la plus grande dimension du terrain, afin que les ordonnées soient aussi courtes que possible ;

4° Il est avantageux que la directrice joigne deux sommets opposés du périmètre, afin d'éviter de sortir du terrain que l'on veut arpenter (fig. 43).

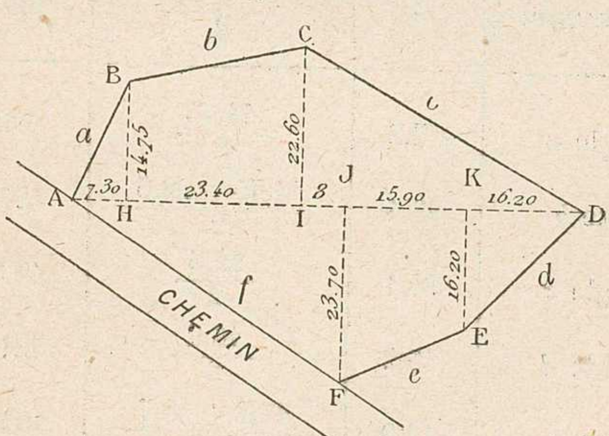


Fig. 44. — Décomposition en triangles et en trapèzes rectangles.

60. — *Soit à arpenter par ce procédé le terrain* ABCDEF fig. 44).

On prend AD pour directrice, et on jalonne cette ligne, sur laquelle on élève des perpendiculaires qui doivent passer aux sommets B, C, E, F. On met un jalon au pied des perpendiculaires. On place aussi des jalons à tous les sommets, soit à l'avance, soit à mesure que l'on opère.

On mesure les ordonnées BH, CI, FJ, EK et les différentes longueurs AH, HI, IJ, JK, DK, déterminées sur la directrice par les pieds des perpendiculaires. Pour mesurer ces dernières longueurs, on emploiera le procédé par distances cumulées indiqué au nº 35. (Lorsque les aides-arpenteurs sont en nombre suffisant, deux d'entre eux mesurent les parties de la directrice, et deux autres mesurent en même temps les ordonnées.)

Les trapèzes ont tous pour hauteur une partie de la directrice, et pour bases les différentes ordonnées. Ainsi le trapèze BCIH, par exemple, a pour hauteur 23m,4 et pour bases 14m,75 et 22m,6.

On place sur les côtés du polygone de petites lettres *a*, *b*, ..., pour désigner les différents triangles et trapèzes.

On fait ensuite les calculs, qui peuvent être disposés en tableau. On sait que la surface du trapèze est le produit de la hauteur par la demi-somme des bases.

Tableau des calculs.

DÉSIGNATION	h	$\frac{B+B'}{2}$	PRODUIT
Triangle *a*	7,3	$\frac{14,75}{2}$	$53^{m^2},84$
Trapèze *b*	23,4	$\frac{14,75+22,6}{2}$	$436^{m^2},99$
Triangle *c*	40,1	$\frac{22,6}{2}$	$453^{m^2},13$
Triangle *d*	16,2	$\frac{16,2}{2}$	$131^{m^2},22$
Trapèze *e*	15,9	$\frac{16,2+23,7}{2}$	$317^{m^2},21$
Triangle *f*	38,7	$\frac{23,7}{2}$	$458^{m^2},59$
		Surface totale	$1\,850^{m^2},98$

61. Cas particuliers. — 1° Il devient parfois difficile de prendre pour directrice une diagonale du terrain. Dans ce cas, certaines ordonnées peuvent tomber en dehors du polygone; telle est BM (fig. 45).

Pour calculer la superficie de ce terrain, on opère comme

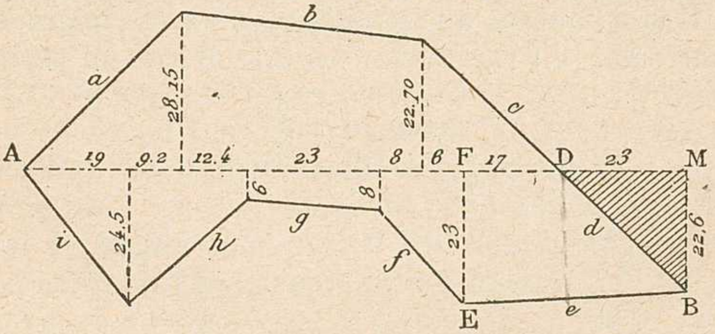


Fig. 45. — Cas particulier.

précédemment; mais après avoir évalué la surface du trapèze BMFE, on en retranche celle du triangle BMD.

2° Il est souvent avantageux d'employer des directrices secondaires. On évite ainsi les longues ordonnées.

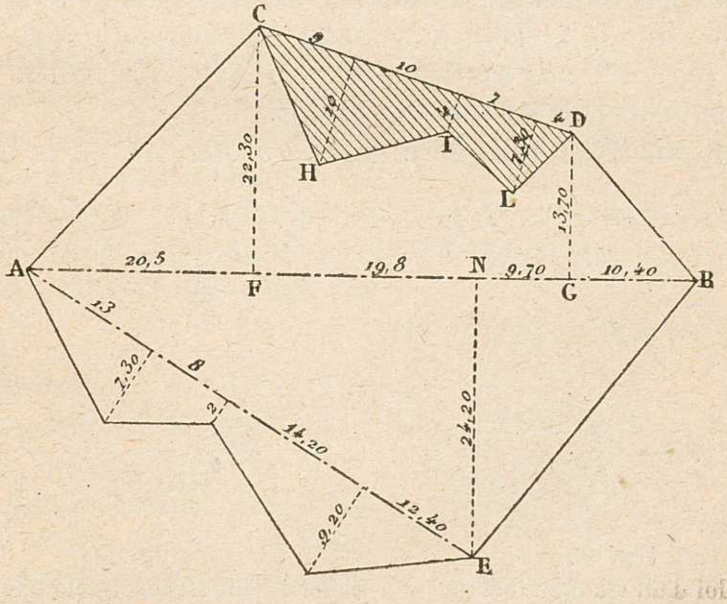


Fig. 46. — Cas particulier : emploi des directrices secondaires.

Par exemple, dans la fig. 46, on a recours aux deux directrices secondaires CD et AE.

Dans l'évaluation de la surface, on retranchera du trapèze CDGF la surface de la partie CDLIH.

62. **Troisième procédé.** — *Procédé du polygone inscrit et du polygone circonscrit.*

1° **Polygone inscrit.** — Dans toutes les opérations d'arpentage, il faut, autant que possible, éviter les longues ordonnées. Pour cela, on rapproche les directrices du périmètre de

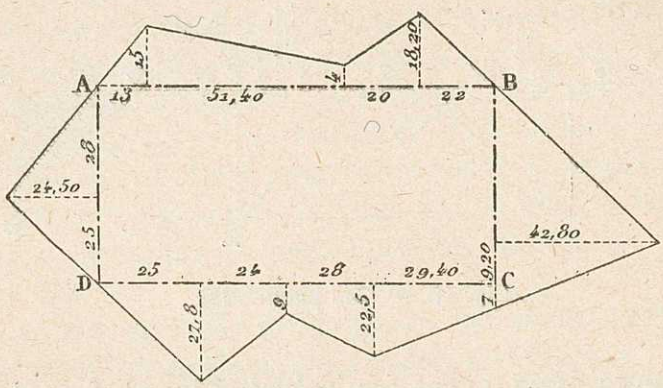


Fig. 47. — Emploi d'un rectangle inscrit.

la figure à arpenter, ou bien on emploie des directrices secondaires (n° 61, 2°). Mais comme il faut en outre rattacher les directrices les unes aux autres, il est quelquefois avantageux d'inscrire dans le terrain à arpenter un rectangle (fig. 47), un triangle (fig. 48) ou un trapèze (fig. 49). Les côtés de ces figures inscrites servent de directrice.

L'arpenteur fait choix de la figure à inscrire en se guidant

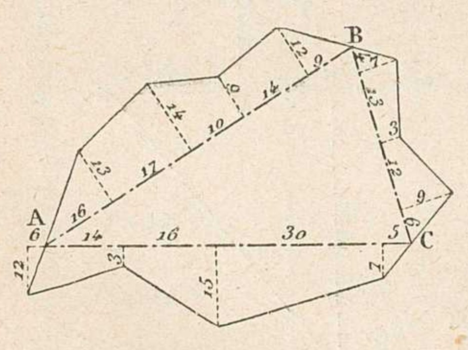


Fig. 48.
Emploi d'un triangle inscrit.

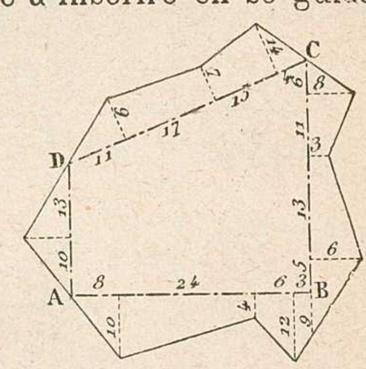


Fig. 49.
Emploi d'un trapèze rectangle inscrit.

sur la configuration générale du terrain. Ainsi, dans l'exemple suivant (fig. 48), le triangle est naturellement désigné.

On emploie souvent le trapèze rectangle inscrit. Dans ce cas (fig. 49), les sommets des deux angles droits peuvent être sans grand inconvénient dans l'intérieur du polygone; mais les sommets des deux angles qui ne sont pas droits doivent appartenir, autant que possible, au périmètre, ce qu'il est toujours facile d'obtenir : on mène AB, puis on élève les perpendiculaires AD et BC, que l'on prolonge jusqu'à la rencontre du périmètre du terrain. On a ainsi le trapèze rectangle ABCD.

Calcul de la superficie. — Pour avoir l'aire du terrain représenté par la fig. 47, il faut chercher l'aire du rectangle et ajouter les surfaces partielles qui entourent le rectangle.

De même pour les fig. 48 et 49, on calcule la surface du triangle et du trapèze inscrits, et l'on ajoute les surfaces partielles qui entourent le triangle et le trapèze.

2o **Polygone circonscrit.** — On peut avoir à arpenter un bois, une propriété qui contient une récolte sur pied, une pièce d'eau, un marais, dans lesquels il est impossible de jalonner des lignes, d'élever des perpendiculaires. Dans ce cas, on circonscrit à la surface à mesurer, un triangle, un rectangle ou un trapèze.

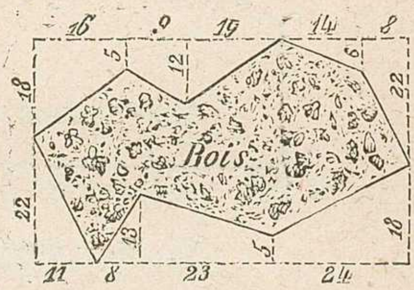


Fig. 50. — Emploi d'un rectangle circonscrit.

63. Arpenter un bois (fig. 50). — On circonscrit un rectangle à ce bois. Chacun des côtés du rectangle sert de directrice.

La surface du bois est égale à celle du rectangle circonscrit, diminuée de la somme des parcelles comprises entre le périmètre du bois et les côtés du rectangle.

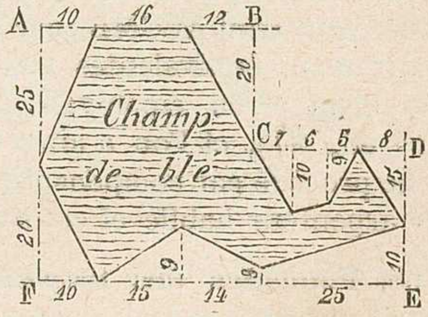


Fig. 51. — Emploi d'un polygone circonscrit à côtés rectangulaires.

64. Remarque I. — Au lieu de circonscrire un rectangle, on peut circonscrire un polygone à angles droits ABCDEF (fig. 51); on évalue la surface de ce polygone circonscrit ABCDEF, et l'on en retranche les parcelles qui ne font point partie du terrain.

65. Remarque II. — Il est parfois utile de recourir à un

Champ de blé. Campo sembrado.

polygone circonscrit, alors même qu'on peut parcourir le terrain à arpenter.

§ IV. — Arpentage des terrains limités par des courbes.

66. — Le périmètre des terrains à arpenter peut être formé en totalité ou en partie de lignes courbes; dans ce cas on ne peut avoir la surface des terrains que d'une manière approximative.

Nous indiquerons deux procédés :

1o *Procédé par compensation ;*

2o *Procédé des trapèzes inscrits.*

67. **Procédé par compensation.** — Soit un terrain limité en partie par la courbe CDFGIKM. Après avoir examiné le

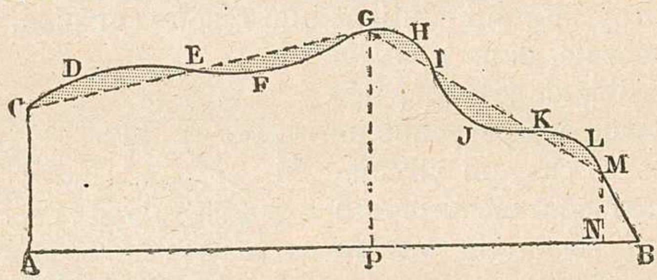


Fig. 52. — Procédé par compensation.

terrain avec soin, un arpenteur habile peut déterminer un point G, tel qu'en menant la ligne GC on obtienne un segment CDE sensiblement équivalent à EFG.

Il est aussi possible de mener une ligne GM, de manière que le segment IJK soit équivalent à la somme des segments GHI et KLM. Le terrain donné peut être remplacé par le polygone équivalent ACGMB ; car les parties ajoutées sont approximativement équivalentes aux parties retranchées. On arpente ce polygone en employant un des procédés déjà indiqués (nos 56, 57), et l'on a ainsi la surface approchée du terrain.

Le procédé par compensation est très rapide, mais il demande un arpenteur habile et consciencieux.

68. **Procédés des trapèzes inscrits.** — Soit un champ limité par un ruisseau dans la partie BAFR (fig. 53).

Pour l'arpenter, on mène les droites AB, AF, FR assez rapprochées du périmètre sinueux, et l'on obtient le polygone ABCDEF, que l'on arpente

Pour obtenir la surface des parties courbes, on élève des perpendiculaires sur AB, AF, FR, de manière à obtenir des triangles rectangles et des trapèzes rectangles. Les perpendi-

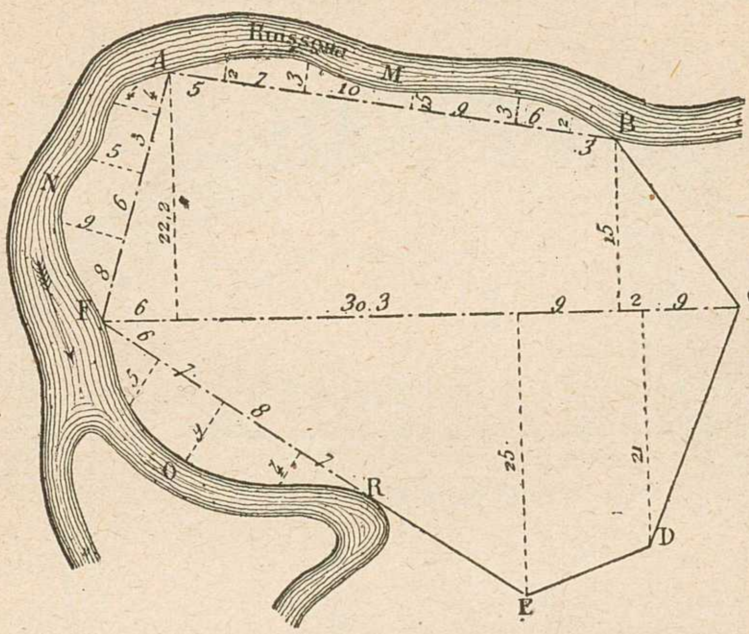


Fig. 53. — Procédé des trapèzes inscrits.

culaires doivent être d'autant plus rapprochées, que la courbe est plus prononcée.

Lorsque les perpendiculaires sont très courtes, on peut les mener à vue sans le secours de l'équerre.

Calculs.

$$\text{Surf. AMB} = \frac{3 \times 2}{2} + \left(\frac{2+3}{2} \times 6\right) + \left(\frac{1,5+3}{2} \times 9\right) +$$

$$+ \left(\frac{1,5+3}{2} \times 10\right) + \left(\frac{2+3}{2} \times 7\right) + \frac{2 \times 5}{2} \ldots = 83^{m^2},25$$

$$\text{Surf. ANF} = \frac{4 \times 4}{2} + \left(\frac{4+5}{2} \times 5\right) + \left(\frac{5+9}{2} \times 6\right) + \frac{9 \times 8}{2} = 108^{m^2},50$$

$$\text{Surf. FOR} = \frac{6 \times 5}{2} + \left(\frac{5+9}{2} \times 7\right) + \left(\frac{9+4}{2} \times 8\right) + \frac{7 \times 4}{2} = 130^{m^2}$$

$$\text{Surf. AFREDCB} = \frac{15 \times 11}{2} + \left(\frac{15+22,2}{2} \times 39,3\right) + \frac{6 \times 22,2}{2} +$$

$$+ \left(\frac{36,3 \times 25}{2}\right) + \left(\frac{25+21}{2} \times (9+2)\right) + \frac{9 \times 21}{2} \ldots = 1682^{m^2},33$$

Surface totale . . . . $2004^{m^2},08$

69. **Remarque.** — Lorsqu'on mène des ordonnées équidistantes, on obtient la surface de la partie courbe en faisant le produit de la somme des ordonnées par la distance de deux ordonnées (fig. 54).

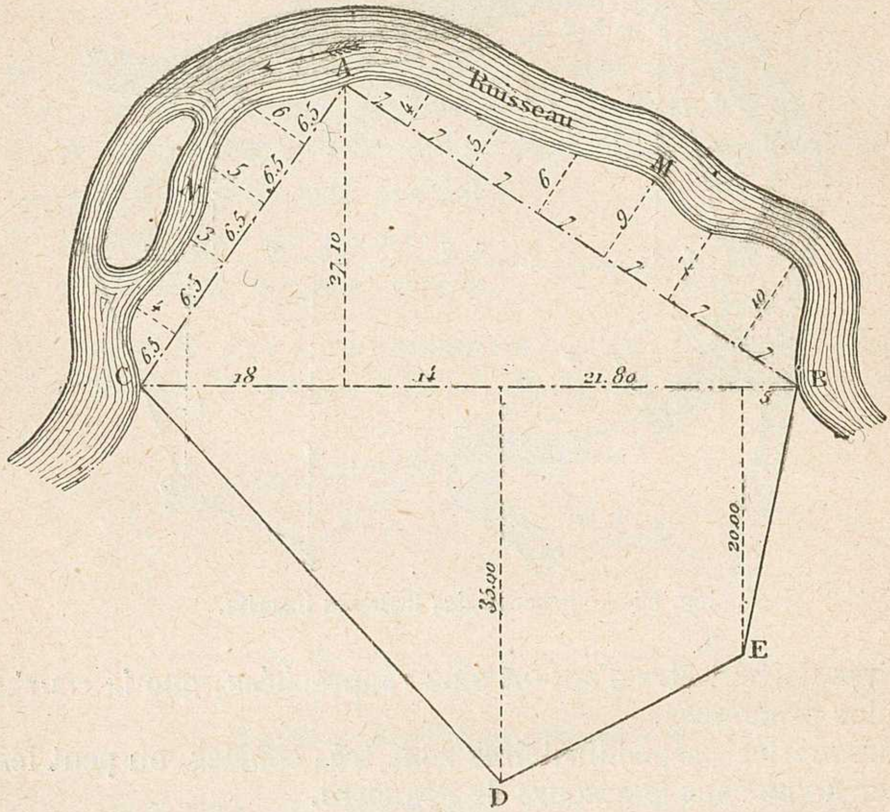


Fig. 54. — Procédé des trapèzes inscrits, avec ordonnées équidistantes.

Ainsi la surface AMB est égale au produit de la somme des ordonnées $(4+5+6+9+7+10) \times 7$, distance de deux ordonnées.

Surface AMB	$=(4+5+6+9+7+10)\times 7=$	287^{m^2}
Surface ANC	$=(4+3+5+6)\times 6{,}5$ $=$	117^{m^2}
Surface du polygone ABEDC	$=$	$2006^{m^2},24$
Surface totale	$=$	$2410^{m^2},24$

Soit 24 ares 10 centiares.

DEUXIÈME PARTIE

LEVÉ DES PLANS

CHAPITRE I

PRÉLIMINAIRES

70. — Le **levé des plans** a pour but d'indiquer sur le papier la figure d'un terrain.

Dans le levé des plans, comme en arpentage, les lignes non horizontales se mesurent comme il a été indiqué au nº 29, c'est-à-dire que l'on mesure la projection de la ligne sur un plan horizontal et non la ligne elle-même. De sorte que, dans le levé des plans, *on reproduit une figure semblable à la projection du contour du terrain sur un plan horizontal.*

71. — Le levé des plans comprend deux séries d'opérations :

1º *Prendre les mesures sur le terrain et les noter sur un croquis ;*

2º *Exécuter le dessin à l'échelle.*

72. — Dans le levé des plans, on emploie ordinairement : *la chaîne, l'équerre d'arpenteur, le graphomètre, le pantomètre, la boussole et la planchette.*

Le graphomètre, le pantomètre et la boussole d'arpenteur, servent à mesurer les angles. La planchette permet de tracer immédiatement sur le papier des angles égaux à ceux que forment entre eux les alignements sur le terrain. Il sera question de ces instruments aux chapitres III, IV et V.

§ I. — Des échelles.

73. — **L'échelle d'un plan** est le rapport constant des lignes du plan aux lignes homologues de la surface qu'il représente.

On dit, par exemple, qu'un plan est à l'échelle de $\frac{1}{200}$ lorsqu'une droite de 1 décimètre sur le papier représente une longueur de 200 fois 1 décimètre ou 20 mètres sur le terrain.

74. — L'échelle d'un plan peut s'indiquer de deux manières différentes, soit sous la forme d'une fraction décimale, soit sous la forme d'une fraction ordinaire. Ainsi on écrit :

Échelle de $\frac{1}{1\,250}$, lorsque 1 250 mèt. sur le terrain sont représentés par une longueur de 1 mèt. sur le papier ;

Échelle de $0^{m},0008$, lorsqu'un mèt. du terrain est représenté sur le papier par une longueur de $0^{m},0008$.

On peut remarquer que l'échelle de $\frac{1}{1\,250}$ et l'échelle de 0,0008 sont identiques, car $\frac{1}{1\,250} = 0,0008$.

Les principales échelles usitées dans le levé des plans sont :

L'échelle de $\frac{1}{1\,000}$ ou de 1 millim. par mètre pour les plans parcellaires ;

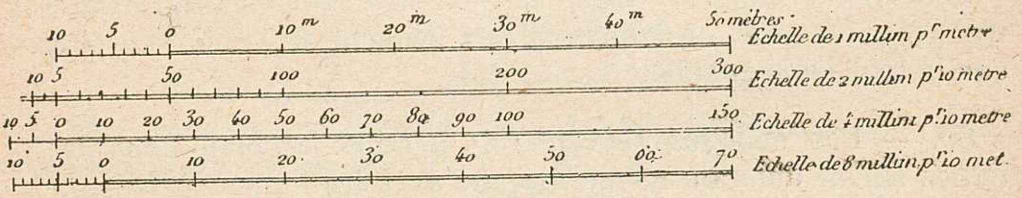
L'échelle de $\frac{1}{5\,000}$ ou de 2 millim. par 10 mètres,
L'échelle de $\frac{1}{2\,500}$ ou de 4 millim. par 10 mètres,
L'échelle de $\frac{1}{1\,250}$ ou de 8 millim. par 10 mètres,
pour les plans d'ensemble et pour le cadastre.

75. **Échelle graphique.** — On appelle échelle graphique, ou simplement échelle, une droite divisée en parties égales dont chaque division représente 1 mètre sur le terrain.

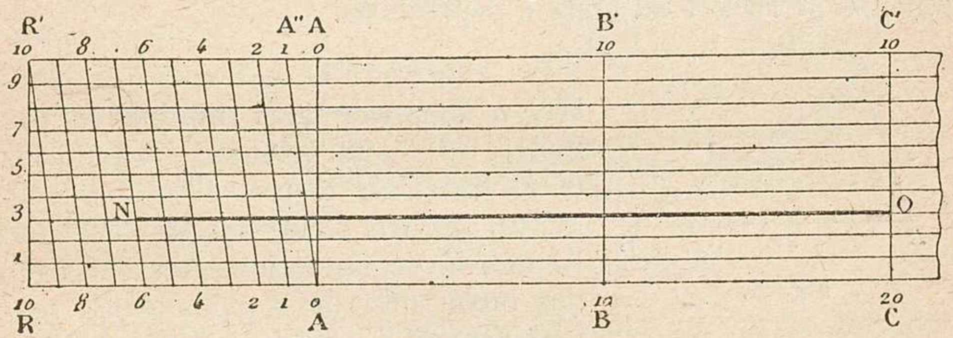
La première de ces échelles peut être remplacée par le double-décimètre à biseau employé en dessin.

76. **Construction de l'échelle graphique.** — Soit à construire l'échelle de 4 millimètres pour 10 mètres. On prend sur une droite ou sur le bord d'une bande de papier des longueurs de 4 millimètres, et l'on divise la première de ces longueurs en dix parties égales; chacune d'elles correspond à un mètre.

77. **Échelle des dixièmes.** — L'échelle des dixièmes est une échelle qui permet d'évaluer les dixièmes des plus petites divisions tracées (fig. 55).



Échelles simples.



Échelle des dixièmes.

Fig. 55. — Différentes sortes d'échelles.

78. **Construction de l'échelle des dixièmes.** — 1° Tracer une série de parallèles limitant 10 divisions égales;

2° A partir de la perpendiculaire commune RR', construire l'échelle donnée sur les lignes extrêmes RC, R'C';

3° Joindre les divisions CC', BB', AA', puis les divisions décimales 0, 1, 2, 3... de RA aux points 1, 2, 3, 4... de R'A'.

Sur cette échelle des dixièmes, la ligne oblique AA'' s'éloigne successivement de la ligne de AA', de 1, 2, 3... 9 dixièmes. Il en est de même des autres obliques parallèles à AA''. L'éloignement est de 1 dixième sur la première parallèle à RC, de 2 dixièmes sur la deuxième parallèle, et ainsi de suite.

Pour la construction de cette échelle, le papier quadrillé est très avantageux, car il supprime le tracé du réseau de parallèles.

79. — Pour mesurer une ligne à l'aide de l'échelle des dixièmes, on prend une ouverture de compas égale à la longueur de la ligne à mesurer. On place une des pointes de compas sur l'une des perpendiculaires BB′, CC′, etc..., de manière que l'autre pointe arrive dans l'espace RA, et l'on fait glisser la pointe placée sur CC′, par exemple, jusqu'à ce que l'autre pointe, que l'on maintient sur une même parallèle horizontale, arrive à toucher une des lignes obliques de l'espace R′A.

Soit NO la longueur mesurée : on lira 26m,3 pour la ligne mesurée. En effet, on trouve 26 sur l'échelle RC et 0,3 en plus sur la troisième parallèle horizontale.

80. — Les échelles servent : 1o à faire un plan dont les lignes soient dans un même rapport avec les lignes correspondantes du terrain ; 2o à juger, d'après un plan déjà fait, des dimensions réelles du terrain représenté.

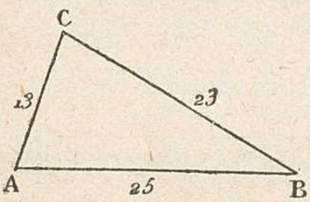


Fig. 56.

81. **Exemple I.** — Soit à représenter, à l'échelle de 1 millimètre par mètre, un champ triangulaire dont les côtés ont 25m, 23m et 13m. Le décimètre servira d'échelle. On fera une ligne AB de 25 millimètres, et avec des ouvertures de compas ayant respectivement 13 millim. et 23 millim., on décrira, des points A et B, des arcs de cercle qui, en se coupant, détermineront le point C; on mènera les lignes AC et BC.

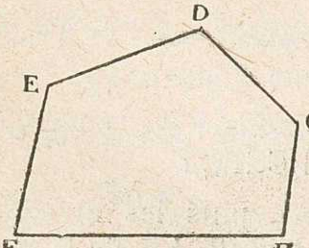


Fig. 57.

82. **Exemple II.** — Soit FHCDE un plan à l'échelle de $\frac{1}{2}$ millim. par mètre. Pour se rendre compte de la grandeur du terrain représenté, on mesure à l'aide de l'échelle les diverses dimensions de ce plan. Ainsi FH ayant 24 millimètres, cette ligne a réellement 48 mètres.

83. **Remarque.** — On doit toujours indiquer sur un plan à quelle échelle il a été construit.

§ II. — Construction des angles.

84. — La construction des angles est très importante dans le levé des plans. Nous indiquerons deux modes de construction.

1° *A l'aide du rapporteur ;*

2° *A l'aide de la table des cordes.*

I. — Rapporteur.

85. — Le *rapporteur* est un demi-cercle gradué, en corne transparente ou en cuivre. Le bord circulaire ou *limbe* est divisé en 180 degrés (quelquefois en demi-degrés).

Les divisions sont inscrites de 10 degrés en 10 degrés, et l'inscription est double, afin que l'on puisse compter les arcs de droite à gauche ou de gauche à droite. Le diamètre AB se nomme *ligne de foi.*

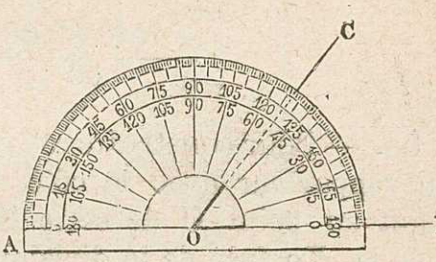


Fig. 58. — Rapporteur.

86. **Remarque.** — Ce mode de division du cercle en 360° prend le nom de *division sexagésimale,* parce que chaque degré se subdivise en 60 parties appelées *minutes*, et chaque minute en 60 *secondes*.

Il existe une autre manière de diviser le cercle, basée sur le système décimal et qui tend à se généraliser de plus en plus ; on la désigne sous le nom de *division centésimale.*

Dans ce système, la circonférence est divisée en 400 parties désignées sous le nom de *grades*. Chaque grade est divisé en cent *centièmes* ou *minutes,* chaque minute en cent *dix-millièmes* ou *secondes*. Pour éviter les confusions, on écrit : $54^g\ 92^{`}\ 45^{``}$, qu'on lit : cinquante-quatre grades, quatre-vingt-douze minutes, quarante-cinq secondes.

87. **Problème.** — *Transformer des grades en degrés.*

Soit à exprimer en degrés un angle de $82^g\ 34^{`}\ 20^{``}$.

Dans le système sexagésimal le quadrant vaut :

$$90 \times 60 \times 60 = 324\,000''$$

Dans le système centésimal le quadrant vaut :

$$100 \times 100 \times 100 = 1\,000\,000``.$$

On peut donc écrire la proportion :

$$\frac{324\,000}{1\,000\,000} = \frac{x}{823\,420},$$

d'où :

$$x = \frac{324\,000 \times 823\,420}{1\,000\,000} = 266\,788'',08;$$

$$\frac{266\,788,08}{60} = 4\,446'8'',08;$$

$$\frac{4446'8'',08}{60} = 74^\circ 1'8'',08.$$

88. — Pour construire un angle, on fait coïncider le diamètre du rapporteur avec le côté donné, le centre du rapporteur étant au point O de cette ligne, choisi comme sommet de l'angle. En face de la division du limbe indiquant la grandeur de l'angle on marque un point C, que l'on joint au point O. L'angle BOC est l'angle demandé.

II. — Table des cordes.

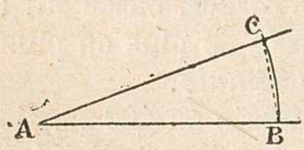


Fig. 59.

89. — La *table des cordes* est un tableau qui donne, en fraction décimale du rayon d'un cercle quelconque, les longueurs des cordes correspondantes aux arcs, et par suite, aux angles.

Par exemple, pour l'angle A, la table donne, en fraction de AB, la longueur de la corde BC; c'est le quotient $\frac{BC}{AB}$.

90. **Problème.** — *A l'aide des tables des cordes, construire un angle de 23°.*

TABLE DES CORDES

ANGLES	CORDES	ANGLES	CORDES
0°	0,000	15°	0,261
1	017	16	278
2	035	17	296
3	052	18	313
4	070	19	330
5	087	20°	0,347
6	105	21	364
7	122	22	382
8	140	23	399
9	157	24	416
10°	0,174	25	433
11	192	26	450
12	209	27	447
13	226	28	484
14	244	29	501
15	261	30°	0,518

On trace une droite quelconque, AB, par exemple, de 5 centimètres, et du point A comme centre avec AB pour rayon on décrit un arc BMC. On cherche dans la table la corde correspondante à 23°; on trouve 0,399. Ce nombre exprime la longueur de la corde, la longueur du rayon étant *un*. Sa longueur pour le cas actuel, où le rayon est de 5 centimètres, sera : $5 \times 0{,}399 = 1$ centim. 995.

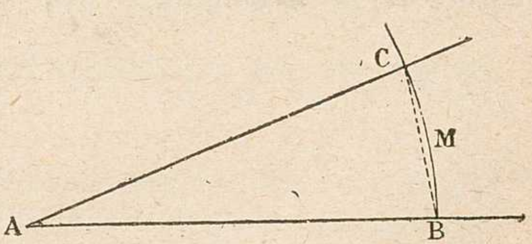


Fig. 60.

Du point B, avec un rayon de 19 millim. 9 dixièmes, on coupe le premier arc au point C, et on mène AC.

91. **Remarque I.** — Dans la pratique, on fait ordinairement AB = 1 décimètre.

92. **Remarque II.** — Une table des cordes allant jusqu'à 30° peut suffire, à la rigueur, pour construire un angle d'une grandeur quelconque. Car avec la règle et le compas on construit rigoureusement les angles de 45° et de 60° ; la bissectrice de l'angle de 60° donne l'angle de 30°.

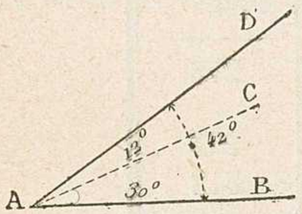


Fig. 61.

Ainsi, pour construire un angle de 42°, on fera d'abord un angle CAB de 30°, puis, à l'aide de la table des cordes, un angle CAD de 12°.

92. **Problème.** — *Construire un angle de* 25° 12 *minutes.*

La table des cordes ne contient pas cet angle, mais il est compris entre 25 et 26 degrés. Or la différence des cordes de ces deux angles est 0,450 — 0,433 = 0,017. Cette différence vient des 60 minutes ajoutées à l'angle de 25 degrés. Ainsi la corde de l'angle de 25° est augmentée de 0,017 lorsqu'on a un angle de 25° 60′ ; pour un angle de 25° 12′, cette augmentation sera donnée par la proportion suivante :

$$\frac{x}{12} = \frac{17}{60}; \text{ d'où } x = \frac{17 \times 12}{60} = 3{,}4.$$

La corde de l'angle de 25° 12′ est donc :

$$0{,}433 + 0{,}0034 = 0{,}4364.$$

On construira l'angle avec cette corde.

Nota. — On trouvera à la fin de cet ouvrage une table des cordes de 10 en 10 minutes pour les 180 premiers degrés.

(1) Ang.° en el centro del exágono, cuyo lado es igual al radio.

Tabla de las Tangentes - Geometría, pág. 120

CHAPITRE II

EXPOSÉ DES MÉTHODES DIVERSES DE LEVÉ DES PLANS

93. — *On distingue cinq méthodes principales de levé des plans :*

1o La méthode par *décomposition en triangles;*

2o La méthode par *alignement* ou *méthode par directrice;*

3o La méthode par *rayonnement;*

4o La méthode par *intersection;*

5o La méthode par *cheminement.*

94. — *D'après l'instrument que l'on emploie, on distingue aussi :*

Le levé à la *chaîne* ou *levé au mètre;*

Le levé à l'*équerre;*

Le levé au *graphomètre* ou au *goniomètre;*

Le levé à la *planchette;*

Le levé à la *boussole.*

§ I. — Méthode par décomposition en triangles.

95. — Les méthodes par *décomposition en triangles* et par *alignement* ont déjà été exposées dans la première partie de cet ouvrage, en traitant de l'arpentage à la chaîne seule, et à la chaîne et à l'équerre.

96. **Levé des plans à la chaîne.** — Pour lever le plan d'un terrain, **à la chaîne seule**, par décomposition en triangles, on

opère comme il est dit aux nos 49 à 54; on le décompose en triangles, on mesure les côtés de tous les triangles et on inscrit ces mesures sur un croquis. On a ainsi tous les éléments nécessaires pour dessiner le plan.

97. **Problème.** — *Construire ou dessiner un plan levé à la chaîne.*

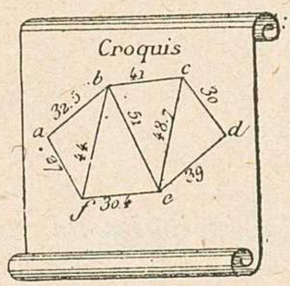


Fig. 62.

Côtés.	Diagonales.
AB . . . 32,5	. . . .
BC . . . 41	BF . . . 44
CD . . . 30	BE . . . 51
DE . . . 39	CE . . . 48,7
EF . . . 30,4	. . . .
FA . . . 27	. . . .

Au lieu d'écrire les mesures sur le croquis, on peut former un tableau.

Il suffit de construire, dans le même ordre et dans le même sens que sur le terrain, les différents triangles dont on connaît les trois côtés. Si l'on emploie l'échelle de 1 millim. par mètre, on prend, pour les côtés du triangle ABF (fig. 63), 27 millim., 44 millim. et 32 millim. 5; pour les côtés du triangle BEF, 44, 51 et 30 millim. 4, etc...

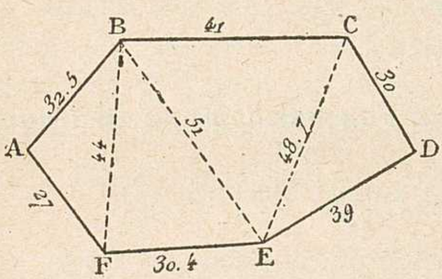


Fig. 63. — Plan levé à la chaîne (échelle de 0,0005).

98. **Levé des plans à l'équerre.** — Pour lever le plan d'un terrain à l'aide de *la chaîne et de l'équerre*, en le décomposant en triangles, on opère comme il a été indiqué au no 56. On mesure ensuite la base et la hauteur de chacun des triangles. Lorsqu'on a en vue de faire le plan du terrain, il faut toujours déterminer, par des mesures, le pied de la hauteur de chaque triangle, ce qui n'est pas nécessaire lorsqu'on se borne à en obtenir la surface. Ainsi, au no 54, on mesurera AD, soit AD = 15m,20; au no 56, on mesurera AH, AI et AF, soient AH = 43m,5, AI = 52m,8 et AF = 27m,4.

99. **Problème.** — *Dessiner les plans des terrains arpentés à l'équerre aux* nos 54 *et* 56.

100. — Pour dessiner le plan du champ triangulaire ABC (nº 54) à l'échelle de 1 millim. par mètre, on mène une ligne AC de 49 millim. 8 (fig. 64). On marque le point D à 15 millim. 2 du point A, on élève la per-

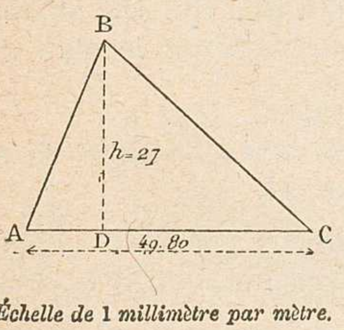


Fig. 64.

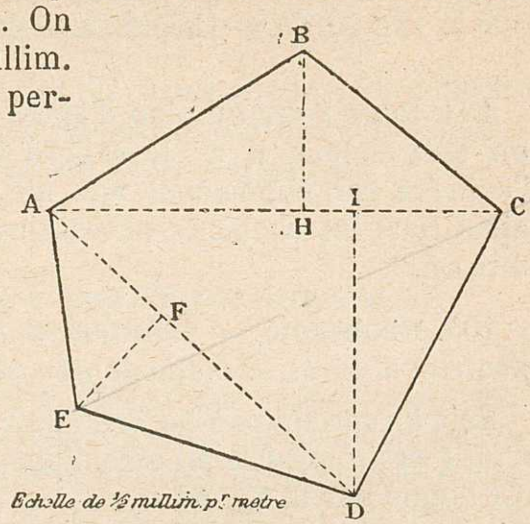


Fig. 65.

Plans levés à la chaîne et à l'équerre.

pendiculaire BD, que l'on fait égale à 27 millim., et l'on termine le triangle en menant les lignes AB et BC.

101. — Pour reproduire, à l'échelle d'un demi-millimètre par mètre, le plan (fig. 65) du champ polygonal arpenté au nº 56, on procède pour chaque triangle comme on vient de faire ci-dessus, en prenant pour chaque dimension autant de demi-millimètres que cette dimension contient de mètres. Importante

102. **Vérification du levé d'un plan.** — Un levé de plan peut être défectueux soit à cause d'erreurs commises dans les opérations faites sur le terrain, soit parce qu'on a mal reporté les longueurs sur le levé du plan. *Il est donc utile de vérifier les plans.*

On peut vérifier un plan en mesurant une distance quelconque sur le terrain. La même distance mesurée sur le levé de plan, avec l'échelle employée à le construire, doit être égale à la mesure obtenue sur le terrain. C'est ainsi que dans le levé de plan de la figure 65, la distance EC mesurée sur le terrain doit se retrouver égale à la distance EC sur le levé de plan, mesurée à l'échelle de $^1/_2$ millimètre.

§ II. — Méthode par alignement.

103. Pour lever un plan d'après *la méthode par alignement*, on agit comme il a été exposé à la méthode d'arpentage à l'équerre par alignement aux nos 59, 60, 61, etc. On obtient ainsi tous les éléments nécessaires pour dessiner le plan du terrain.

104. **Problème.** — *Construire un plan levé à l'équerre d'arpenteur d'après la méthode par alignement.*

Soit à reproduire à l'échelle de 1 millimètre par mètre le plan d'un terrain mesuré à l'aide d'une directrice et dont le croquis est donné par la fig. 66.

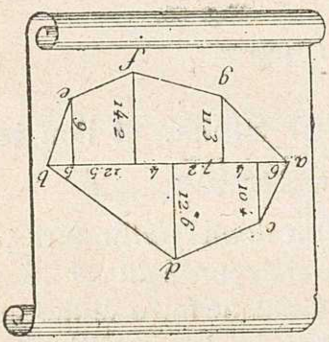


Fig. 66. — Croquis.

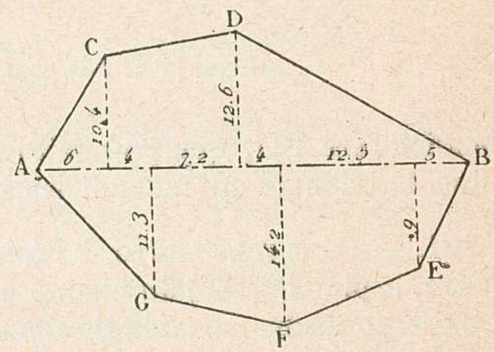


Fig. 67. — Plan à 1 millim. par mètre.

Levé à l'équerre par alignement.

Sur une ligne AB (fig. 67), on porte successivement 6 millim., 4 millim., 7 millim. 2, etc., comme l'indique le croquis; (1) et, par les points ainsi déterminés sur AB, on élève des perpendiculaires sur lesquelles on porte les longueurs correspondantes : 10 millim. 4, 11,3 millim., 12,6 millim., etc. Tous les sommets du polygone sont ainsi déterminés, et l'on n'a plus qu'à les joindre deux à deux.

105. **Vérification du plan.** — Comme vérification, on peut mesurer sur le terrain les distances DG et GE. On doit obtenir les mêmes mesures sur le plan.

106. **Remarque.** — On procéderait d'une manière analogue pour lever le plan d'un terrain arpenté à l'aide d'un polygone inscrit ou d'un polygone circonscrit (nos 62 et 63).

(1) Es mejor tomar las distancias ~~acum~~ acumuladas, o sea a partir todas del origen A. (N: 25)

Si le périmètre était curviligne, on ferait passer un trait continu par les extrémités des ordonnées, de manière à tracer une courbe analogue à celle qui limite le terrain (nos 68 et 69).

107. — La méthode de levé des plans par alignement a l'avantage de donner les éléments nécessaires pour obtenir la superficie du terrain. Cette méthode est facile à appliquer.

§ III. — Méthode par rayonnement.

108. — La méthode de levé des plans *par rayonnement* consiste : 1° à joindre, par des alignements, un point du terrain aux différents sommets de son périmètre ; 2° à mesurer la longueur de ces lignes jalonnées, et les angles que forment ces droites entre elles.

109. **Station.** — On nomme **station** le point du terrain choisi pour être joint aux différents sommets du périmètre.

Il faut choisir comme station un point d'où l'on puisse voir tous les sommets du polygone. Ce point peut quelquefois être un des sommets du polygone.

On forme un tableau des mesures prises, ou bien on les inscrit sur le croquis.

110. **Problème.** — *Construire un plan levé par rayonnement.*

Soit (fig. 68) le croquis d'un plan levé par rayonnement.

Angles.	Rayons.
AOB. . . . 68°17′	OA 59m,50
BOC. . . . 72°22′	OB 34m,20
COD. . . . 70°45′	OC 34m,60
DOE. . . . 46°25′	OD 40m,12
EOF. . . . 80°18′	OE 48m,80
337°27′	OF 64m,70

FOA . . . 22°33′

360°00′

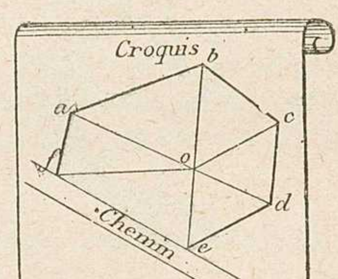


Fig. 68.
Levé par rayonnement.

Pour obtenir le plan ABCDEF (fig. 69), à l'échelle d'un demi-millimètre par mètre, on fait autour du point O, au rapporteur ou à l'aide de la table des cordes, les angles dont les valeurs sont indiquées au tableau ci-contre, et l'on donne aux côtés des

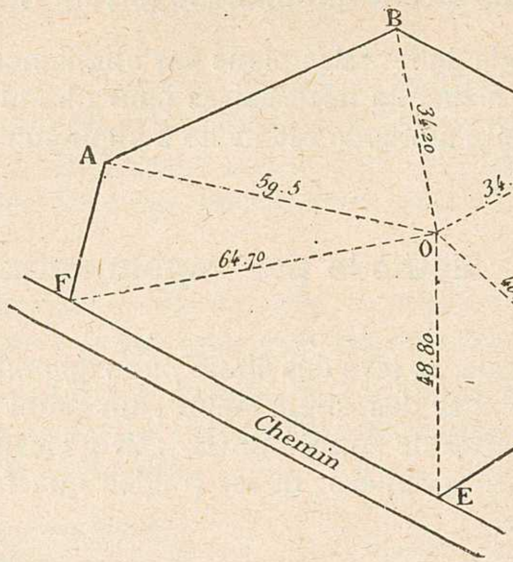


Fig. 69. — Levé par rayonnement. (Échelle de 0,0005).

longueurs : OA = 29 millim. 7, OB = 17 millim. 1, OC = 17 millim. 3, etc... On mène ensuite AB, BC, CD, etc.

111. Vérification du plan. — On mesure sur le terrain un côté quelconque, DC, par exemple ; ce côté, évalué à l'échelle sur le plan, doit donner la même mesure.

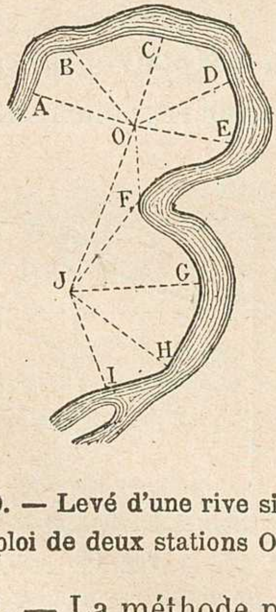


Fig. 70. — Levé d'une rive sinueuse. Emploi de deux stations O et J.

Fig. 71. Levé d'un carrefour.

112. — La méthode par rayonnement demande un chaînage laborieux; elle est cependant avantageuse quand on doit lever le plan de terrains peu étendus. On a recours à cette méthode pour lever les cours d'eau très sinueux (fig. 70), les che-

(1) En este caso nos ofrece una verificación del plano la fijación del punto F determinado desde cada una de las estaciones J y O

mins accidentés, les carrefours et les rues qui y débouchent (fig. 71), etc.

113. — La figure 70 montre que l'on peut relier ensemble plusieurs rayonnements au moyen d'une ligne OJ qui joint les deux stations. Le triangle OJF détermine la position des points O et J des deux stations. (1)

114. **Remarque.** — Lorsque, au lieu d'évaluer les angles en O (fig. 69), on mesure les côtés AB, BC, CD, DE.., on retombe dans un cas particulier du levé à la chaîne.

Nota. — Le levé par rayonnement s'effectue avec le *graphomètre* et avec la *planchette*. (Voir plus loin, chap. III.)

§ IV. — Méthode par intersection.

115. — La méthode de *levé des plans par intersection* consiste à joindre deux stations à tous les sommets du polygone, à mesurer la longueur de la droite qui réunit les deux stations, ainsi que les angles que cette droite forme avec chacune des lignes menées des sommets du polygone à chaque station.

Chaque sommet du périmètre se trouve déterminé par l'intersection de deux lignes.

116. **Base d'opération.** — On nomme **base d'opération** la droite qui joint les deux stations.

Cette base doit être choisie de manière qu'on aperçoive de ses extrémités tous les points à relever. Il importe qu'elle ait une certaine étendue, et qu'elle soit, autant que possible, horizontale. On la mesure avec la plus grande exactitude. Souvent on la mesure deux et même trois fois, et on prend la moyenne des longueurs trouvées.

117. **Problème.** — *Construire un plan levé par intersection.*

Soit à dessiner, à l'échelle de 1 millimètre par mètre, le plan du terrain donné par le croquis (fig. 72), et le tableau ci-contre.

On trace une droite AB de 45 millim. (fig. 73) représentant la base *ab*. Aux extrémités A et B on fait les angles CAB, DAB, etc., respectivement égaux aux valeurs indiquées sur le tableau du croquis. Les intersections des côtés des angles déterminent les points C, D, E, F, G.

En joignant ces points entre eux, on obtient le plan demandé.

Angles en A		Angles en B	
CAB....	115°20′	ABC....	35°49′
DAB....	30°17′	ABD....	102°32′
EAB....	33°40′	ABE....	118°12′
FAB....	89°47′	ABF....	54°14′
GAB....	127°54′	ABG....	26°25′

AB = 45 mètres.

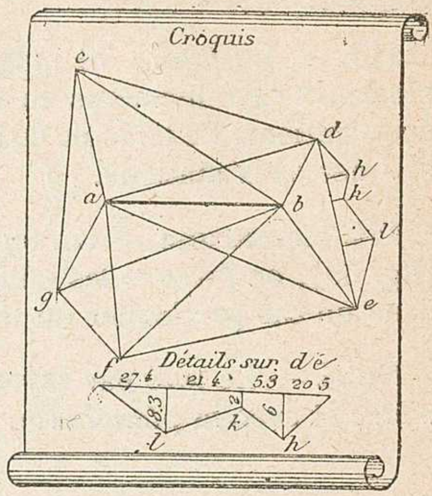


Fig. 72. — Levé par intersection.

118. **Remarque I.** — Généralement, si une partie du périmètre est très sinueuse, comme l'est DHKLE, on la relève à part à l'aide d'une directrice DE.

$\widehat{CAE} = \widehat{CAB} + \widehat{EAB} = 115°20' + 33°40' = 149°$

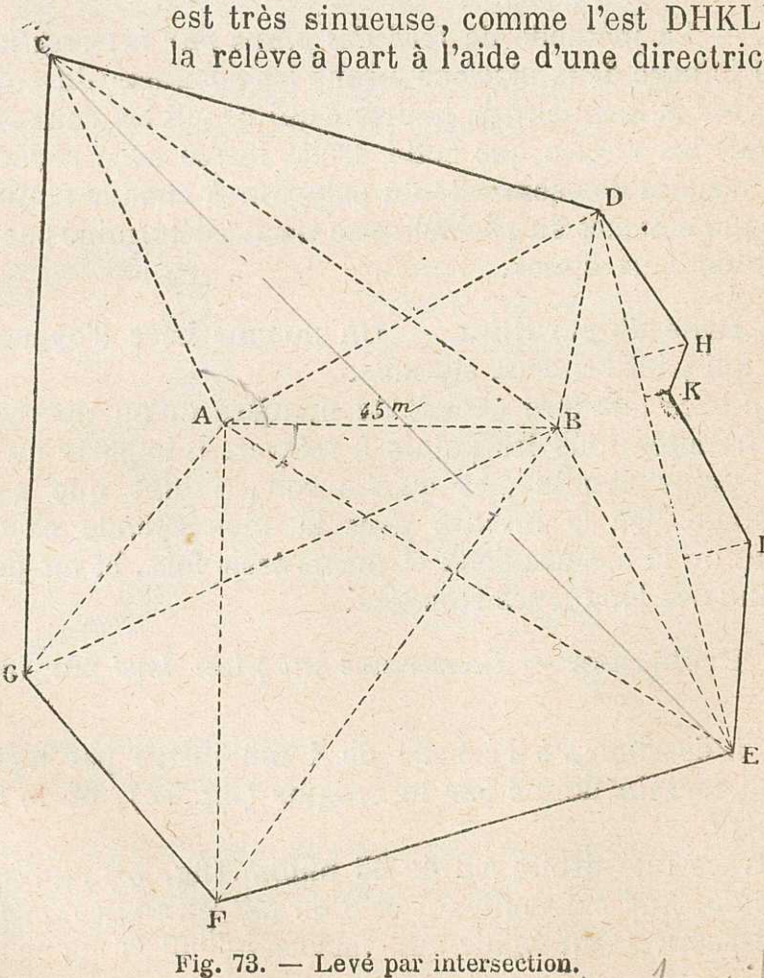


Fig. 73. — Levé par intersection.

Completar este ejercicio calculando las longitudes de los distintos radios y construyendo después la misma

119. Remarque II. — Il faut éviter que les droites qui vont à un même sommet se coupent sous un angle trop aigu, car il serait alors difficile de bien déterminer ce sommet.

120. Remarque III. — Si, au lieu de mesurer les angles en A et en B, on mesurait les rayons qui partent de ces stations, on aurait un simple levé à la chaîne. Chacun des sommets serait alors déterminé par un triangle dont on connaîtrait les trois côtés. Le point C, par exemple, serait déterminé par le triangle ABC.

On voit combien une telle méthode serait longue, à cause du chaînage de tous les rayons.

121. Vérification. — On peut, comme vérification, mesurer sur le plan et sur le terrain les distances FE, EC.

122. — La méthode de levé des plans par intersection est rapide, mais quelquefois peu exacte. Elle est surtout employée lorsqu'on ne peut aborder les sommets du polygone. On l'utilise, en temps de guerre, pour relever le plan des fortifications.

Nota. — La méthode par intersection se pratique avec le *graphomètre* et la *planchette*. (Voir plus loin, chap. III.)

(·) Para la comprobación de la suma de los ángulos, puesto que el interior del polígono es, efectivamente, 242°

§ V. — Méthode par cheminement.

123. — La méthode de levé des plans *par cheminement* consiste à mesurer les divers côtés du périmètre d'un terrain, ainsi que les angles que ces côtés font entre eux.

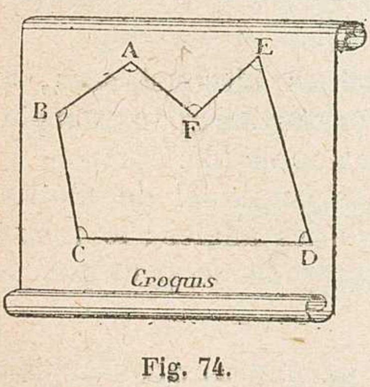


Fig. 74.
Levé par cheminement.

Côtés.	Angles.
AB. . . . $18^m,40$	A. . . . . 106°10′
BC. . . . $14^m,60$	B. . . . . 100°30′
CD. . . . 39^m	C. . . . . 131°50′
DE. . . . $30^m,50$	D. . . . . 78°10′
EF. . . . $16^m,80$	E. . . . . 61°20′
FA. . . . $18^m,80$	F. . . . . 242°
	720°

En F, il faut compter 360° moins l'angle aigu AFE, c'est-à-dire 360 — 118 = 242. (·)

Le polygone ayant 6 côtés, la somme des angles doit égaler 4 fois 2 droits ou 8 droits, soit 720°.

fig. 73 por medio de las longitudes de los tres lados de cada triángulo. Calcular EC, por medio del triángulo CAE y

On se transporte à chaque sommet pour mesurer chaque angle.

La somme des angles doit égaler autant de fois deux droits qu'il y a de côtés moins deux.

124. **Problème.** — *Construire un plan levé par cheminement.*

Pour construire le plan A'B'C'D'E'F' à l'échelle de 1 millim. par mètre (fig. 75), on porte 39 millim. sur C'D', et on fait

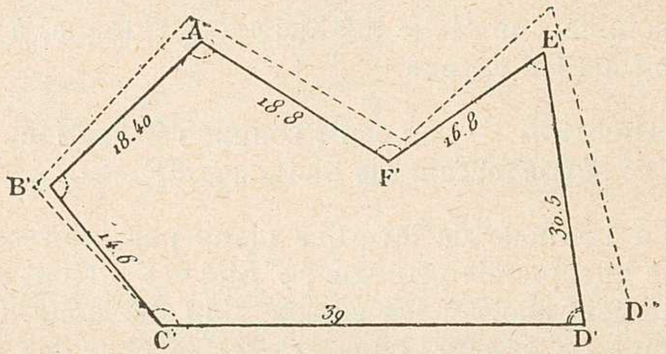


Fig. 75. — Levé par cheminement.

'angle C' de 131°50' ; on porte 14 millim. 6 sur C'B', puis on fait 'angle B' de 100°40', et ainsi de suite. On obtient A'B'C'D'E'F', le plan demandé.

125. **Remarque I.** — Il arrive souvent que le polygone ne se ferme pas, et que l'on obtient, par exemple, au lieu du périmètre D'C'B'A'F'E', un contour (fig. 75) comme celui marqué en ligne pointillée. Rien n'indique si l'erreur provient de la mesure des lignes ou de celle des angles sur le terrain, ou du report des angles et des côtés dans le levé du plan. L'unique ressource est alors de recommencer les constructions graphiques, et, si l'on n'obtient pas de meilleur résultat, de refaire les opérations sur le terrain.

126. **Remarque II.** — Dans certaines circonstances, la méthode par cheminement est la seule praticable ; par exemple, pour lever le plan d'une forêt, d'un champ de blé. "cereal"

Dans cette méthode, le changement continuel de station est une cause d'erreur dans la mesure des angles ; le report du plan est difficile, et souvent le polygone ne peut pas se fermer.

127. **Nota.** — Dans la méthode par cheminement on emploie de préférence la boussole.

comprobar si esa longitud calculada coincide con la medida sobre el plano.

§ VI. — Levé du plan d'un terrain dont le contour présente des lignes courbes.

128. — Les méthodes indiquées aux nos 68 et 69, pour arpenter les terrains limités par des courbes, sont aussi employées pour en lever le plan.

Ainsi, pour lever le plan d'un terrain dont le contour présente des lignes courbes, on établit un polygone qu'on nomme *polygone topographique*, aux côtés duquel on rattache les détails du périmètre du terrain, au moyen de perpendiculaires ou ordonnées que l'on peut mener à vue lorsqu'elles ne sont pas trop longues.

Par exemple, pour lever le plan du terrain fig. 76, limité par deux cours d'eau et par les lignes DC et CH, on peut prendre pour polygone topographique le quadrilatère rectiligne ABCD. On lève ce quadrilatere par les procédés ordinaires; par exemple, on mesure les quatre côtés et la diagonale BD.

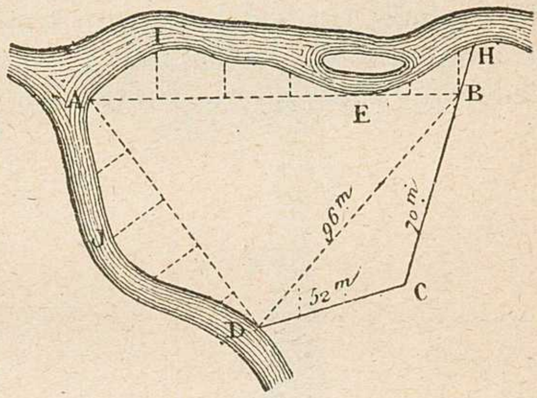


Fig. 76.
Établissement d'un *polygone topographique.*

Pendant le chaînage de la droite AB, on relève de 10 en 10 mètres, ou de 5 en 5, ou de 20 en 20, selon le cas, des ordonnées qui s'arrêtent au périmètre sinueux AIEH.

Le point H est déterminé par le prolongement du côté CB.

On inscrit soit en tableau, soit sur un croquis, les diverses mesures prises sur le terrain.

Éléments du polygone topographique :

AB	108m,50	DA	88m »
BC	70 »	BD	96 »
CD	52 »	BH	17, 50

Souvent on fait un croquis particulier pour chaque courbe; Nous donnons comme exemple les détails sur la courbe AD (fig. 77).

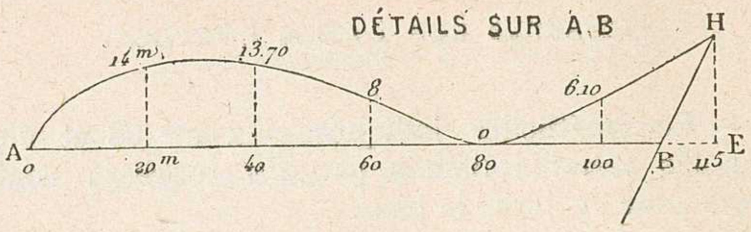


Fig. 77. — Détails agrandis AB, fig. 76.

Au moyen de ces données, on reproduira le plan à une échelle déterminée. On fera passer un trait continu par les extrémités des ordonnées, de manière à tracer des courbes analogues à celles qui limitent le terrain.

CHAPITRE III

INSTRUMENTS GONIOMÉTRIQUES

129. — Les angles à mesurer dans le levé des plans sont obtenus au moyen de deux genres d'instruments.

1o Les *instruments goniométriques*, où les angles sont lus sur un limbe gradué, tels que le graphomètre, le pantomètre et la boussole.

2o Les *instruments goniographiques*, où les directions sont directement tracées sans lecture, comme dans la planchette.

Les angles s'en déduisent et sont en même temps réduits à l'horizon.

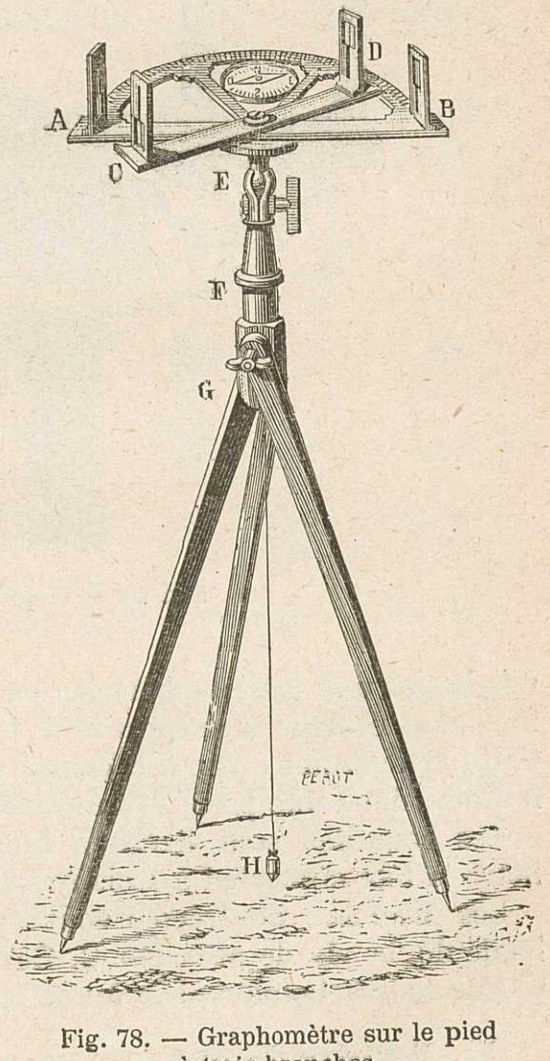


Fig. 78. — Graphomètre sur le pied à trois branches.

§ I. — Graphomètre.

130. **Description.** — Le *graphomètre* (fig. 78) est un instrument destiné à mesurer les angles. Il se compose :

1o *D'un limbe ou d'un demi-cercle évidé*, en cuivre, de 8 à 12 centimètres de rayon, divisé en degrés et en demi-degrés. La graduation est double et peut être lue dans les deux sens.

2° De deux *alidades* ou règles munies aux extrémités de deux pinnules relevées à angle droit. Une de ces alidades CD est mobile autour du centre du limbe; l'autre est fixe et dirigée suivant le diamètre AB du limbe; elle se nomme *ligne de foi* ou de *collimation*.

Le limbe porte en son centre et en dessous, une tige ter-

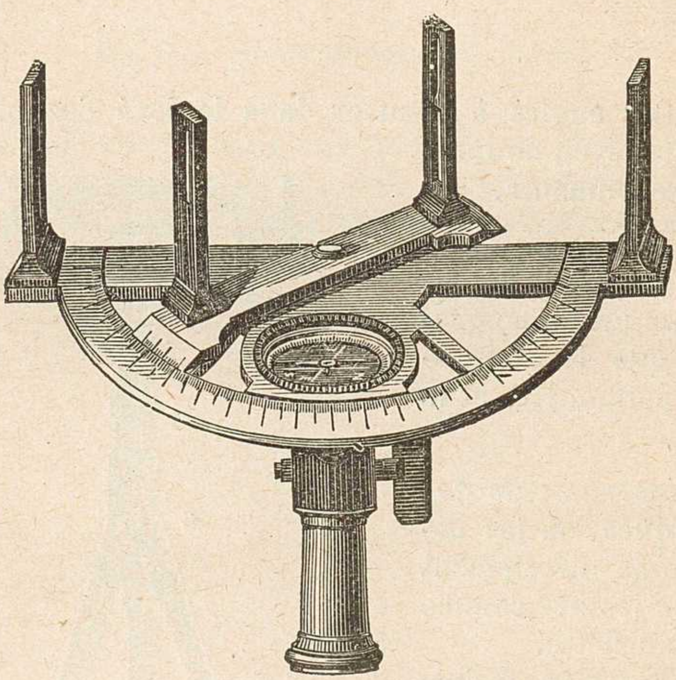


Fig. 79. — Graphomètre.

minée par une petite sphère serrée entre deux coquilles E que l'on peut écarter ou rapprocher à volonté à l'aide d'une vis. Cette articulation, appelée *genou à coquilles*, permet de fixer le limbe dans une position quelconque.

Les coquilles sont fixées à une douille dans laquelle pénètre la tête d'un pied à trois branches.

Les branches du trépied sont mobiles et fixées à un axe à l'aide de la vis de pression G. Cette disposition permet d'employer le graphomètre sur un sol quelconque.

131. Manière de mesurer un angle à l'aide du graphomètre. — Pour mesurer un angle CAB à l'aide du graphomètre, on plante deux jalons sur les côtés de l'angle, et l'on place le graphomètre de manière que le centre du limbe soit sur la verticale passant au sommet A de l'angle. On s'en assure à l'aide d'un fil à plomb. On dispose ensuite le limbe horizontalement à l'aide du niveau à *bulle d'air* (voir n° 253). On dirige l'alidade fixe suivant le côté AB en visant le jalon EB, puis l'alidade mobile suivant le côté AC en visant le alon DC. On lit ensuite sur le limbe du graphomètre le nombre de degrés de l'arc compris entre les deux alidades.

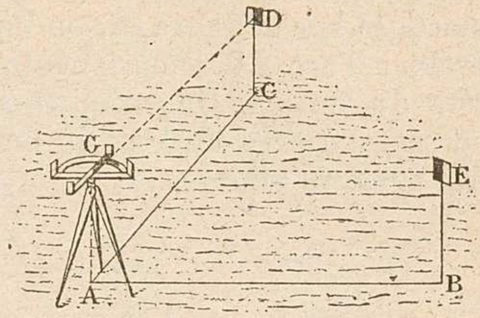


Fig. 80. — Mesure d'un angle.

132. **Remarque.** — *Dans le levé des plans, les angles sont rapportés à l'horizon.* De même qu'on mesure les projections des lignes d'un terrain en pente, de même, pour mesurer un angle IMN qui n'est pas horizontal, on détermine la valeur de l'angle formé par les projections de ses côtés IM et MN sur un plan horizontal. C'est ce qu'on appelle *réduire un angle à l'horizon.* Pour opérer cette mesure de l'angle, on place le graphomètre au sommet de l'angle, on dispose le limbe bien horizontalement, puis on vise les deux jalons P et R comme il a été indiqué au n° 131.

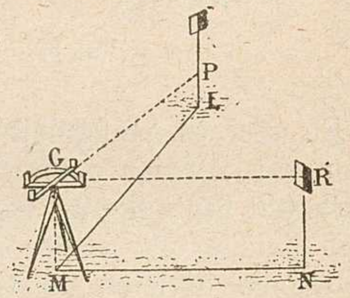


Fig. 81. — Angle réduit à l'horizon.

L'angle PGR est horizontal et représente bien la projection de l'angle IMN.

133. **Lecture de l'angle sur le graphomètre.** — Les divisions du limbe du graphomètre permettent de lire les degrés et les demi-degrés. Les minutes s'évaluent à l'aide d'un arc divisé en 30 parties égales, que porte l'alilade mobile à chacune de ses extrémités. Cet arc se nomme le *vernier du graphomètre.*

Vernier du graphomètre. — Les 30 divisions du vernier n'en valent que 29 du limbe. La différence entre une division du vernier et une division du limbe est donc $\frac{1}{30}$ de division du limbe ou $^1/_{30}$ de demi-degré, c'est-à-dire *une minute.*

Le zéro du vernier est sur la ligne de visée de l'alidade mobile.

Admettons que le zéro de l'alidade se trouve à la position marquée sur la figure 82, on lira sur le limbe 35°; mais il faut évaluer l'arc AB compris entre le 35e degré du limbe et le zéro du vernier. On examine pour cela quel trait du vernier correspond avec un trait du limbe. Ici, c'est le dixième. Ainsi AB égale 10 minutes.

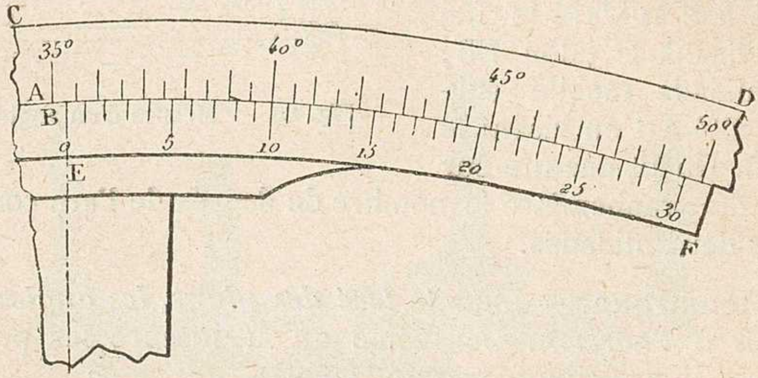


Fig. 82. — Vernier du graphomètre.

En effet, si AB égalait $^1/_{30}$ de demi-degré, la première division du vernier correspondrait avec une division du limbe, puisqu'il faut ajouter $^1/_{30}$ à une division du vernier pour faire une division du limbe; si l'arc AB valait $^2/_{30}$ de demi-degré, la deuxième division du vernier correspondrait à une division du limbe, et ainsi de suite. Donc le nombre de 30es compris dans AB est indiqué par la division du vernier qui est en ligne droite avec une division du limbe. Ce nombre se lit sur le vernier.

134. **Position du vernier.** — L'alidade mobile CD (fig. 83) est munie de deux verniers CE et DF; les points C et D, marqués zéro, correspondent au plan de visée déterminé par les pinnules.

Lorsque l'alidade mobile est placée sur l'alidade AB, les deux verniers se trouvent sur le demi-cercle gradué : le point C en A et le point D en B.

Lorsqu'on mesure un angle, il faut que l'arc du vernier soit en dehors de l'angle à évaluer. Ainsi, dans la position CD, l'alidade est placée pour mesurer l'angle MON, l'arc CE du vernier est en dehors de l'angle; dans la position C'D', l'alidade est disposée pour mesurer l'angle MOL, et non son supplément HOL.

On peut, sans modifier la position C′D′, obtenir cependant la valeur de l'angle HOL. Pour cela, on évalue l'angle MOL en

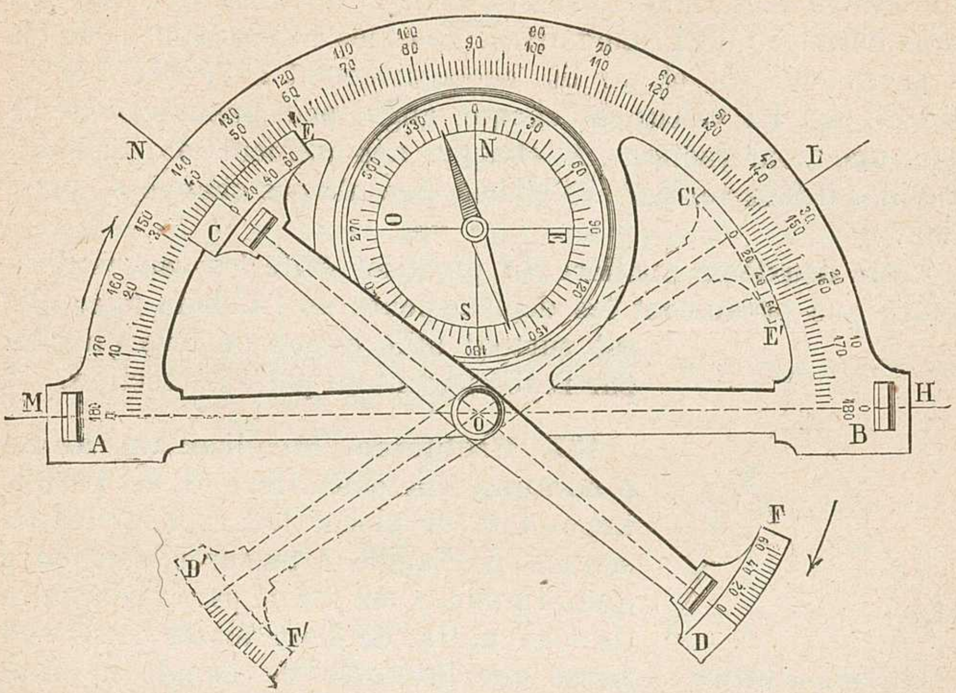


Fig. 83. — Positions du vernier.

degrés et minutes, et l'on retranche de 180° ou 179° 60′ la valeur trouvée.

135. **Problème. Mesurer des angles consécutifs.** — Lorsqu'on a des angles consécutifs à mesurer : AOB, COB (fig. 84),

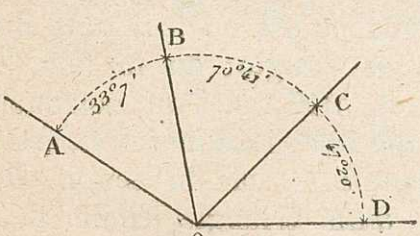


Fig. 84. — Angles consécutifs.

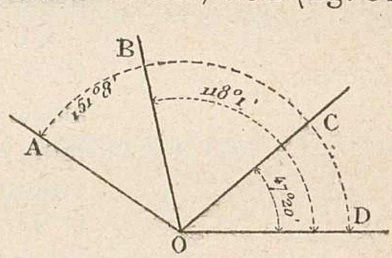


Fig. 85. — Angles cumulés.

on place le graphomètre au sommet commun O, et on dirige l'alidade fixe suivant AO, puis l'alidade mobile suivant OB, et on lit la valeur de l'angle AOB, soit 33° 7′. On dirige ensuite l'alidade fixe suivant OB, et l'alidade mobile suivant OC; on trouve 70°41′ pour l'angle BOC; on opère de même pour la mesure de l'angle COD.

136. — Il est avantageux de *cumuler* les angles. Pour cela, aprés avoir placé l'alidade fixe suivant OD (fig. 85), on conduit successivement l'alidade mobile dans la direction OC, OB, OA, sans déranger le graphomètre. Tous les angles sont comptés à partir de OD, et on lit successivement : 47°20′, 118°1′, 151°8′, etc. La valeur de chaque angle peut ensuite s'obtenir par une soustraction. A chaque déplacement de l'alidade mobile, il faut vérifier si l'alidade fixe n'a pas changé de position.

Cette deuxième manière de procéder évite les causes d'erreurs que produisent les déplacements de l'alidade fixe; elle est surtout utile quand on lève un plan par rayonnement ou par intersection.

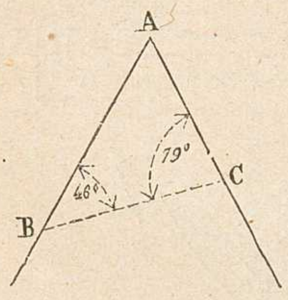


Fig. 86. — Mesure d'un angle à sommet inaccessible.

137. Problème. Mesurer un angle à sommet inaccessible. — Il est parfois impossible de placer le graphomètre au sommet de l'angle à mesurer, soit parce que ce sommet est formé par la rencontre de deux murs, de deux fossés, etc., soit parce que les côtés de l'angle ne sont eux-mêmes accessibles que dans une partie de leur longueur.

Voici deux procédés pour mesurer un tel angle.

138. **1er Procédé.** — Soit à mesurer l'angle A (fig. 86) formé par deux droites AB et AC, dont le point de concours est inaccessible.

On joint deux points quelconques B et C des côtés de l'angle; on mesure les angles ABC et ACB, et l'on retranche leur somme de 180°. La différence est la valeur de l'angle A, car la somme des trois angles d'un triangle égale deux angles droits.

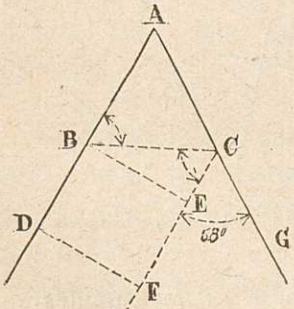


Fig. 87. — Mesure d'un angle à sommet inaccessible.

139. **2e Procédé.** — Sur un des côtés AD de l'angle donné (fig. 87), on élève deux perpendiculaires égales BE, DF, afin d'obtenir une parallèle FC au côté AD, et l'on mesure l'angle FCG, qui est égal à l'angle A comme correspondant.

Remarque. — Pour mener la parallèle CF, on peut mesurer l'angle ABC, déterminé par une droite quelconque BC, et faire un angle BCF égal à ABC.

140. — Le graphomètre peut servir comme l'équerre à mener des perpendiculaires.

1o Ainsi, pour élever une perpendiculaire en un point B d'une droite MN (fig. 88), on placera l'instrument de manière que son centre soit sur la verticale du point B et que l'alidade fixe coïncide avec la droite MN. On placera ensuite l'alidade mobile sur le 90e degré du limbe, et l'on aura la direction de la perpendiculaire.

2o Pour abaisser une perpendiculaire sur une droite d'un point A, pris hors de cette droite (fig. 88), on pourra procéder comme avec l'équerre par tâtonnements, en se maintenant sur la droite MN.

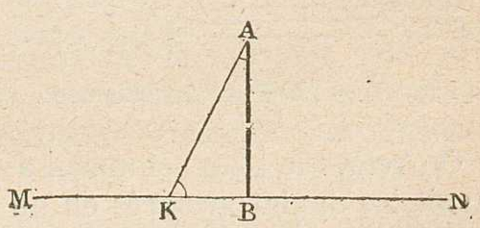


Fig. 88. — Tracé d'une perpendiculaire.

On peut aussi procéder comme il suit : On se place en un point quelconque K de la droite, et l'on mesure l'angle AKB. On plante un jalon au point K, et l'on porte ensuite le graphomètre en A. On met l'alidade fixe suivant AK, et l'on fait tourner l'alidade mobile de manière à obtenir l'angle KAB, complément de l'angle AKB. La direction AB sera la perpendiculaire demandée; car, dans le triangle AKB, la somme des angles A et K vaut un droit ; donc l'angle B est droit.

§ II. — Emploi du graphomètre dans le levé des plans.

Levé au graphomètre.

141. — Dans les méthodes de levé des plans qui nécessitent la mesure des angles, on fait ordinairement usage du graphomètre.

Les levés au graphomètre se font :

1o Par *rayonnement;*

2o Par *intersection;*

3o Par *cheminement.*

142. 1° Par rayonnement. — On place le graphomètre à une station centrale O (fig. 89) ; on évalue, en les cumulant, les angles formés par les rayons OA, OB, OC, OD, OE, et l'on mesure la longueur de ces rayons.

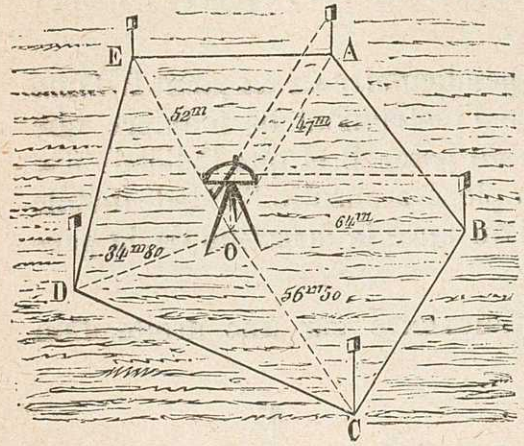


Fig. 89. — Levé par rayonnement.

Côtés.	Angles.
AO… 47m	AOB… 70°12′
BO… 64m	BOC… 47°27′
CO… 56m,50	COD.. 72°15′
DO… 34m,80	DOE… 115°22′
EO… 52m	EOA… 54°44′

359°20'

On relève le plan comme il a été indiqué au n° 110. On construit les angles mesurés en un même point, et l'on porte sur les côtés de ces angles les longueurs correspondantes prises sur l'échelle adoptée.

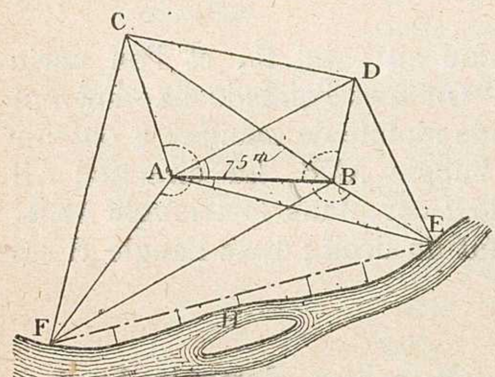
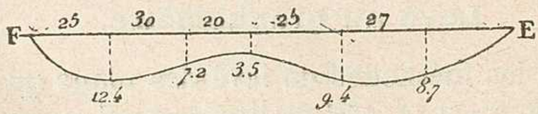


Fig. 90. — Levé par intersection.

Angles relevés.	
Station A	Station B
BAC… 102°18′	ABD… 104°
BAD… 32°25′	ABC… 50°12′
BAE… 20°32′	ABE… 132°45′
BAF… 127°15′	ABF… 40°54′
(1) FAC -- 77°30'	DBE -- 32°9'
360°00'	360°00'



Détails sur EF.

143. 2° Par intersection. — On met successivement le graphomètre aux deux stations A et B (fig. 90) ; on dirige l'alidade fixe suivant AB, et l'on mesure, en les cumulant, les angles en A et en B. On mesure avec soin la base AB.

(1) Pero los ángulos FAC y DBE, según puede observarse en la fig., son obtusos, de modo que los valores del cuadro no son exactos

Pour relever le plan, on mène une ligne d'une longueur égale à 75 divisions de l'échelle employée, et l'on fait aux extrémités de cette ligne des angles égaux à ceux qu'on a trouvés en A et en B.

La partie courbe FHE est relevée à part à l'aide d'ordonnées.

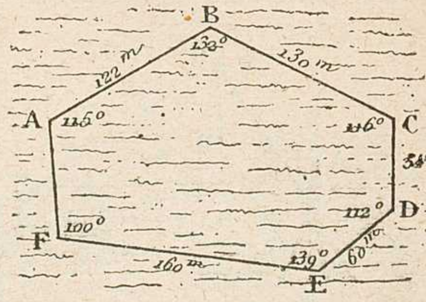


Fig. 91. — Levé par cheminement.

144. 3o Par cheminement. (1) — On transporte le graphomètre en A, puis en B, etc. (fig. 91), et l'on mesure successivement tous les angles et tous les côtés; on s'assure que la somme des angles donne autant de fois 2 angles droits que le polygone a de côtés moins deux. On fait le report, comme il a été indiqué au no 124, on trace AB en prenant sa longueur sur l'échelle adoptée, puis on fait l'angle B de 138°, et ainsi de suite.

Remarque. — Le graphomètre est aujourd'hui un instrument peu employé, très avantageusement remplacé par le pantomètre.

(1) Itinerario, cerrado como en este caso ó abierto n° 160

§ III. — Pantomètre.

145. Description. — Le *pantomètre*, qu'on appelle aussi *équerre tournante*, *goniomètre*, est un instrument composé de deux cylindres creux superposés et de même rayon. Le cylindre inférieur a une fenêtre et une fente diamétralement opposées; son bord supérieur est gradué de 0° à 360°. Le zéro de cette graduation est dans le plan de visée de la fenêtre et de la fente. Le cylindre supérieur est mobile autour de son axe; la rotation se produit au moyen d'une roue dentée intérieure et d'un pignon commandé par le bouton B. Une vis V fixe le cylindre supérieur pour faciliter la lecture. Ce cylindre porte un vernier à son bord inférieur. Il est muni de quatre ouvertures formant deux plans de visée rectangulaires. Le zéro du

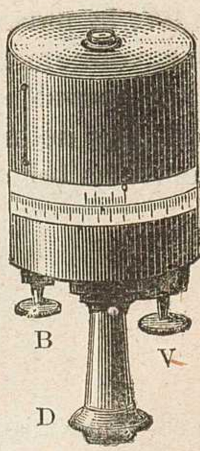


Fig. 92. Pantomètre.

vernier correspond à l'un de ces plans de visée. Une douille D permet de placer l'instrument sur le pied à trois branches.

146. **Emploi du pantomètre.** — Le pantomètre est utilisé pour mesurer les angles et mener des perpendiculaires.

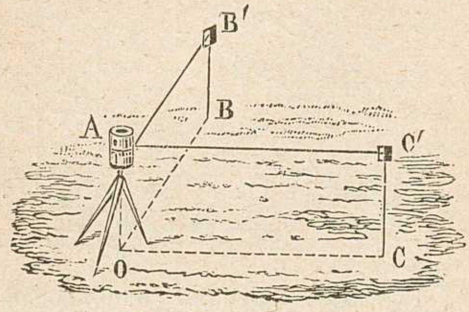


Fig. 93. — Emploi du pantomètre.

Pour mesurer un angle A (fig. 93) à l'aide du pantomètre, on place l'axe de l'instrument au sommet de l'angle, et l'on dirige le plan de visée du cylindre inférieur suivant le côté AB', tandis qu'à l'aide du bouton B on amène le plan de visée correspondant au zéro du vernier dans la direction du côté AC. L'arc compris entre les deux plans de visée donne la mesure de l'angle. Le vernier permet de lire les minutes. Il faut avoir soin que le vernier soit en dehors de l'arc qui mesure l'angle, comme on l'a indiqué pour l'emploi du graphomètre.

Le pantomètre peut toujours remplacer l'équerre, et le graphomètre dans beaucoup de cas.

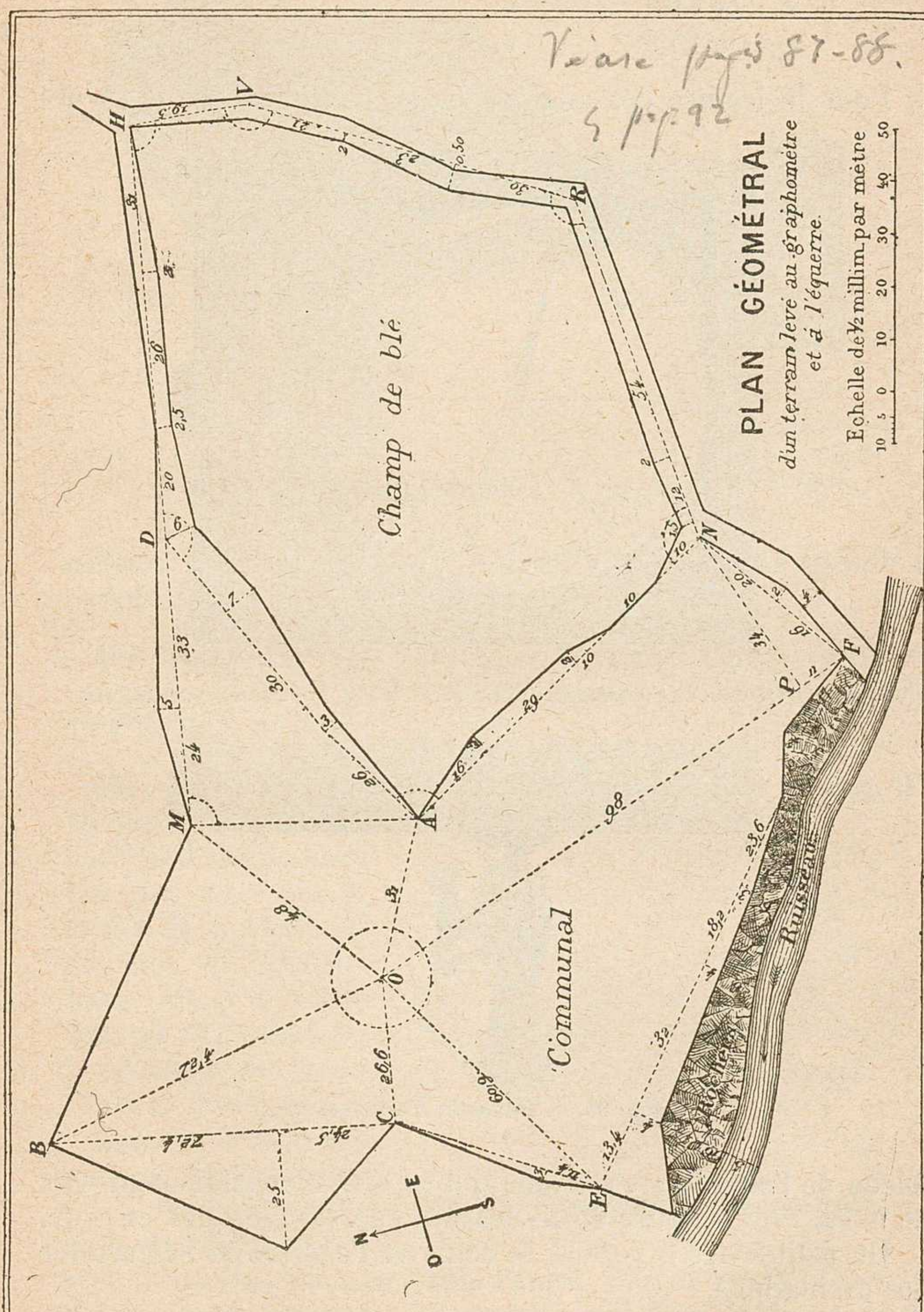
147. **Remarque.** — Dans la pratique, on emploie souvent simultanément les diverses méthodes de levé des plans, suivant que les circonstances l'exigent. Ainsi, dans l'exemple fig. 94, la partie gauche du plan a été levée au graphomètre par rayonnement à la station O. Le champ de blé dans lequel on ne pouvait entrer a été levé par la méthode de cheminement. Les détails ont été relevés à l'équerre, en employant des directrices telles que EF.

§ IV. — Boussole.

148. **Description.** — La *boussole d'arpenteur* se compose d'une aiguille aimantée supportée en son milieu par un pivot, et renfermée dans une boîte vitrée qui porte latéralement une alidade mobile.

Un genou à coquilles permet de placer la boussole sur le pied à trois branches.

149. Graduation. — Les pointes de l'aiguille aimantée passent à proximité d'un limbe circulaire gradué de 0° à 360°.



Le diamètre 0° — 180° est marqué Nord-Sud ; on le nomme *ligne de foi*. Le diamètre 90° — 270° est marqué Est-Ouest.

Ainsi le	0°	de la graduation	est marqué	Nord.
»	le 90°	»	»	Est.
»	le 180°	»	»	Sud.
»	le 270°	»	»	Ouest.

Pour la lecture des angles, on ne considère que la pointe

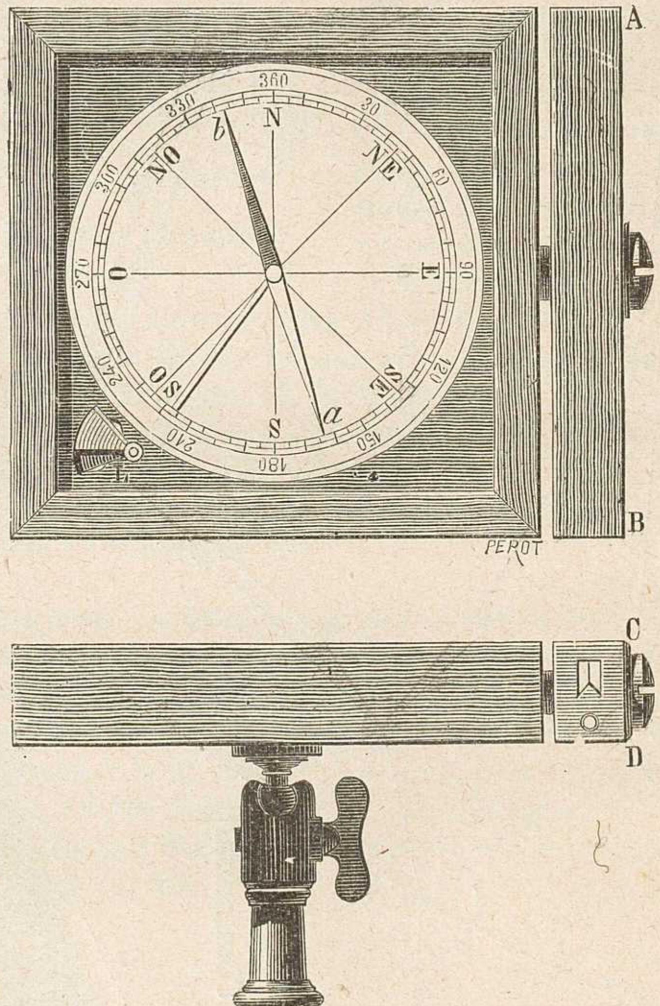


Fig. 95. — Boussole d'arpenteur.

bleue de l'aiguille ; c'est celle qui se dirige constamment vers le nord. Sur la figure 95 ci-dessus, elle est marquée en noir.

Un petit levier L permet de soulever l'aiguille et d'en arrêter les oscillations.

150. **Alidade.** — Sur un des côtés de la boîte se trouve une **alidade** qui peut se mouvoir autour d'un axe.

Cette alidade est formée d'une pièce de bois creusée dans toute sa longueur et fermée à chaque extrémité par une plaque métallique dans laquelle sont pratiquées deux ouvertures, un

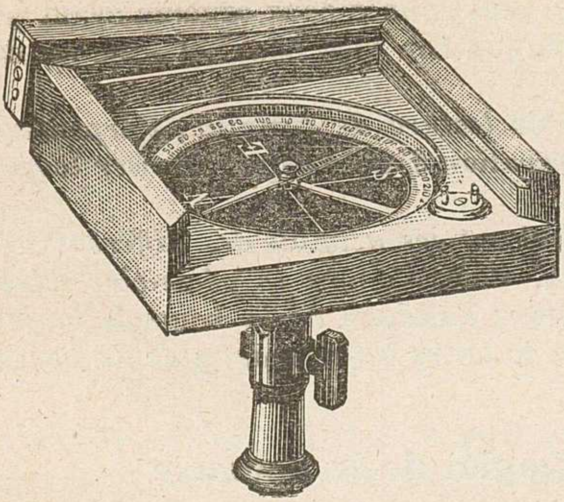


Fig. 96. — Boussole d'arpenteur.

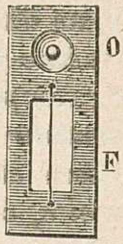


Fig. 96*.
Œilleton (O) et fenêtre (F) de l'alidade.

œilleton O et une fenêtre F (fig. 96*). Parfois cette alidade est remplacée par une lunette mobile.

151. **Azimut d'une droite.** — L'azimut d'une droite est l'angle que forme le plan vertical passant par l'aiguille aimantée avec le plan vertical de la droite.

152. — *Pour déterminer l'azimut d'une droite xy* (fig. 97), on place la boussole horizontalement, et on fait une visée sur la droite xy à l'aide de l'alidade de l'instrument. Alors la direction SN du cadran de la boussole est parallèle à la droite xy.

Miras teniendo la caja sujeta a la vig.

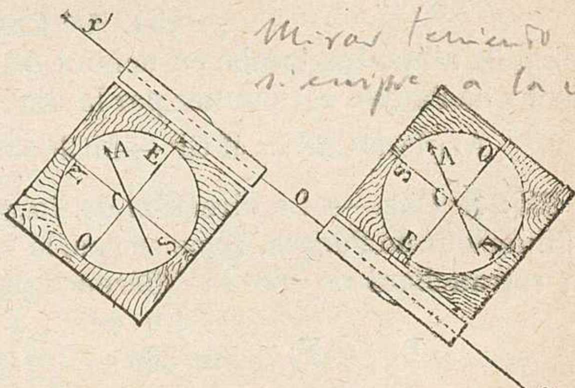


Fig. 97. — Manière de déterminer l'azimut.

Lorsque l'observateur est placé au point O de la ligne xy et qu'il vise dans la direction de Ox, l'azimut égale l'angle NCA = arc NA, soit 25°, par exemple; mais si l'observateur vise dans la direction Oy, l'azimut sera encore l'angle SCA ou 25°, mais comme la lecture des angles (nº 149) se fait toujours à partir du zéro qui est en N, on est convenu de prendre pour azimut de la droite l'angle NCA = arc NEA que fait cette droite avec la pointe bleue de l'aiguille. Cet azimut est donc NEA ou 180 + 25 = 205°.

On voit qu'une droite peut donner deux azimuts ayant pour différence 180°, suivant que l'on vise dans un sens ou dans l'autre de la droite.

A cause de cette *double lecture de l'azimut, l'arpenteur a soin, dans une même opération d'arpentage, de viser toujours de la même manière.*

Par exemple, en cherchant les azimuts des différents côtés d'un contour polygonal, il parcourra le périmètre dans le même sens et maintiendra l'alidade de la boussole toujours à sa droite, c'est-à-dire la lettre N *du cadran de la boussole toujours en avant.*

§ V. — Emploi de la boussole.

153. **Mesure des angles.** — Pour mesurer un angle à l'aide de la boussole, il faut prendre l'azimut de chacun de ses côtés, et, au moyen des deux azimuts, on détermine la valeur de l'angle.

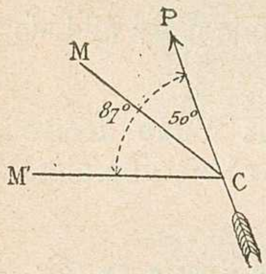


Fig. 98.

La boussole étant placée au sommet de l'angle, on dirige l'alidade suivant CM, puis suivant CM'.

Deux cas peuvent se présenter.

154. **1er Cas.** — La direction CP de l'aiguille aimantée tombe en dehors de l'angle. Dans ce cas, la valeur de l'angle est donnée par la différence des deux azimuts:

$$\text{Angle } MCM' = M'CP - MCP = 87° - 50° = 37°.$$

155. **2e Cas.** — La direction de l'aiguille aimantée CP tombe à l'intérieur de l'angle. Dans ce cas, la valeur de l'angle s'obtient en retranchant de 360° la différence des deux azimuts.

En effet, l'angle $MCM' = m + n = 360 - 310 + 70 = 360 - (310 - 70)$, ce qui confirme la règle énoncée.

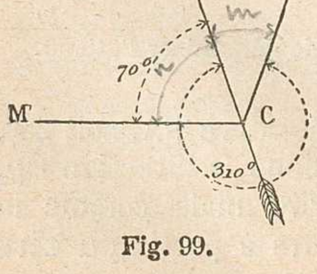


Fig. 99.

Différence des deux azimuts :

$$310° - 70° = 240°.$$

Valeur de l'angle MCM' :

$$360° - 240° = 120°.$$

156. **Remarque I.** — Lorsqu'on ne peut pas placer la boussole au sommet de l'angle, on emploie deux stations P et R sur les côtés de l'angle pour avoir les deux azimuts, et on retombe

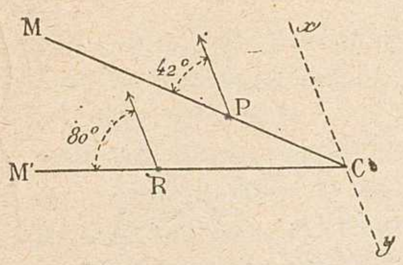


Fig. 100.

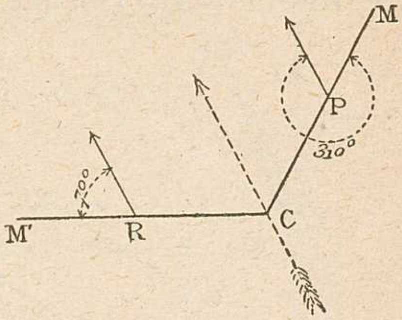


Fig. 101.

dans un des cas précédents, ce qu'il est facile d'observer en menant du sommet C une parallèle à la direction de l'aiguille aimantée.

Valeur de l'angle MCM' (fig. 100) $= 80° - 42° = 38°$.

(Fig. 101) $\begin{cases} \text{Différence des azimuts :} & 310 - 70 = 240°. \\ \text{Valeur de l'angle MCM' :} & 360 - 240 = 120°. \end{cases}$

157. **Remarque II.** — Les oscillations de l'aiguille aimantée nuisent à l'exactitude de la lecture de l'angle ; aussi les angles ne peuvent-ils guère être évalués qu'à un quart de degré près.

158. **Levé d'un plan à la boussole.** — Pour lever un polygone topographique à l'aide de la boussole, on emploie surtout la méthode par cheminement ; on cherche l'azimut de chaque côté, et on mesure tous les côtés du polygone.

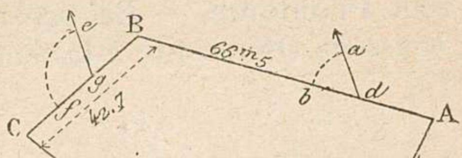


Fig. 102. — Levé à la boussole.

Les diverses positions de l'aiguille aimantée étant parallèles entre elles, l'angle *adb* fait connaître la direction BA. L'angle *egf* fait connaître la direction du côté BC, et ainsi de suite.

159. **Report du plan levé à la boussole.** — Pour dessiner à l'échelle d'un demi-millimètre par mètre le plan levé à la boussole (fig. 102), on mène A'*a*' représentant la direction de

l'aiguille aimantée (fig. 103). On fait l'angle $a'A'b' = adb$, et l'on porte $\frac{66,5}{2} = 33$ millim. 25 de A' en B'. On mène B'e' parallèle à Aa', et l'on fait l'angle $e'B'f' = egf$; on tire B'C', que

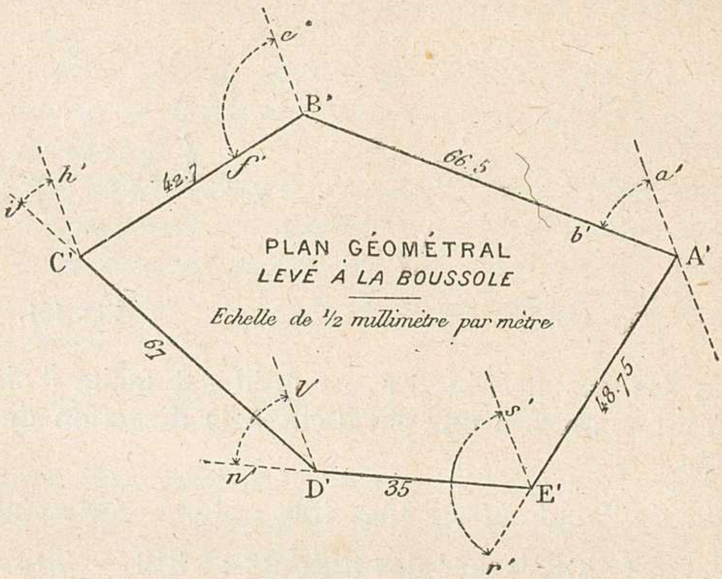


Fig. 103. — Plan levé à la boussole. Échelle de 1/2 millimètre par mètre.

l'on fait égal à $\frac{42,7}{2} = 21$ millim. 35. On mène C'h' parallèle à A'a', et l'on fait l'angle $h'C'i' = hri$; le côté C'i' prolongé fait connaître la direction C'D', etc.

160. **Problème.** — *Relever un sentier sinueux à l'aide de la boussole.* On mesure à la chaîne tous les éléments droits AB,

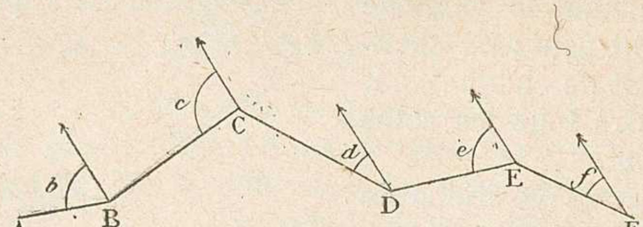


Fig. 104. — Relevé d'un chemin, à la boussole.

BC, CD..., du chemin, et l'on prend l'azimut de chacune de ces droites.

Le report se fait comme il est indiqué au numéro précédent.

Ce problème trouve son application lorsqu'on a à relever une galerie souterraine, un chemin à travers un bois, etc.

Nota. — Lorsqu'on opère avec la boussole, il faut éviter qu'il y ait du fer à côté de l'instrument.

161. **Orientation d'un plan.** — **Orienter un plan,** c'est indiquer sur ce plan la direction des points cardinaux.

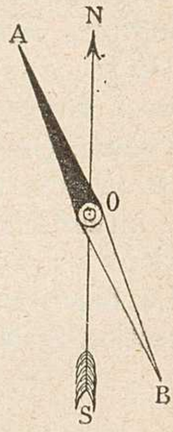


Fig. 105.
Déclinaison magnétique.

Pour connaître l'orientation d'un terrain à l'aide de la boussole, il faut savoir la déclinaison de l'aiguille aimantée.

L'aiguille d'une boussole ne se place pas rigoureusement dans la direction nord-sud de la terre ou méridien terrestre.

On appelle *déclinaison* l'angle AON que fait le plan vertical passant par l'aiguille aimantée avec le méridien terrestre. Cet angle varie avec les lieux et les temps. — Actuellement la déclinaison est occidentale pour la France, 14° 5′ à Paris; elle diminue de 3 à 4 minutes par an.

162. — Pour orienter un plan (fig. 106) levé à l'aide d'un instrument quelconque, on cherche l'azimut d'une ligne de ce plan. Soit, par exemple, l'azimut de la ligne DE, IOD = 55°. On ajoute à cet azimut la déclinaison du lieu où l'on opère [1]. Prenons la déclinaison de Saint-Étienne, qui est 12° 42′.

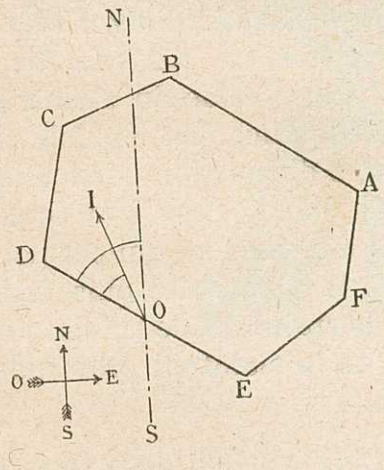


Fig. 106.

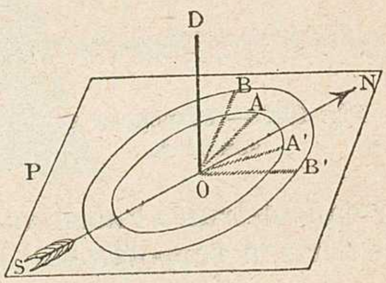


Fig. 107.

Orientation d'un plan.

On a : 55° + 12° 42′ = 67° 42′.

On fait sur le plan DON égal à 67° 42′.

La ligne NS est la direction nord-sud.

---

[1] Nous donnons, à la fin du volume, une table des déclinaisons dans les principales villes de France et de l'étranger.

A côté du plan on indique par deux flèches rectangulaires la direction des points cardinaux.

163. **Autre méthode.** — Voici un moyen de s'orienter sur le terrain, en déterminant la méridienne d'une manière approximative, sans le secours de la boussole.

On trace, sur une surface horizontale, plusieurs circonférences concentriques, au centre desquelles on fixe une tige verticale. Quelque temps avant midi, on marque les points A et B où l'extrémité de l'ombre de cette tige rencontre chacune des circonférences; on en fait de même après midi, et l'on obtient les points A′ et B′.

La bissectrice commune des angles AOA′ et BOB′ sera la direction S.-N. sur le terrain.

§ VI. — Planchette.

164. **Description.** — La *planchette* (fig. 108), ainsi que son nom l'indique, est une planche à dessiner, de 5 à 6 décimètres de longueur sur 4 à 5 de largeur. Elle peut être placée sur un pied à trois branches, à l'aide d'une douille à genou fixée à son centre.

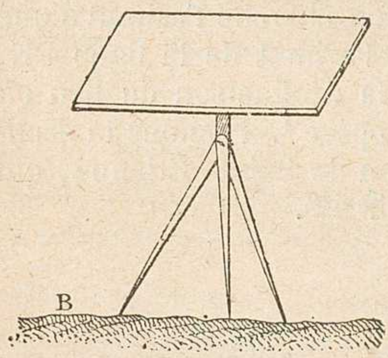


Fig. 108. — Planchette sur son pied.

165. — Il est difficile d'obtenir une immobilité parfaite de la planchette à l'aide du simple genou à coquilles. On emploie souvent une disposition particulière, qu'on nomme *genou à la Gugnot* (GKH, fig. 109), et qui permet de rendre la planchette plus facilement horizontale, de la faire tourner sans détruire l'horizontalité, et de la maintenir plus immobile sur son support.

166. — Certaines planchettes (fig. 109) portent deux rouleaux à deux extrémités opposées. On peut ainsi enrouler une partie de la feuille de papier employée. Cela permet d'obtenir des plans plus grands que les dimensions de la planchette.

167. **Support de la planchette.** — Les instruments ordinaires portent un *genou à coquilles* (nº 164). Les planchettes perfectionnées reposent sur un support dit à *calotte sphérique* (fig. 110).

Ce support comprend deux plateaux superposés, et d'inégales dimensions.

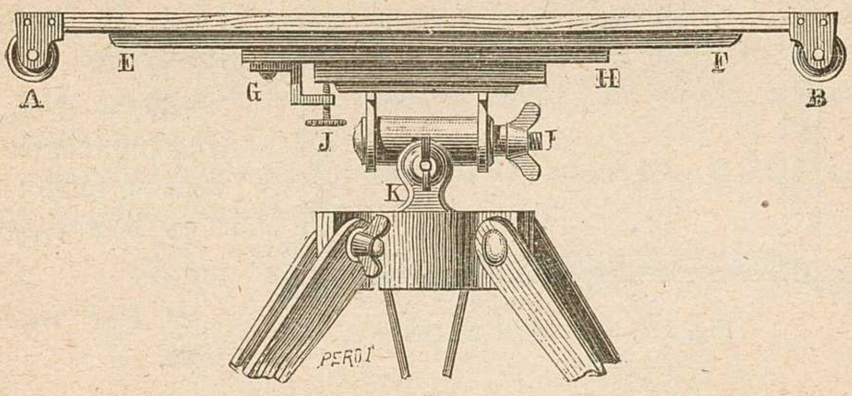


Fig. 109. — Genou à la Gugnot.

Le plateau inférieur, taillé en forme de calotte sphérique concave, repose sur une autre calotte sphérique concentrique, fixée sur le trépied. Par suite de dispositions spéciales, le

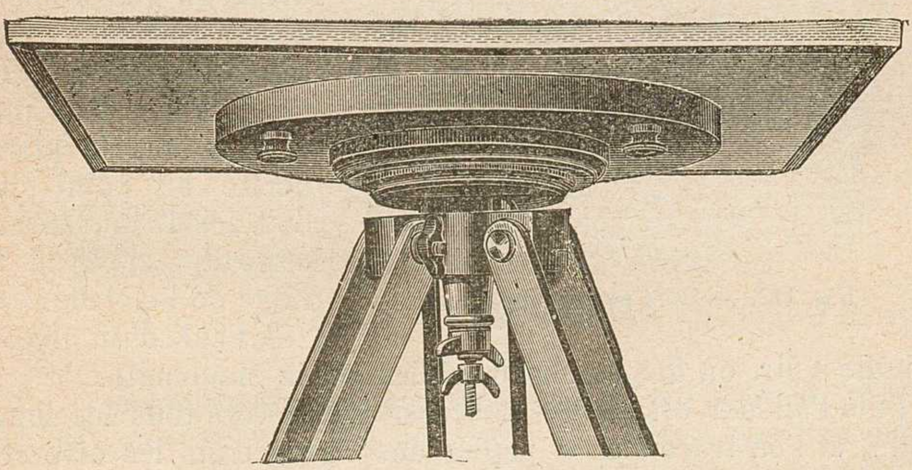


Fig. 110. — Trépied à calotte sphérique.

plateau est susceptible de mouvements de rotation et de translation, permettant de rendre rapidement la planchette horizontale.

168. — Avec la planchette, on se sert d'une alidade mobile, que l'on fait mouvoir autour d'une aiguille fixée sur la planchette.

L'*alidade de la planchette* (fig. 111) se compose d'une règle de cuivre munie à ses extrémités de deux longues pinnules; chacune d'elles a une fente et une fenêtre. Un des bords de la règle correspond au plan de visée des pinnules.

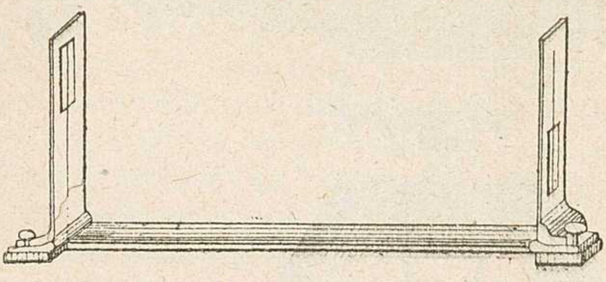


Fig. 111. — Alidade mobile.

169. — Les levés à la planchette peuvent se faire :

1o Par *rayonnement;*

2o Par *intersection.*

170. **Levé à la planchette par rayonnement.** — Pour lever un plan par rayonnement, on fixe une feuille de papier sur la planchette, et l'on place l'instrument à une station O (fig. 112) d'où l'on puisse apercevoir les jalons plantés aux sommets A, B, C, D... On fixe une aiguille sur la planchette au point qui doit servir de centre, afin d'y appuyer la règle de l'alidade.

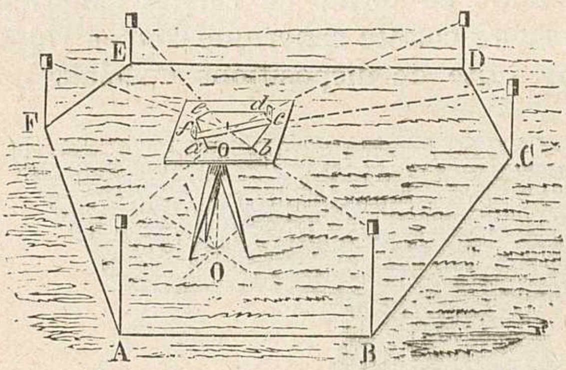


Fig. 112. — Levé par rayonnement.

A l'aide d'un niveau à bulle d'air, on dispose horizontalement la planchette.

Puis l'alidade est dirigée successivement vers tous les sommets, et l'on trace sur le papier des lignes dans les diverses directions.

Ensuite, à l'échelle adoptée, on prend des grandeurs *ob, oc...*, proportionnelles aux longueurs OB, OC..., mesurées sur le terrain. Enfin on trace le périmètre *abcd...*

On obtient ainsi directement le plan sur la planchette.

171. **Levé à la planchette par intersection.** — On jalonne et on mesure la base d'opération AB (fig. 113). On trace sur la planchette la ligne *ab*, représentant AB à l'échelle donnée.

On met ensuite la planchette en station au point A, de manière que *ab* soit dans la direction AB. Pour cela, l'alidade étant sur *ab*, on fait mouvoir la planchette jusqu'à ce que le plan de visée soit dirigé suivant AB. Il faut aussi que le point *a* de la planchette corresponde au point A du terrain. Pour s'en assurer, on se sert du *compas d'épaisseur m*. On place une de ses branches en *a* sur la planchette; à l'autre branche, placée au-dessous, est suspendu un fil à plomb. On avance ou on recule la planchette jusqu'à ce que la verticale du fil à plomb passe au point A.

On vise alors successivement tous les sommets, et l'on trace des lignes dans ces directions.

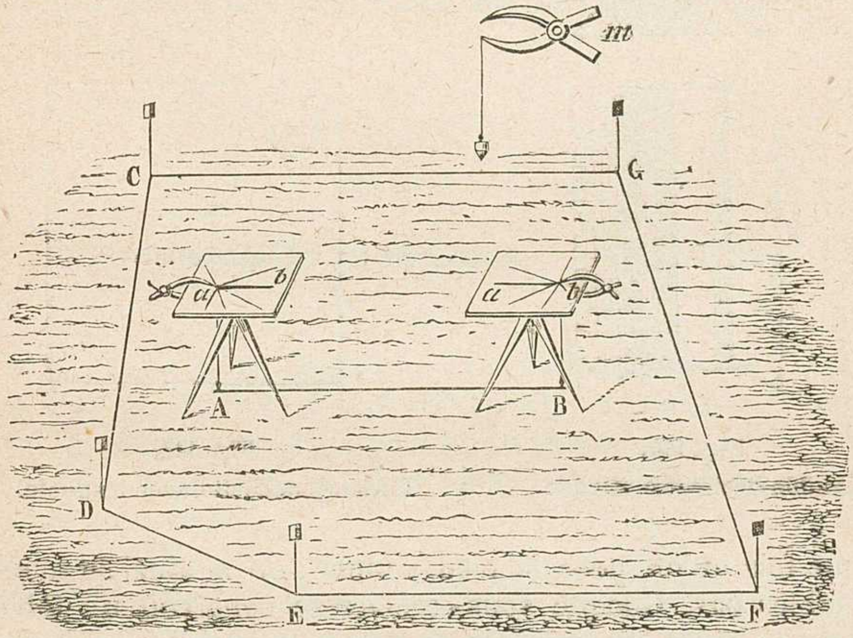


Fig. 113. — Levé par intersection.

La planchette est ensuite mise en station au point B, et l'on vise de nouveau tous les sommets. Les lignes que l'on mène à cette station dans les directions des sommets coupent celles tracées à la station A, et déterminent ainsi les sommets du polygone. (Sur la figure, nous n'avons indiqué que les rayons tracés à chaque station.)

172. — La planchette permet d'opérer rapidement ; mais cet instrument, très utile pour donner une connaissance d'un plan d'ensemble, du plan d'un carrefour, etc..., ne pourrait pas être employé si l'on voulait une grande précision.

173. **Nota.** — On exerce les sous-officiers de l'armée à lever approximativement les plans de campagne par la méthode d'intersection.

La planchette qu'ils emploient est un simple carton (fig. 115) de 40 centimètres de côté, sur lequel est fixée une boussole, L'alidade est un double-décimètre MM' (double-décimètre alidade); les visées se font à l'aide des rainures *aa'* pratiquées le long du décimètre. La boussole sert à orienter le plan et à maintenir le carton dans une même direction. Les lignes sont mesurées au pas. On compte un, deux, trois...

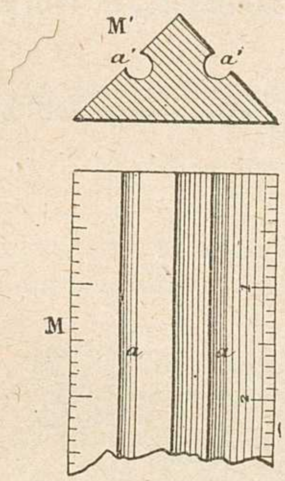


Fig. 114.
Double-décimètre alidade.

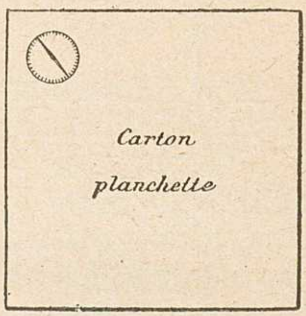


Fig. 115.
Carton-planchette avec boussole.

chaque fois qu'on pose le pied gauche; on a ainsi le nombre de doubles pas. Chaque sous-officier se construit un tableau comparatif entre les nombres de pas et les nombres de mètres correspondants.

Lorsque les longueurs mesurées sont en pente, les nombres de mètres du tableau doivent être modifiés.

Exemple du tableau comparatif.

NOMBRE DE PAS	NOMBRE DE MÈTRES
120 valent.	100 mètres.
100 id.	83,3
80 id.	66,7
70 id.	58,3
60 id.	50
50 id.	41,6

CHAPITRE IV

QUESTIONS PARTICULIÈRES DE LEVÉ DES PLANS

§ I. — Détails intérieurs. — Clôtures.

174. **A l'aide de la chaîne.** — La chaîne peut servir dans le levé d'un plan à rattacher divers points intérieurs I, F, D, E, au contour du terrain ABC ou à toute autre ligne.

Pour fixer le point F, on le joindra à deux points A et R du périmètre; on mesurera les trois côtés du triangle ARF que l'on pourra construire, ce qui fixera le point F. De même, à l'aide du triangle AIF, on déterminera le point I. On pourra comme vérification, prolonger la ligne IF; mesurer AS sur le terrain, et s'assurer que sa mesure est la même sur le plan.

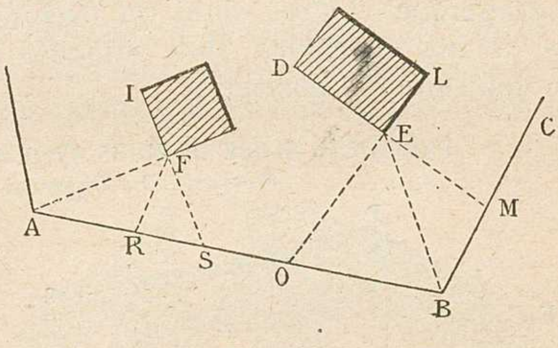


Fig. 116.

Pour fixer le point E, on pourra prendre le point B et le point O situé sur le prolongement de LE; le triangle OBE donnera le point E. Pour obtenir le point L, il suffira de prolonger OE d'une longueur égale à EL. De même pour D, etc.

175. **A l'aide de l'équerre.** — On mène les perpendiculaires ou ordonnées I*i*, F*f*, H*h*, etc. On mesure ces perpendiculaires ainsi que les distances A*i*, *if*, *fh*, *hd*, etc.

Pour éviter les ordonnées trop longues, on pourrait utiliser une ordonnée déjà menée hk', par exemple, sur laquelle on déterminerait les perpendiculaires Kk', Dd', Ee', moins longues que les perpendiculaires Dd, Ee, etc.

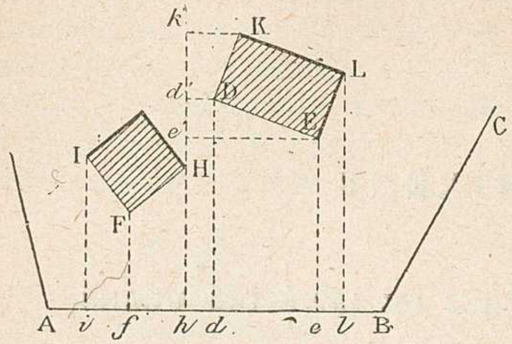


Fig. 117.

176. **A l'aide du graphomètre.** — Pour rattacher un point M au périmètre ABC, on mesure les deux angles à la base AB. En construisant ces deux angles, on déterminera la position du point M sur le plan.

On pourrait encore mesurer le seul angle en B et chaîner la ligne BM.

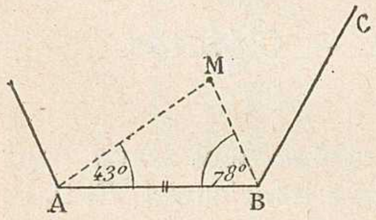


Fig. 118.

177. — Pour lever le plan d'une propriété (fig. 119) dont la clôture fait obstacle aux visées, on l'inscrit généralement dans un polygone topographique ABCDE, dont on mesure les angles et les côtés; les détails intérieurs sont rattachés à de grandes lignes dont on détermine la position.

PROPRIÉTÉ CLOSE DE MURS AVEC DÉTAILS INTÉRIEURS

Échelle de 1/2 millimètre par mètre.

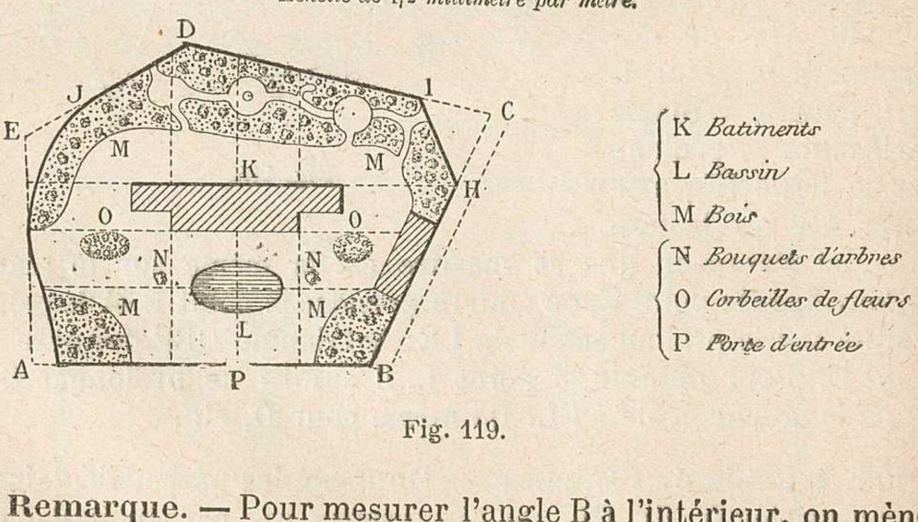


Fig. 119.

Remarque. — Pour mesurer l'angle B à l'intérieur, on mène des parallèles aux côtés BH et BA, à un mètre de distance, par exemple, et l'on place le graphomètre à l'intersection. On agit de même pour l'angle D. On prend, autant que possible, les directrices intérieures sur les lignes déjà fixées, comme les faces d'un bâtiment, les grandes allées droites; en mesurant ces directrices, on marque les points importants qui se trouvent sur leur parcours.

On fait un croquis partiel pour chaque directrice. Véase pág. 73

y pág. 92

Exemple. — Nous donnons, comme exemple d'une propriété close, le plan du Pensionnat de Dreux (fig. 121). Une partie (la cour et le jardin potager) a été levée à l'équerre; l'autre partie (le parc) a été levée à la boussole. Les lignes *ab* et *fh* sont dans l'alignement des bâtiments. Les mesures de *kb*, de *eb* et de *ek* déterminent le triangle *ebk*.

L'alignement *cfh* est fixé de position par les points *g* et *h*.

L'angle *hcd* et l'angle *d* donnent les directions *cd* et *ds*.

Les constructions établies sur la directrice *eb* détermineront la ligne *izb*.

L'angle *yrb* permet de fixer la direction *ry*, et, par suite, à l'aide de l'angle *ryi*, la directrice *ip*.

Des stations z, z', z'', de la boussole complètent les données nécessaires pour dessiner le contour de la propriété.

Les détails intérieurs s'obtiennent à l'aide d'ordonnées établies sur les diverses directrices.

Il est facile d'avoir des moyens de vérification, à l'aide de la direction des façades des bâtiments. Leurs rencontres avec les directrices fournissent des points qui doivent se retrouver sur le plan dans les mêmes positions.

§ II. — Plan d'une ville.

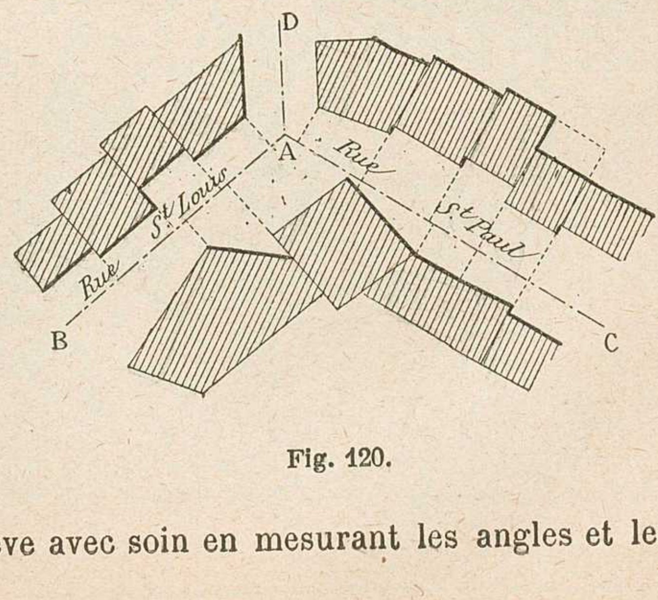
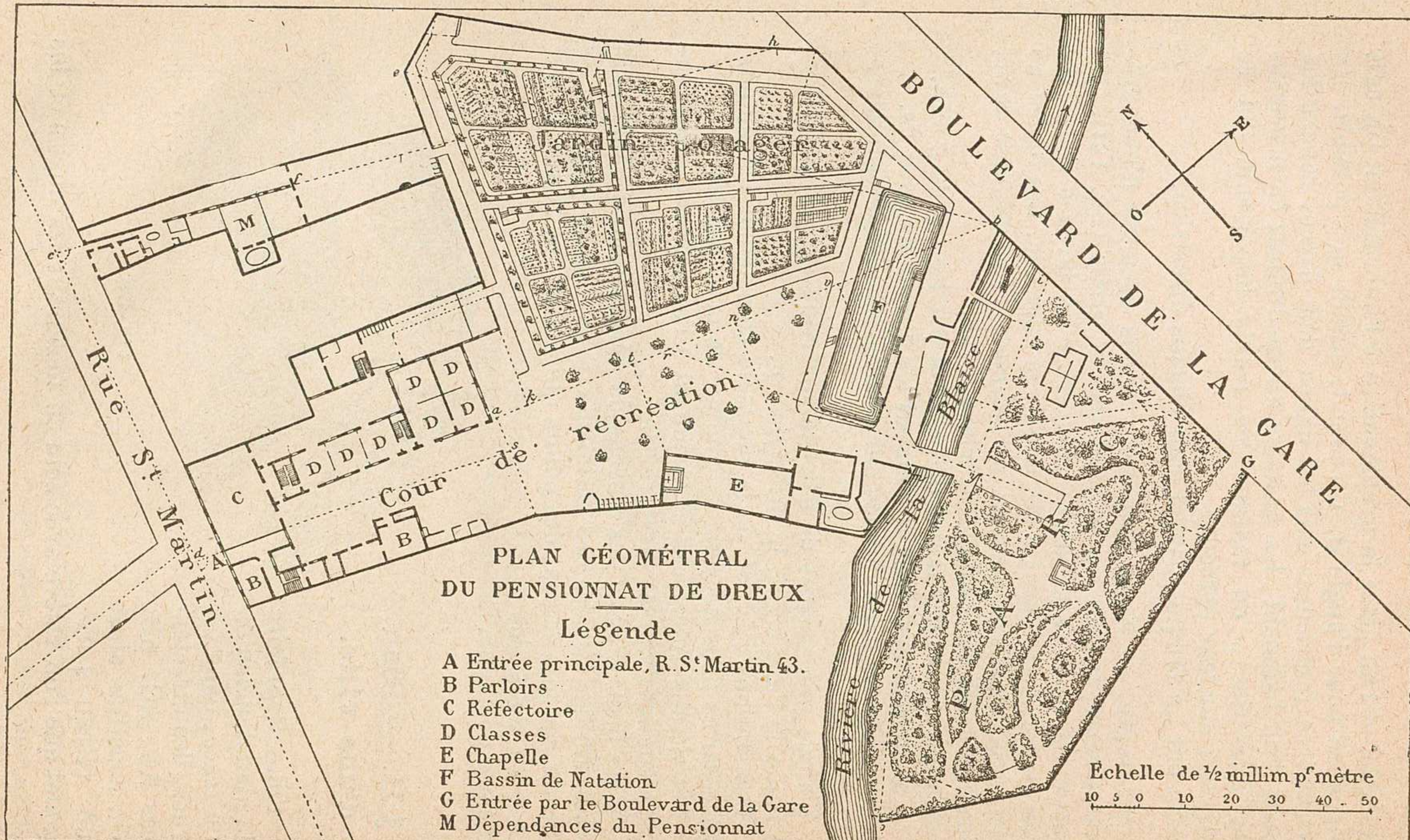


Fig. 120.

178.—Pour faire le plan d'une ville, on trace, dans les rues, des directrices AB, AC, AD. On constitue ainsi un réseau polygonal que l'on relève avec soin en mesurant les angles et les côtés.

LEVÉ DES PLANS. _ PROPRIÉTÉ CLOSE. _ DÉTAILS INTÉRIEURS



Gravé chez Erhard.

Fig. 121.

On mène des ordonnées sur chaque directrice, pour obtenir les détails et fixer les positions des alignements des maisons.

Pour chaque directrice on fait un croquis coté.

La fig. 122 est le croquis établi sur la directrice AC.

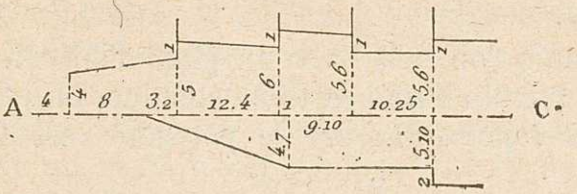
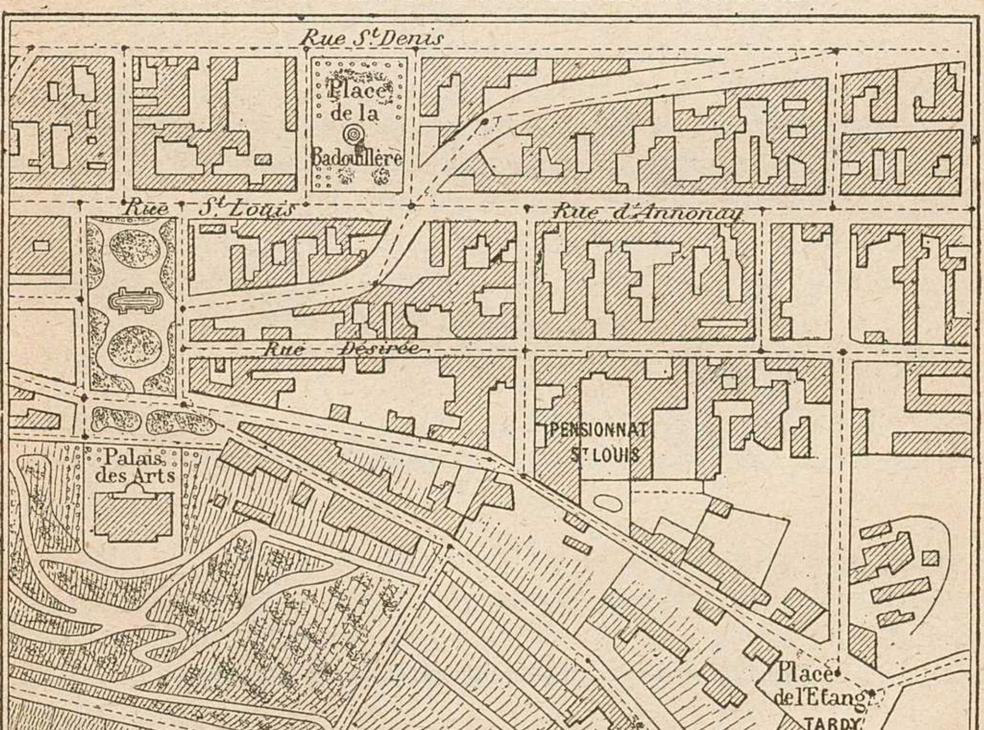


Fig. 122.

Nous donnons comme exemple le plan d'une partie de la ville de Saint-Étienne. Les lignes pointillées indiquent le réseau polygonal auxiliaire.

PLAN D'UNE PARTIE DE LA VILLE DE ST ÉTIENNE



§ III. — Levé d'un plan d'ensemble.

I. Méthode du polygone topographique.

179. — Lorsqu'on doit lever un plan d'ensemble, ou même le plan d'un terrain d'une certaine étendue, on peut construire un *polygone topographique*. Ce polygone est formé par le

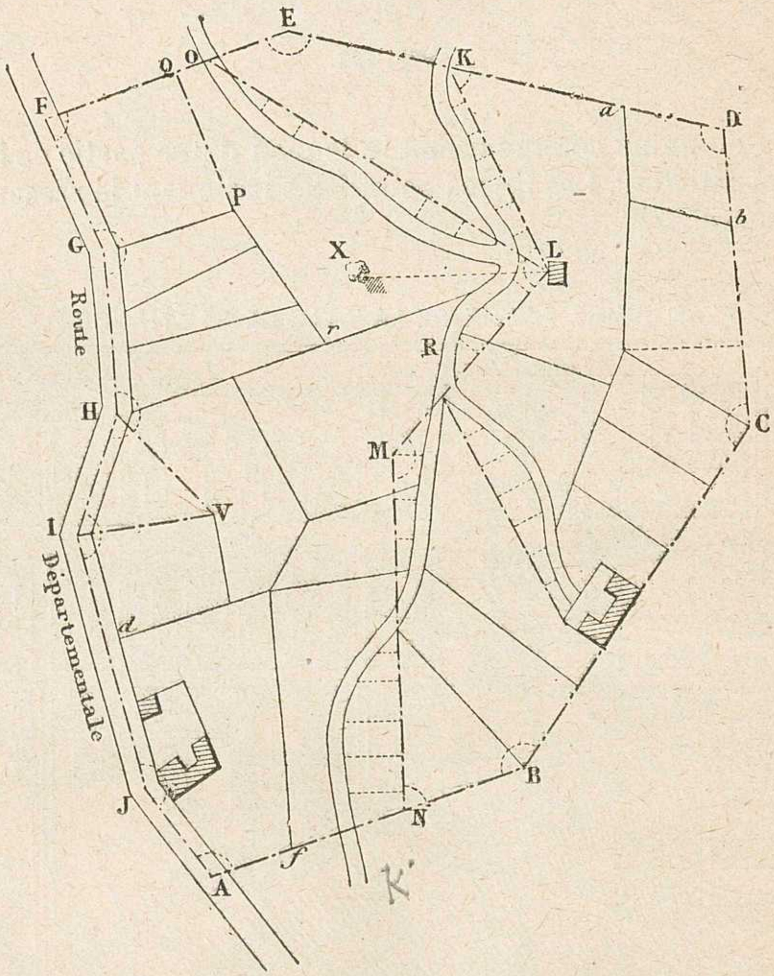


Fig. 123. — Levé à l'aide du polygone topographique.

contour même du plan d'ensemble, ou bien par la réunion des points remarquables pris à l'intérieur ou à l'extérieur du plan à lever.

On relève avec soin le polygone topographique, et l'on rattache à ses côtés, servant de bases d'opération, tous les détails du plan d'ensemble.

On peut aussi prendre des bases dans l'intérieur du polygone. On rattache ces bases secondaires aux côtés du polygone.

180. — Pour lever le plan d'ensemble représenté par la fig. 123, on relève par cheminement, et à l'aide du graphomètre ou du pantomètre, le polygone topographique ABCDE.. HIJA formé par le contour du plan ; la somme des angles mesurés doit être égale à autant de fois deux angles droits qu'il y a de côtés moins deux : c'est un premier contrôle des opérations.

Pour relever un chemin KK qui traverse le plan, on prend KK' une ligne brisée KLMN que l'on mesure à la chaîne, et dont on évalue les angles à l'aide du graphomètre. La distance EK fixera le point K, et l'angle DKL donnera la direction KL. Chaque élément de cette ligne brisée deviendra une directrice qui servira à obtenir les sinuosités du chemin.

Les détails s'obtiendront facilement. Ainsi les séparations de terrains qui partent du contour du polygone topographique se déterminent directement à la chaîne. Par exemple, pour les points *a*, *b*, *d*, *f*, on mesurera les longueurs *a*D, *b*D, *d*I, A*f*...

Les points principaux à l'intérieur sont déterminés par des perpendiculaires aux lignes de contour; par exemple, la perpendiculaire QP, mesurée, fixera le point P. On peut encore se servir de deux visées au graphomètre, cela dispense de chaîner les lignes. C'est ainsi que les angles HIV et VHI déterminent le point V. Une seule visée peut suffire lorsqu'on mesure la ligne de visée; par exemple, le point X sera donné par l'angle KLX et la longueur de LX.

On orientera le plan comme il a été indiqué (nos 162, 163).

Remarque. — *L'habitude des opérations pratiques permet de simplifier et de combiner les diverses méthodes pour opérer rapidement.*

Nota. — Lorsque le plan d'ensemble est d'une grande étendue, comme le plan d'une commune, les instruments élémentaires sont insuffisants. Pour opérer alors rapidement, il faut avoir recours aux instruments à lunette. (Voir notre *Cours de Topographie.*)

II. Méthode des transversales.

181. — Lorsqu'un terrain est peu accidenté et qu'il contient un grand nombre de divisions, comme il arrive dans

certaines plaines très fertiles, on a recours, pour lever un plan d'ensemble, à la méthode dite *des transversales.*

Cette méthode, praticable à la chaîne et à l'équerre, est ainsi appelée parce qu'on détermine les points où les limites des propriétés sont rencontrées par les divers alignements que l'on établit, ou qui existent naturellement, comme le bord d'une grande route, un sentier qui traverse une plaine, etc... C'est à l'aide de ces points de rencontre que l'on détermine la position des diverses propriétés dans le plan d'ensemble.

182. — Soit à lever le plan des parcelles comprises entre une route AB et un cours d'eau CD.

On prend pour alignements principaux :

1° Le bord AB de la route ;

2° Une droite ED peu éloignée de la rivière ;

3° Les parties rectilignes FG et GD des divers sentiers.

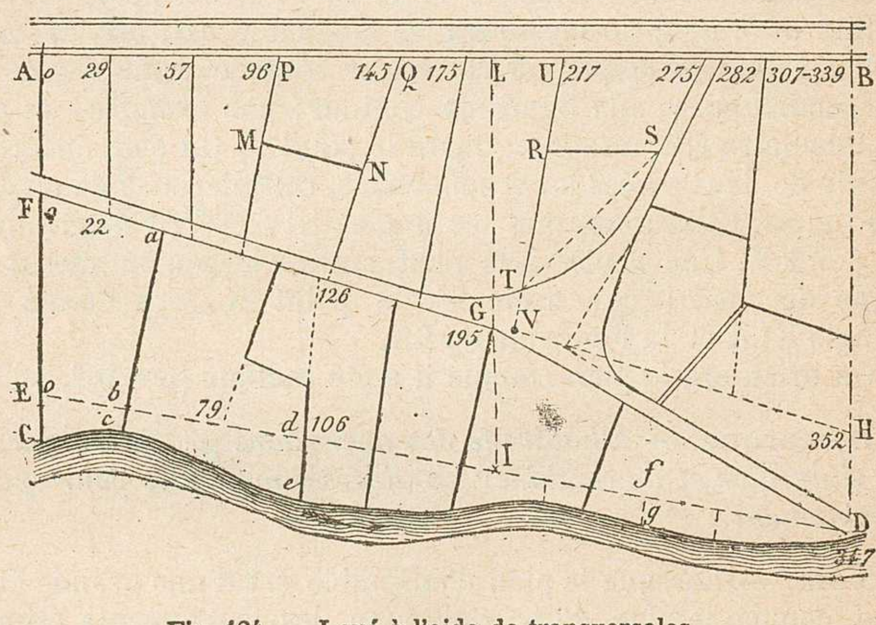


Fig. 124. — Levé à l'aide de transversales.

Pour rattacher entre eux les divers alignements, on élève sur AB les perpendiculaires AFEC, LGI et BHD, et on mesure les distances AF, AE, AC, etc. : les positions des alignements AB, FGH et ED sont alors déterminées.

Limitons aux ordonnées AC et BD la partie étudiée.

On chaîne AB en prenant le point A pour point de départ et en cumulant les distances (n° 35). Ce chaînage détermine le point de départ de chaque limite des parcelles qui aboutissent à la route.

On mesure ensuite les alignements FGH et DE, en partant des points F et E, et on détermine ainsi les propriétés qui aboutissent à ces alignements.

Les divisions qui ne sont pas sur les différents alignements se déterminent facilement. Ainsi, pour avoir MN, on mesure PM et QN. On ferait de même pour RS. Le point T est déterminé par la longueur VT. La ligne auxiliaire TS servira à relever la partie courbe du sentier.

La ligne sinueuse du bord de la rivière sera déterminée par les mesures *bc*, *de*, etc., et par quelques perpendiculaires telles que *fg* sur l'alignement ED.

On peut faire plusieurs vérifications. On peut, par exemple, mesurer LI et s'assurer que sur le plan sa longueur est la même, etc.

§ IV. — Arpentage d'un terrain d'après le plan dessiné.

(1) [illegible] n° 52-53

(1)

183. — Soit à trouver la surface d'un plan construit à l'échelle d'un demi-millimètre par mètre.

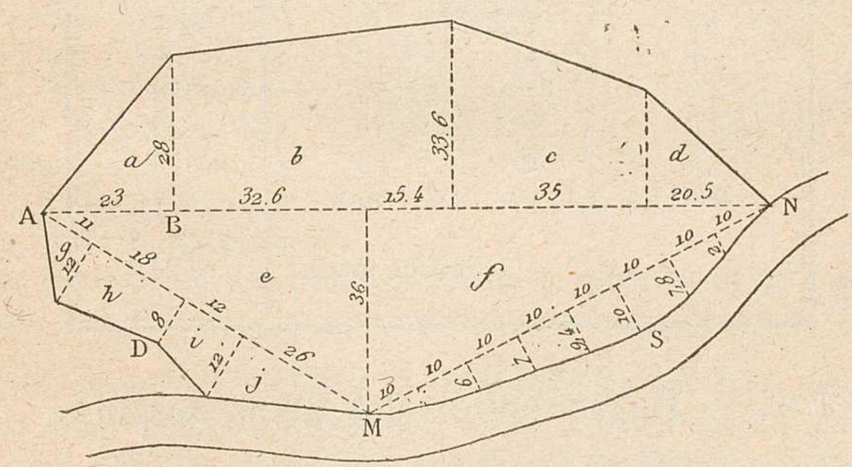


Fig. 125. — Plan à l'échelle de 0,0005.

On décompose le plan en triangles et en trapèzes rectangles, on peut employer une directrice AN. La partie sinueuse ADM est rapportée à une directrice secondaire AM. La ligne MN qui limite la partie courbe MSN est divisée en parties égales.

On construit ensuite l'échelle du plan sur une bande de papier. Dans l'exemple proposé, le double-décimètre peut servir d'échelle. A l'aide de cette échelle, on mesure les lignes du plan nécessaires pour les calculs. Ainsi la ligne AB, ayant 11 millimètres et demi, représente réellement 23 mètres sur le terrain.

La surface de la partie courbe MSN s'obtient en multipliant 10 par la somme des ordonnées :

$$10\,(3 + 6 + 7 + 9{,}4 + 10 + 7{,}8 + 2) = 452 \text{ m}^2$$

184. **Remarque.** — Quand un plan est destiné à donner la surface d'un terrain, il doit être construit à une échelle assez grande.

Tableau des calculs du plan, fig. 125.

DÉSIGNATION	h	$\frac{B + B'}{2}$	PRODUITS
a	23	14	322
b	48	30,8	1478,4
c	35	26,8	938
d	20,5	10	205
ef	126,5	18	2277
g	11	6	66
h	18	10	180
i	12	10	120
j	26	6	156
MSN	10	45,2	452
		Surface totale	6194,4

§ V. — Reproduction des plans dessinés.

185. **Plan-minute.** — On nomme **plan-minute** le dessin que l'on fait directement d'après les mesures prises sur le terrain.

Il est souvent utile d'avoir des copies du plan-minute.

186. **Reproduction d'un plan.** — Pour reproduire le dessin d'un plan, on pourrait faire des constructions identiques à

celles qui ont permis d'établir la *minute;* mais cette manière de procéder serait très lente ou même impraticable, parce que les lignes de construction et les mesures peuvent ne plus se trouver sur le plan à reproduire; pour copier un plan, on a recours généralement à la *piqûre,* à la *méthode des carreaux,* au *calque.*

187. **Méthode de la piqûre.** — On met le plan-minute sur la feuille à dessiner, et l'on pique les principaux points du plan levé, par exemple, les sommets du périmètre, quelques points des courbes; puis, consultant le premier dessin, on joint les points deux à deux, de manière à reproduire un plan identique au plan donné.

188. **Remarque I.** — En plaçant plusieurs feuilles au-dessous du dessin, on peut piquer et préparer plusieurs copies.

Remarque II. — La méthode de la piqûre est rarement employée, car elle endommage le plan-minute et laisse des traces sur tous les dessins obtenus.

Méthode des carreaux. — La méthode des carreaux consiste à couvrir le dessin ABCD et la feuille à dessiner *abcd* (fig. 126), d'un réseau de droites parallèles équidistantes, de manière à former des carrés égaux; puis à tracer dans chaque carré de la feuille *abcd* une figure égale ou proportionnelle à celle du carré correspondant ABCD.

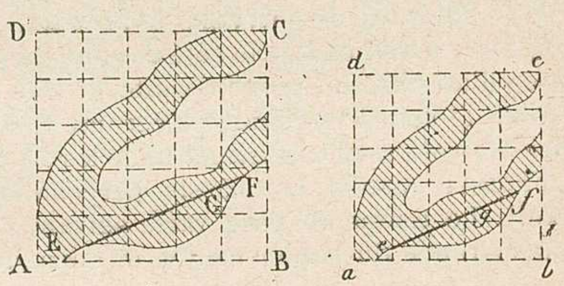


Fig. 126.

Remarque. — Lorsque le plan-minute est trop précieux pour qu'on puisse le quadriller, même simplement au crayon, on peut faire les carrés sur une feuille de papier calque très transparent qu'on place sur le dessin.

189. **Calque.** — Pour calquer un dessin sur une feuille ordinaire, on met le plan-minute et la feuille à dessiner sur une vitre inclinée : on distingue ainsi assez facilement les traits de la minute, et on peut les reproduire sur la feuille placée au-dessus.

Sans recourir à la vitre, on peut calquer les plans sur des feuilles transparentes ou sur des toiles préparées à cet effet; on obtient ainsi une fidèle reproduction du dessin primitif.

VI. — Reproduction des plans par les procédés photographiques.

190. — Nous croyons utile d'indiquer la manière de reproduire les plans par les procédés photographiques universellement pratiqués aujourd'hui.

Préparation. — Les dessins doivent être faits sur papier calque, avec une encre très noire, afin que la lumière soit arrêtée par le trait et traverse au contraire le papier translucide, pour agir sur le papier sensibilisé, destiné à la reproduction du plan.

Parmi les nombreux systèmes qui existent, les plus employés sont ceux qui donnent :

Des traits blancs sur fond bleu, papier au *ferro-prussiate;*

Des traits noirs sur fond blanc, papier *héliographique.*

191. **Emploi des divers systèmes.** — Quel que soit le papier employé, il faut mettre le côté dessiné du calque directement contre la glace d'un châssis, poser ensuite le côté préparé du papier sensible contre le dos du calque, placer un feutre par-dessus le tout, fermer les volets du châssis et fixer les barres.

Exposer ensuite le châssis perpendiculairement aux rayons du soleil. Le temps de pose varie suivant l'intensité de la lumière, la transparence du papier calque et l'opacité des traits du dessin.

192. **Papier au ferro-prussiate.** — Le papier au ferro-prussiate donne des traits blancs sur fond bleu. Le papier sensible qui sert à suivre la marche de l'opération est celui qui dépasse le calque. Ce papier, qui est verdâtre, devient rapidement vert, puis bleu, gris et finalement clair. Le temps de pose est alors suffisant. On enlève l'épreuve du châssis pour la plonger dans une cuvette en zinc contenant de l'eau propre. On agite cette eau jusqu'à ce que le dessin ressorte très nettement en traits blancs sur un fond bleu uniforme. On lave à nouveau avec de l'eau propre et on suspend l'épreuve au moyen de pinces, pour la faire sécher.

Si plus tard on voulait ajouter des traits blancs à la plume ou au pinceau, on les tracerait avec une dissolution faible de carbonate de potasse.

193. **Papier héliographique.** — Le papier héliographique donne des traits noirs sur un fond blanc.

Ce papier est jaunâtre; sous l'action de la lumière, il devient blanc.

Pour se rendre compte de ce changement, on laisse déborder le papier hors du calque. Lorsque la partie exposée à la lumière est devenue blanche, on retire la feuille pour l'immerger dans l'eau ordinaire, en ayant soin de placer l'épreuve de manière que le dessin reproduit se trouve en dessous.

Cette opération demande la précaution suivante : au moment où on plonge le dessin, la cuvette ne doit contenir qu'une mince lame d'eau, juste l'épaisseur nécessaire pour mouiller le papier ; on passe la main sur le dos de la feuille pour que toute la surface soit en contact avec l'eau. Au bout de quelques secondes, on retourne la feuille et le lavage se termine à grande eau ou mieux à eau courante. On retire la feuille pour la faire sécher dans un endroit sec.

194. **Préparation du papier au ferro-prussiate.** — On l'obtient en sensibilisant une feuille de papier à dessin, avec une liqueur composée du mélange des deux solutions suivantes, qu'on prépare séparément et qu'on garde à l'abri de la lumière :

1° Faire dissoudre à froid de 17 à 20 grammes de prussiate rouge de potassium dans 100 grammes d'eau filtrée.

2° Faire dissoudre à froid 25 à 30 grammes de citrate de fer ammoniacal dans 100 grammes d'eau filtrée.

Mélanger ces deux solutions et agiter ; puis, à l'aide d'une brosse plate, étendre la liqueur sur du papier bien collé, tel que le papier Canson satiné. Cette opération se fait dans l'obscurité.

On trouve dans le commerce des papiers tout préparés ; toutefois ils ne se conservent guère plus de trois mois. Passé ce délai, les reproductions laissent à désirer.

§ VII. — Utilité du dessin d'un plan.

195. — Le dessin d'un plan offre les avantages suivants :

1° *Il fait connaître la forme du terrain.*

2° *Il permet de mesurer sur le papier toutes les dimensions du terrain.*

3° *Il facilite la division des propriétés.*

4° *Il permet d'obtenir la surface du terrain qu'il représente.*

196. **Le cadastre.** — Le cadastre proprement dit est un registre public qui porte le relevé détaillé des propriétés territoriales d'une commune, présentant leur situation, leur étendue et leur valeur pour permettre l'assiette de l'impôt foncier.

En réalité, le cadastre comprend :

1° Une matrice générale des noms, par ordre alphabétique, de tous les propriétaires de la commune;

2° Un état, par section, de toutes les parcelles de la commune avec un numéro d'ordre;

3° Une matrice contenant une récapitulation de toutes les parcelles des biens non bâtis qui appartiennent à un même propriétaire;

4° Une matrice de la propriété bâtie;

5° Une collection de plans parcellaires, comprenant en tête un plan d'assemblage ou de section à une échelle de :

$$\frac{1}{15000} = 0^{m},000066, \text{ soit 6 millimètres 6 pour 100 mètres,}$$

$$\text{et } \frac{1}{10000} = 0^{m},0001, \text{ soit 1 millimètre pour 10 mètres}$$

Puis les plans de détail aux échelles de :

$$\frac{1}{5000} = 0,0002, \text{ soit : 2 millimètres pour 10 mètres,}$$

$$\frac{1}{2500} = 0,0008, \text{ soit : 8 millimètres pour 10 mètres.}$$

Les parcelles ont un numéro d'ordre et une dénomination particulière qui les caractérisent, par exemple, le n° 437, dit pré Arsac. Section D de la commune de X. (Voir extrait du plan cadastral, page 114.)

Tous ces documents cadastraux, déposés à la mairie, ne sont que la copie de la minute confiée dans chaque département au directeur des Contributions directes.

Chacun peut les consulter gratuitement, à moins qu'un arrêté du maire prescrive le payement d'un droit pour consultation, Mais il n'est permis à aucun citoyen de prendre copie des matrices ou des plans. Le directeur des Contributions directes du département délivre seul des copies du cadastre moyennant une rétribution qui varie avec le nombre des parcelles demandées.

§ VIII. — Écriture des plans.

Le dessin d'un plan doit être complété par l'encadrement et par les écritures, que l'on doit faire avec le plus grand soin.

Pour encadrer un plan, on ne fait qu'un simple trait au tire-ligne, ou tout au plus deux traits parallèles à un ou deux millimètres de distance.

Le titre principal se met ordinairement en dehors du cadre.

Les indications écrites se placent sur des lignes parallèles aux bords supérieur et inférieur du dessin; cependant les noms des cours d'eau et des chemins sont écrits dans leur direction.

Nous donnons (page suivante) quelques modèles de lettres et de chiffres à employer.

ÉCRITURES DES PLANS

Capitales droites

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVXYZ

Capitales penchées

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVXYZ

Minuscules droites et penchées

abcdefghijklmnopqrstuvxyz. Plan coté

abcdefghijklmnopqrstuvxyz. Route Nat[le].

1234567890. 12334456 7890. *12334567890.* ←145,372→

CHAPITRE V

PARTAGE DES TERRAINS

Nous faisons précéder la question pratique du partage des terrains d'un paragraphe sur la division théorique des figures géométriques, extrait de notre *Géométrie* (enseignement primaire, cours supérieur).

§ I. — Division des figures géométriques.

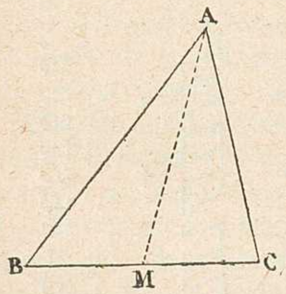


Fig. 127.

197. **Problème.** — *Diviser un triangle en deux parties équivalentes par une droite partant du sommet.*

On divise la base en deux parties égales, et l'on joint le sommet au point de division de la base (fig. 127).

Les triangles partiels sont équivalents comme ayant même base et même hauteur.

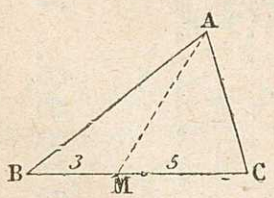


Fig. 128.

198. — *Pour diviser le triangle* ABC (fig. 128) *en deux parties qui soient entre elles comme* 3 *est à* 5, on partage la base BC en parties proportionnelles aux nombres 3 et 5, et on mène la droite AM.

Les triangles ABM et AMC, ayant même hauteur, sont entre eux comme leurs bases BM et MC, c'est-à-dire comme 3 est à 5.

199. **Problème.** — *Par un point* D, *pris sur le périmètre d'un triangle* ABC, *mener une droite qui divise ce triangle en deux parties équivalentes.*

Prolongeons BC, menons DC, puis AE parallèle à DC, et prenons le milieu M de BE. La droite DM divise le triangle en deux parties équivalentes.

En effet, si l'on mène DE, le triangle BDE est équivalent au triangle ABC ; car ils ont une partie commune BDC, et le triangle ADC est équivalent au triangle DCE, comme ayant même base DC et même hauteur.

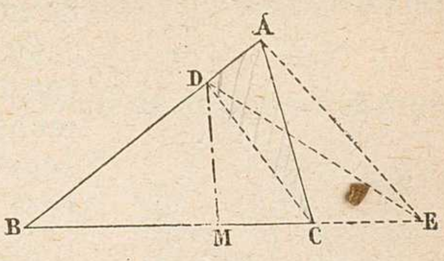


Fig. 129.

Or la droite DM partage le triangle BDE en deux parties équivalentes. Donc BDM, moitié de BDE, est aussi moitié de ABC.

200. **Cas particulier.** — *Soit à mener du point* D *une ligne qui partage le triangle* ABC *en deux parties équivalentes.*

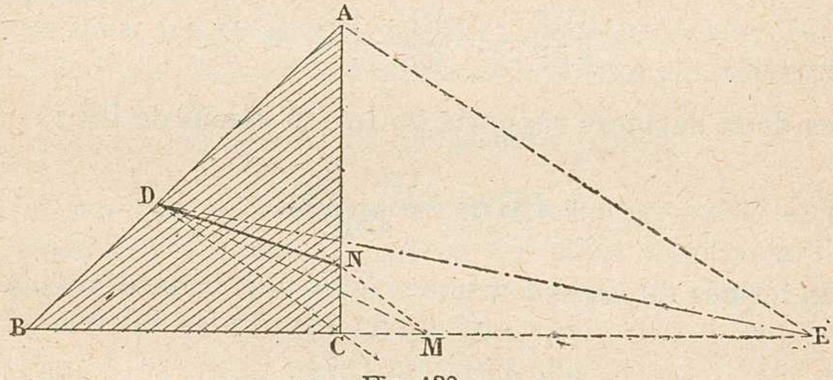


Fig. 130.

En opérant comme il a été indiqué au n° 199, *il peut arriver que la ligne* DM *tombe en dehors du triangle.* Alors on tire MN parallèle à DC, et la droite DN fait le partage demandé.

En effet, le triangle BDM est équivalent à la fig. BDNC, car ces deux figures ont une partie commune BDC, et le triangle DCM est équivalent au triangle DNC comme ayant même base DC et même hauteur.

201. **Problème.** — ***Par un point*** D ***du périmètre d'un triangle*** ABC, ***mener une droite qui le divise en deux parties qui soient entre elles comme*** 1 ***est à*** 2.

Divisons BC en trois parties égales aux points *m* et *n*, et tirons A*m*. Menons D*m*, puis AE parallèle à D*m*. La ligne DE divise le triangle de manière que BDE est le tiers du triangle

ABC. En effet, ABm est le tiers de ABC, puisque Bm est le tiers de BC.

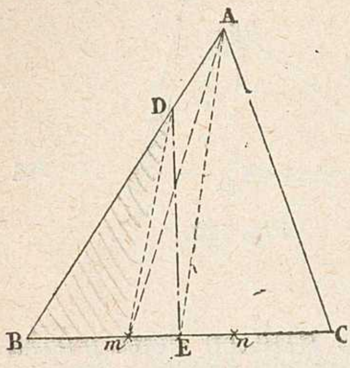


Fig. 131.

Or BDE est équivalent à ABm, car ces deux triangles ont une partie commune BDm, et le triangle DEm est équivalent à DmA comme ayant même base Dm et même hauteur.

202. — On peut calculer *numériquement* la longueur BE, et, par suite, obtenir la ligne de partage DE (fig. 131). On sait que *lorsque deux triangles ont un angle égal, ils sont entre eux comme les produits des côtés de l'angle égal.* (306)

Les deux triangles ABC et DBE ayant l'angle B commun, on a la proportion suivante :

$$\frac{\text{BDE}}{\text{ABC}} = \frac{\text{BE . BD}}{\text{AB . BC}} = \frac{1}{3}.$$

Des deux derniers rapports on tire la valeur de BE :

$$\text{BE} = \frac{\text{AB . BC}}{3\text{BD}}.$$

Les termes du second membre étant tous connus, on n'a plus qu'à effectuer les calculs.

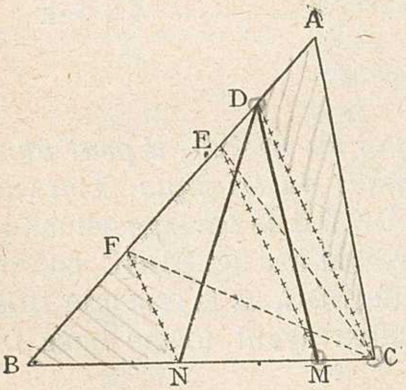


Fig. 132.

203. **Problème.** — *Partager un triangle en trois parties équivalentes par deux droites partant d'un point D du périmètre.*

On divise le côté AB en trois parties égales, aux points E, F ; on joint le point D au sommet C, puis on mène EM, FN parallèles à DC. Les lignes DM et DN feront le partage demandé.

En effet, la fig. ADMC est équivalente au triangle AEC, qui est le $^1/_3$ du triangle total ; car ces deux figures ont le triangle ADC commun, et DCM est équivalent à DCE comme ayant même base DC et même hauteur.

De même, le triangle DNB est équivalent au triangle CBF, qui est le $1/3$ du triangle total, car ils ont une partie commune BFN, et CFN est équivalent à DFN comme ayant même base FN et même hauteur.

Voir Solutions pag. 125

204. **Problème.** — *Diviser un triangle en deux parties équivalentes par une perpendiculaire à la base.*

$\overline{CN}^2 = \frac{1}{2} b . CD$

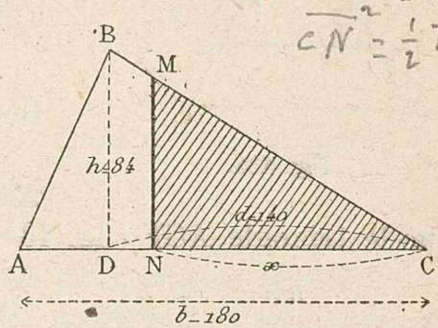


Fig. 133.

Soit un terrain dont la surface $= \frac{180 \times 84}{2} = 7\,560$ m².

Puisqu'il s'agit de le partager en deux parties équivalentes, chaque partie aura $\frac{7\,560}{2} = 3\,780$ mètres carrés.

Si l'on suppose que la perpendiculaire MN fait le partage demandé, le triangle MNC a 3 780 mètres carrés.

Or les deux triangles BDC et MNC sont semblables. Si l'on mesure la ligne $DC = 140^m$, la surface du triangle BDC égalera

$$\frac{84 \times 140}{2} = 5\,880 \text{ mètres carrés,}$$

mais on sait que les surfaces des deux triangles MNC et BDC sont entre elles comme les carrés des côtés homologues.(1) On peut donc écrire :

$$\frac{MNC}{BDC} = \frac{\overline{NC}^2}{\overline{DC}^2},$$

(1) Géométrie pag. 148

ou

$$\frac{3\,780}{5\,880} = \frac{\overline{NC}^2}{\overline{140}^2},$$

d'où

$$\overline{NC}^2 = \frac{\overline{140}^2 \times 3\,780}{5\,880},$$

et

$$NC = \sqrt{\frac{\overline{140}^2 \times 3\,780}{5\,880}} = 112^m,2.$$

205. **Problème.** — *Partager un triangle en deux parties équivalentes par une parallèle à la base.*

Sur le côté AC, on décrit une demi-circonférence ; par le point D, milieu de AC, on mène DE perpendiculaire sur AC ; du point A on décrit l'arc EG, et l'on mène FG parallèle à BC.

(1) $\overline{AE}^2 = AC \cdot AD$

La ligne FG fait le partage demandé. En effet, les triangles semblables AFG et ABC sont entre eux comme les carrés des côtés AC et AG.

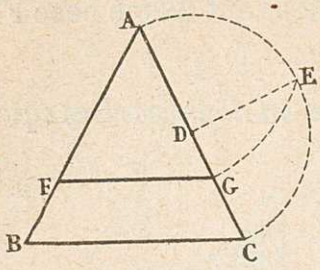


Fig. 134.

(1)

Or $\frac{\overline{AG}^2}{\overline{AC}^2} = \frac{\overline{AE}^2}{\overline{AC}^2} = \frac{AD}{AC} = \frac{1}{2}$

Donc $\frac{AFG}{ABC} = \frac{1}{2}$.

206. **Remarque.** — Si l'on voulait que le triangle AGF (fig. 134) fût le $^1/_3$ du triangle ABC, on prendrait le point D au tiers de AC, de manière que l'ont eût

$$AD = \frac{AC}{3}.$$

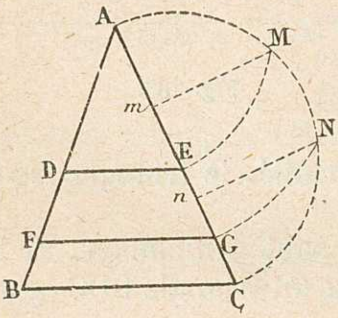


Fig. 135.

207. **Corollaire.** — Pour partager le triangle ABC (fig. 135) en trois parties équivalentes, on divise AC en trois parties égales aux points m et n. On mène Mm, Nn perpendiculaires à AC; du point A, on décrit les arcs ME, NG, et l'on mène DE, FG parallèles à BC.

208. **Problème.** — *Trouver un point* O *dans l'intérieur d'un triangle* ABC (fig. 136), *tel qu'en le joignant aux trois sommets, le triangle soit partagé en trois parties équivalentes.*

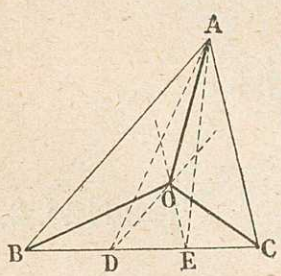


Fig. 136.

Divisons BC en trois parties égales aux points D et E; menons DO parallèle à AB, et OE parallèle à AC. Les lignes OB, OC et OA, partagent le triangle en trois parties équivalentes.

En effet, menons AD et AE. Les triangles ABD, ADE, AEC, sont chacun le tiers du triangle total. Or les triangles ABO et ABD sont équivalents comme ayant même base AB et même hauteur. Le triangle AOB est donc le $^1/_3$ du triangle ABC.

De même, les triangles AOC et AEC ont même base AC et même hauteur. Le triangle AOC est donc le $^1/_3$ du triangle ABC. Par suite, BOC est aussi le $^1/_3$ du triangle ABC.

209. **Problème.** — *Partager un trapèze en trois parties équivalentes par des droites joignant les bases.*

On divise les deux bases en trois parties égales, et l'on joint les points de division par les lignes de partage EH, FI.

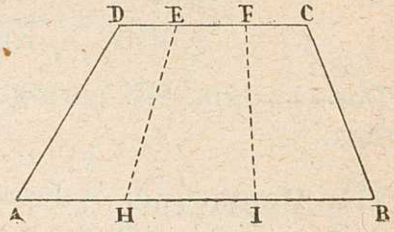


Fig. 137.

210. **Problème.** — *Partager un trapèze en deux parties équivalentes par une parallèle aux bases.*

Soit le trapèze ABCD à diviser en deux parties égales.

Prolongeons les côtés AD et BC jusqu'à leur rencontre au point O ; décrivons une demi-circonférence sur OD comme diamètre ; du point O comme centre, avec OA pour rayon, décrivons l'arc AF, et abaissons sur OD la perpendiculaire EF. Partageons ED en deux parties égales ; par le point de division I, élevons la perpendiculaire IH, et décrivons du point O, comme centre, l'arc HM ; la parallèle MN à la base DC partage le trapèze en deux parties équivalentes.

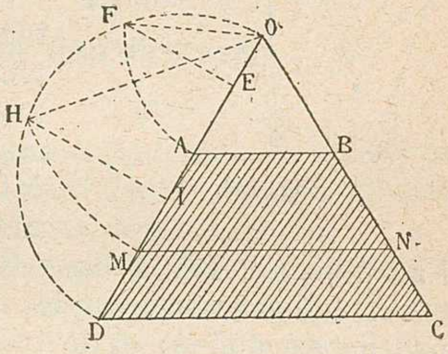


Fig. 138.

En effet, les triangles OAB, OMN et ODC sont semblables et sont entre eux comme les carrés des côtés homologues $\overline{OA}^2$, $\overline{OM}^2$, $\overline{OD}^2$, ou bien $\overline{OF}^2$, $\overline{OH}^2$, $\overline{OD}^2$. Or les carrés de ces cordes sont entre eux comme leurs projections sur le diamètre OD... (Voir notre *Géométrie* pour l'enseignement primaire, cours supérieur.) De sorte que les trois triangles en question sont entre eux comme OE, OI, OD. On peut donc écrire les deux proportions suivantes :

$$\frac{OAB}{OMN} = \frac{OE}{OI}; \quad \frac{OAB}{ODC} = \frac{OE}{OD}.$$

Retranchant les numérateurs des dénominateurs, on a :

$$\frac{OAB}{OMN - OAB} = \frac{OE}{OI - OE}; \quad \frac{OAB}{ODC - OAB} = \frac{OE}{OD - OE},$$

ou

$$\frac{OAB}{ABNM} = \frac{OE}{EI}; \quad \frac{OAB}{ABCD} = \frac{OE}{ED}.$$

Les numérateurs de ces deux proportions étant égaux, les dénominateurs peuvent former une proportion :

$$\frac{ABNM}{ABCD} = \frac{EI}{ED}. \quad \text{Or} \quad \frac{EI}{ED} = \frac{1}{2}.$$ por construcción

Donc la ligne MN partage le trapèze en deux parties équivalentes.

211. **Remarque.** — *Pour partager le trapèze* ABCD *en trois parties équivalentes,* on partagerait la ligne ED en trois parties égales, et on opérerait comme il vient d'être dit.

212. **Problème.** — *Diviser un quadrilatère en deux parties équivalentes par une ligne droite partant d'un point donné sur le périmètre.*

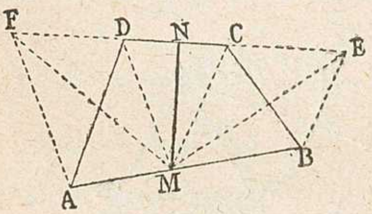


Fig. 139.

Soit le quadrilatère ABCD à partager en deux parties équivalentes par une ligne partant du point M pris sur le périmètre.

Prolongeons DC; menons MC et MD, puis BE parallèle à MC, et AF parallèle à MD; joignons le point M au milieu de FE; la ligne MN divise le quadrilatère en deux parties équivalentes, car le triangle FME est équivalent au quadrilatère donné, et le triangle FMN, moitié du triangle FME, est équivalent à MNDA.

213. **Remarque.** — Si le point de départ de la droite qui fait le partage n'est pas donné, on opère comme il suit :

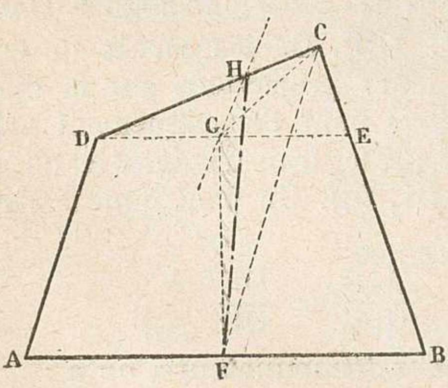


Fig. 140.

On mène DE parallèle à AB; cette ligne décompose le quadrilatère en un triangle DCE et un trapèze ABED.

On prend le point G au milieu de ED et le point F au milieu de AB, et l'on mène la ligne brisée CGF. Le triangle et le trapèze sont divisés chacun en deux parties équivalentes.

On transporte le sommet G du triangle CGF en H, parallèlement à CF, et la droite HF détermine le partage demandé, car le triangle CFH est équivalent au triangle CFG.

214. Problème. — *Diviser un polygone quelconque en deux parties équivalentes, en partant d'un point donné sur le périmètre.*

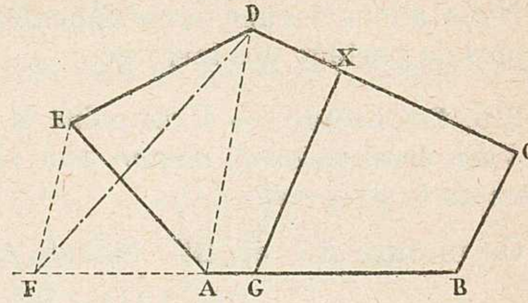


Fig. 141.

Soit un pentagone ABCDE. Pour le diviser en deux parties équivalentes, on transporte le sommet E en F parallèlement à AD. On obtient le quadrilatère FBCD, équivalent au pentagone, sur lequel on opère comme au problème précédent.

§ II. — Partage des terrains.

215. — Le **partage des terrains** a pour but de diviser une propriété en plusieurs parties équivalentes, ou en plusieurs parties qui soient entre elles dans un rapport donné.

Le *géomètre pratique et expert* peut seul opérer convenablement le partage des propriétés, car il doit faire attention à la qualité du terrain, qui souvent n'est pas la même dans les différentes parties d'une propriété, et dans ce cas l'étendue à donner à chaque lot est en raison inverse de la valeur du sol. Le voisinage d'une route, d'une source, d'un cours d'eau, peut aussi faire varier la valeur des différents lots de la propriété.

Dans la division d'un champ, on doit éviter les angles trop aigus, et préférer le trapèze, le quadrilatère au triangle.

Le partage peut se faire directement sur le terrain ou bien sur le plan de la propriété.

Quand on opère directement sur le terrain, on mesure la surface totale de la propriété. On divise cette surface en parties égales ou en parties proportionnelles à des nombres donnés, et on détermine sur le terrain des superficies égales à celles que l'on a trouvées.

Quand on opère graphiquement, on fait le plan de la propriété, puis on le divise au moyen de la règle et du compas. La division étant effectuée sur le papier, on en fait le report sur le terrain.

Les questions traitées dans le chapitre précédent servent de base à la méthode graphique.

Nous allons traiter numériquement quelques questions pratiques de partage des terrains.

216. **Problème.** — *D'un point* M *pris sur le périmètre d'un terrain triangulaire, mener une ligne* MD *qui détermine le tiers de la propriété.*

On mesure AC et BH. Soient $AC = 40^m$ et $BH = 21^m,2$.

La surface du champ est $\dfrac{AC \times BH}{2} = \dfrac{40 \times 21,2}{2} = 424\ m^2$.

Le tiers est $\dfrac{424}{3} = 141$ mèt. carrés 33.

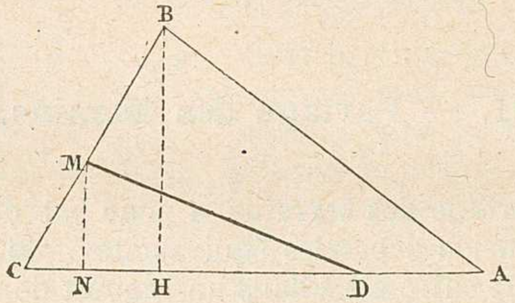


Fig. 142.

On mesure $MN = 9,5$ et on calcule CD de manière que

$$\frac{MN \times CD}{2} = 141,33$$

D'où $$CD = \frac{141,33 \times 2}{9,5} = 29,75.$$

On porte $29^m,75$ à partir du point C jusqu'en D, et l'on tire MD.

217. **Problème.** — *Partager un terrain* ABCDE (fig. 143) *en quatre parties équivalentes, de manière, que chacune aboutisse à un puits* P *situé dans l'intérieur de la propriété.*

On évalue la surface du terrain. Soit 73 ares 60 cette surface. Déduisons 80 mèt. carrés pour la surface du sentier AP. Il reste 72 ares 80 cent.

Chaque partie aura $\dfrac{72,8}{4} = 18$ ares 20 ou $1\,820\ m^2$.

1° Pour déterminer la première partie APM, on mesure la perpendiculaire h, puis on calcule une base AM telle que l'on ait $\frac{AM \times h}{2} = 1\,820$. D'où $AM = \frac{1\,820 \times 2}{h}$.

On porte la longueur trouvée de A en M, et le triangle APM est le quart de la propriété.

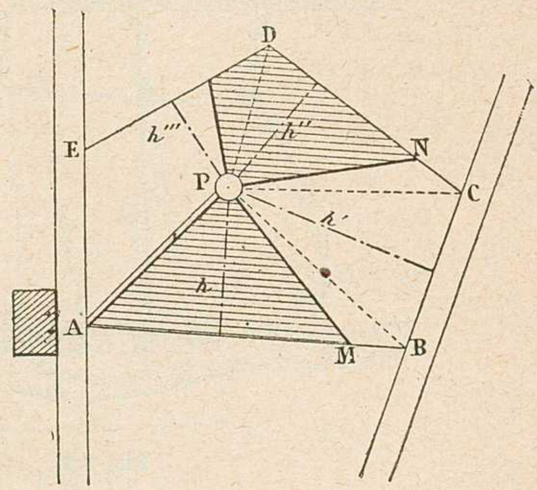


Fig. 143.

2° Pour déterminer la 2e partie MPNCB, on mène PB et on calcule la surface du triangle $PMB = \frac{MB \times h}{2}$, soit 490 mètres carrés. On cherche de même la surface du triangle PBC en faisant le produit $h' \times CB$. Soit 1 070 m². Cette surface, ajoutée à 490 mètres carrés, donne pour somme 1 560 mètres carrés. Il manque $1\,820 - 1\,560 = 260$ mètres carrés pour avoir le quart du terrain. Il faut prendre un triangle PNC qui ait cette surface.

On mesure la perpendiculaire h'', et l'on a $\frac{h'' \times CN}{2} = 260$.

D'où $$CN = \frac{260 \times 2}{h''}$$

On porte la longueur trouvée de C en N, et l'on mène PN, qui détermine la deuxième partie.

On procède de même pour la troisième partie.

218. **Problème.** — *Diviser en trois parties équivalentes un terrain limité dans deux directions opposées par un chemin et par un ruisseau, chaque partie devant aboutir aux deux limites naturelles du terrain.*

Soit à partager le terrain ABCD, limité par le chemin AB et par le ruisseau CD (fig. 144).

On partage AB en trois parties égales, et par les points de division on mène des droites EG, FH, qui partagent le terrain en parties approximativement équivalentes. On évalue l'aire de AKLDGE, de EFHG et de FBICH. La somme des trois résultats donne l'aire totale. On prendra le tiers de cette somme, et l'on comparera cette valeur avec chacune des trois parties.

Admettons que AEGDK soit moindre que le tiers du terrain; il faudra diviser la différence obtenue par la moitié de EG, afin de trouver la hauteur à donner à un triangle EGM qui

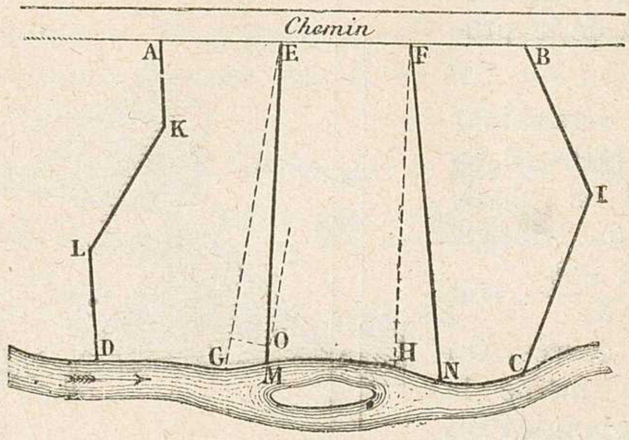


Fig. 144.

complétera le tiers de la surface totale. La ligne EM déterminera une partie de la division du terrain.

On procédera de même pour mener la ligne FN.

219. **Problème.** — *Partager un terrain* ABCD *en trois parties équivalentes. Les deux côtés* AD et BC *sont donnés parallèles.*

Pour faire la division, on mène, à partir des sommets *a*, *e*, *g*, *c* des parallèles aux côtés AD et BC.

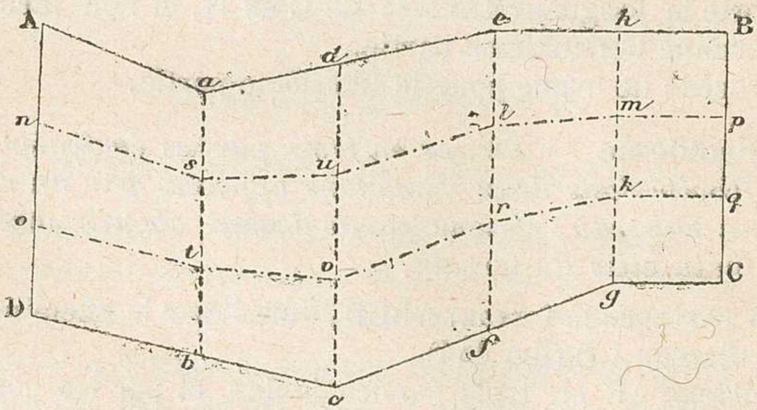


Fig. 145.

On divise chacune de ces parallèles en trois parties égales, puis on joint les points de division par les lignes de partage *nsulmp* et *otvrkq*.

220. **Problème.** — *Partager un terrain quadrangulaire* ABCD (fig. 146) *en deux parties équivalentes par une droite parallèle à une direction donnée* XY.

Soit la direction XY perpendiculaire au côté AB. On mène DE et CF parallèles à XY. On calcule la surface du terrain.

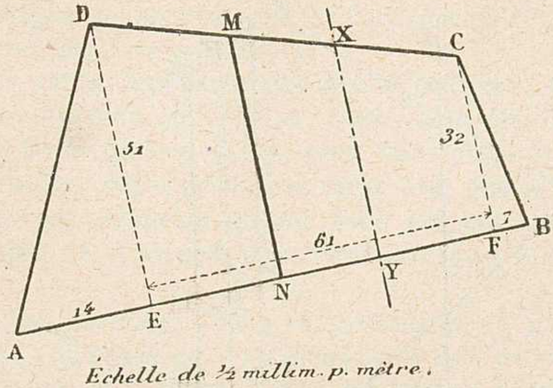


Fig. 146.

$$\text{Surface ADE} = \frac{51 \times 14}{2} = 357$$

$$\text{Surface CBF} = \frac{32 \times 7}{2} = 112$$

$$\text{Surface DEFC} = \frac{51 + 32}{2} \times 61 = 2\,531{,}5$$

$$\text{Surface totale :} \quad \overline{3\,000 \text{ m}^2, 50.}$$

Chaque partie aura 1 500 mètres carrés.

Si l'on suppose que MN soit la ligne de partage :

La surface DMNE = 1 500 — 357 = 1 143.

La surface MNFC = 1 500 — 112 = 1 388.

On mènera, comme au nº 210, la ligne MN parallèle aux bases du trapèze DEFC, de manière que les deux parties soient entre elles comme $\frac{1\,143}{1\,388}$ ou $\frac{11{,}43}{13{,}88}$.

221. **Problème.** — *Par une droite menée parallèlement à une direction donnée, diviser un terrain quelconque* (fig. 147) *en deux parties qui soient entre elles dans un rapport donné, par exemple, comme* 2 *est à* 3.

Nous indiquons une méthode approximative qui est le meilleur moyen pratique dans presque tous les cas

Soit XY la direction donnée.

On calcule la superficie du terrain, soit 960 mètres carrés, et l'on divise cette surface proportionnellement aux nombres 2 et 3, ce qui donne 576 m² et 384 m². On mène FH, parallèle à XY et divisant approximativement le terrain dans le rapport donné.

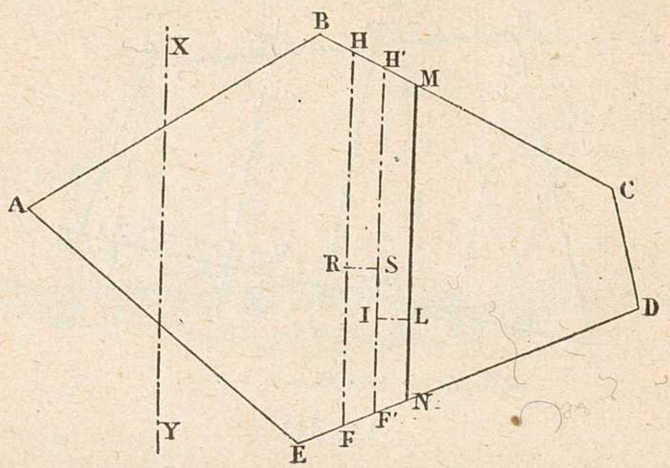


Fig. 147.

Soit FH = 32 mèt. On calcule la surface HCDF, et l'on trouve qu'elle a 480 mètres carrés, ce qui fait 96 mètres carrés de plus que cette partie ne doit avoir.

En divisant 96 par 32, longueur de FH, on trouve 3 mètres. On mène H'F' parallèle à HF et distante de 3 mètres.

Si les côtés BC et DE du terrain étaient parallèles, la figure retranchée HH'FF' aurait bien 96 mètres carrés. Dans ce cas, H'F' serait la ligne de partage. Généralement, ces côtés ne sont pas parallèles. On mesure H'F'. Soit 30 mètres la longueur trouvée. On calcule la surface HH'FF' : $\frac{32+30}{2} \times 3 = 93$ m².

Il reste à retrancher 3 mètres carrés.

3 divisé par H'F' donne $\frac{3}{30} = 0^m,1$, longueur de IL qui détermine MN, ligne de partage.

Deux tâtonnements donnent presque toujours une approximation suffisante.

§ III. — Partage d'une succession.

222. — Quand une personne meurt laissant plusieurs héritiers, il y a lieu de partager sa succession, et l'acte à intervenir s'appelle *liquidation* ou *partage de succession.*

La *liquidation* est le décompte des droits indivis [1], entre deux ou un plus grand nombre de cohéritiers; c'est l'acte établissant le montant des réclamations qu'une partie peut faire aux autres, en fixant la part de chacun des copropriétaires dans une masse commune.

La liquidation est *amiable* quand tous les copropriétaires sont majeurs, capables et d'accord pour tout ce que porte le *contrat liquidatif.*

Elle est *judiciaire* quand elle a été ordonnée en justice, à cause du désaccord, de l'absence ou de l'incapacité de l'un ou de plusieurs des coïntéressés, ou qu'il s'agit d'une succession bénéficiaire. Dans ce cas, un second jugement, portant l'*homologation* [2] du travail fait par le notaire ou l'expert, est indispensable.

Tout partage (sauf le cas où la valeur de la succession n'atteint pas le chiffre de 150 francs) doit être constaté par écrit; la preuve testimoniale n'est jamais admise pour prouver un partage.

Dans le cas de partage amiable, il est généralement utile de dresser un inventaire exact de l'actif et du passif. Cet inventaire peut être fait sans notaire.

On estime ensuite les immeubles s'il en existe; on vend ceux qui ne peuvent pas être commodément partagés. (La vente d'une chose indivise s'appelle *licitation.*)

Afin d'établir la masse à partager, chacun rapporte ce qu'il a reçu du défunt ou ce qu'il doit à la succession; à moins que les dons n'aient été faits par *préciput* [3] ou *hors part.* Si le rapport ne peut pas se faire en nature, les autres héritiers prélèvent avant partage une portion égale à celle qui est due par leur cohéritier.

On forme ensuite des lots égaux que l'on tire au sort; on peut aussi attribuer directement les lots à l'amiable si toutes les parties sont majeures, capables et d'accord. C'est faire le *lotissement.*

Dans la composition des lots, on doit autant que possible éviter de morceler les héritages et de diviser les exploitations. Dans ce but on peut compenser par une *soulte* [4] l'inégalité des lots en nature.

---

[1] *Droits indivis :* qui ne sont pas divisés, mais possédés en commun.

[2] *Homologation :* jugement qui donne à un acte fait par des particuliers la force d'un acte fait en justice.

[3] *Préciput:* avantage que le testataire ou la loi donne à un des héritiers pardessus les autres.

[4] *Soulte :* de *solutus*, payer.

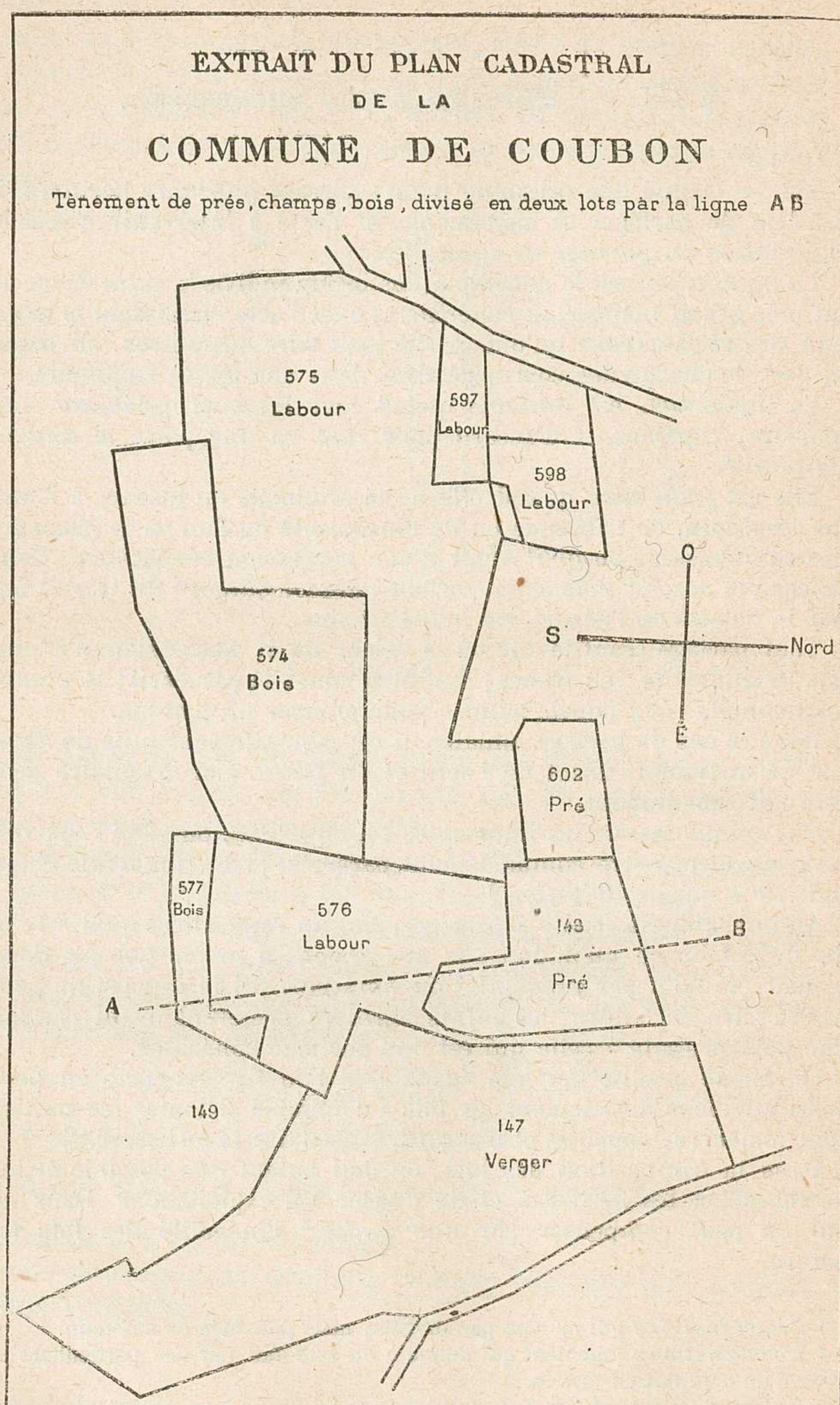

EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL
DE LA
COMMUNE DE COUBON
Tènement de prés, champs, bois, divisé en deux lots par la ligne AB
575
Labour
597
Labour
598
Labour
574
Bois
O
S
Nord
E
602
Pré
577
Bois
576
Labour
148
Pré
A
B
149
147
Verger

Fig. 148.

§ IV. — Exemple de partage à l'amiable.

222 *bis*. — *Partage des biens immeubles dépendant de la succession de Monsieur Félix Robert, situés à Coubon (Haute-Loire).*

Nous soussignés, *Jules André,* notaire, demeurant au Puy (Haute-Loire), et *Mathieu Louis,* propriétaire, demeurant à *Coubon* (Haute-Loire) : Arbitres nommés par :

1° Madame *Henriette Robert,* autorisée et assistée de Monsieur *Barthélemy Paul,* son mari, demeurant à *Aurec* (Haute-Loire);

2° Madame *Béatrix Robert,* assistée et autorisée de Monsieur le comte *Emmanuel de Saint-Vidal,* son mari, demeurant à *Courpières* (Puy-de-Dôme);

Vu le compromis, sous seing privé, souscrit le cinq septembre mil neuf cent huit, et signé : *Comte Emmanuel de Saint-Vidal, Béatrix Robert, Henriette Robert, Barthélemy Paul;* lequel compromis demeurera annexé aux présentes : Nous dits, arbitres, jaloux de répondre à la confiance des copartageants ci-avant désignés, avons cru devoir, pour assurer nos estimations, nous adjoindre, à titre de conseil, le sieur *Pierre Philippe,* propriétaire à *Coubon,* et avons avec lui visité les divers tènements dont se composent les propriétés qui feront l'objet de la masse et de la composition des lots ci-après :

Plusieurs de ces tènements ont été mesurés par nous; plusieurs autres ont été portés pour la contenance que Monsieur *Mathieu Louis,* l'un des arbitres désignés, nous a indiquée, déclarant la bien connaître.

Et enfin, quelques-uns de moindre valeur ont été pris pour leur contenance cadastrale.

MASSE DES BIENS

Article premier. — Maison d'habitation, bâtiments dans lesquels se trouvent : cave, écuries, remise, serres, dépôts d'instruments, grange ou greniers et pigeonniers; plus l'enclos; le tout compris sous les n°s 135, 136, 137p, 36 et 47p du plan cadastral de la commune de Coubon. Limités, au nord, par la maison de ferme, maison d'Exbrayat, de Meysonnet et d'Alibert. Au midi, au levant et au couchant, par chemin public. Cet article estimé en bloc : Trente-deux mille francs ci			32 000 fr. 00

MASSE DES BIENS (*suite*)

Article deux. — Maison de ferme, cours, hangars et passage conduisant à la place publique; compris sous les nos 47p et 137p du plan cadastral. Limité, au nord, par maison de Meysonnet, la place publique; au levant, par chemin public; au midi, par l'article premier de la masse; au couchant, par un passage. Cet article estimé en bloc : six mille cinq cents francs ci			6 500 fr. 00
Article trois. — Le verger, labour, compris sous le no 147 du cadastre. Limité, au nord et au levant, par chemin public et champ de Barthélemy; au midi, par pré de Poinsac; au couchant, par bois, champ et prés dépendant de la succession (chemin entre deux pour une partie de cette limite), et d'une contenance d'environ 2ha, 16a, 17ca. Cet article estimé soixante-deux francs l'are, soit en totalité : treize mille quatre cent deux francs cinquante centimes. ci	216a, 17	62 fr. 00	13 402 fr. 50
. . . .	. . .	. . .	. . . . . .
Article trente-six. — Bois compris sous le no 574 du dit plan et d'une contenance d'environ 95a, 78ca. Estimé treize francs quinze centimes l'are, soit en totalité : Douze cent cinquante et un francs ci			1 251 fr. 00
Cet article est limité, au nord, au levant et au midi, par propriétés dépendant de la succession.			
Total de la masse des biens . . .			146 226 fr. 00

Lotissement ou composition et attribution des lots.

Pour arriver à former deux lots à peu près égaux des propriétés constituant la masse ci-dessus, nous avons cru bon d'attribuer d'abord au premier lot l'article premier de la masse, comprenant bâtiments d'habitation, dépendances et enclos, et au second lot, la maison de ferme et ses dépendances, plus un nombre de parcelles de terre (labour, prairies, bois), d'une valeur à peu près équivalente à l'article premier de la masse.

Puis nous avons divisé en deux parts le reste de la masse, en tenant compte de la valeur en capital, de la valeur en prix de ferme, de la situation et agrément de chaque propriété, et nous avons attribué une part à chacun des deux lots.

PREMIER LOT

	VALEUR EN CAPITAL	VALEUR EN PRIX DE FERME
Le premier lot comprendra :		
1° L'article premier de la masse, estimé trente-deux mille francs	32 000,00	
2° La contenance de deux hectares, quinze ares, quarante-quatre centiares ($2^{ha},15^{a},44^{ca}$), à prendre au couchant de l'article vingt et un de la masse; ladite contenance, estimée neuf mille six cent trente-neuf francs	9 639,00	
Et pouvant produire comme prix de ferme un revenu de 360 fr. 45		360,45
. . . .	. . . . .	. . .
14° L'article cinq de la masse, estimé onze mille trois cent vingt francs	11 320,00	
Et pouvant produire comme prix de ferme un revenu de 339 fr. 60		339,60
Total du premier lot s'élève à soixante-treize mille quinze francs en capital	73 015,00	1 392,90

DEUXIÈME LOT

Le deuxième lot comprendra :	
1° L'article deux de la masse : maison de ferme et dépendances, estimé six mille cinq cents francs ci	6 500,00
2° L'article trois de la masse, estimé à treize mille vingt-cinq francs ci	13 025,00
. . . .	. . . .
Total de la première section du deuxième lot.	32 522,00

DEUXIÈME LOT (*suite*).

9° L'article onze de la masse, estimé deux mille sept cent dix francs.	2 710,00	
Et pouvant produire, comme prix de ferme, un revenu de quatre-vingt-huit francs. . . .		88,00
. . . .	. . . . .	. . . . .
24° L'article vingt-huit de la masse, estimé six cent soixante-douze francs	672,00	
Et pouvant produire, comme prix de ferme, un revenu de trente francs		30,00
Total du deuxième lot s'élevant à soixante-treize mille deux cent onze francs en capital .	73 211,00	1 386,75

Soulte à payer par le deuxième lot.

Premier lot, somme en capital.	73 015 fr.
Deuxième lot, somme en capital	73 211 fr.
Capital de la masse des biens.	146 226 fr.
Différence en faveur du deuxième lot . .	196 fr.

Le deuxième lot devra donc au premier, à titre de soulte et pour égaliser les parts, la somme de quatre-vingt-dix-huit francs.

Les lots ainsi formés ont été communiqués aux parties, qui ont déclaré les accepter et nous ont prié de procéder à la plantation des limites.

A notre rapport nous avons annexé un plan des parcelles divisées, indiquant la parcelle attribuée à chaque lot, ainsi que les distances entre les limites.

SERVITUDES

Les anciennes servitudes de passage sont maintenues et continueront à s'exercer comme par le passé, à la condition qu'elles seront nécessaires pour l'exploitation des fonds en faveur desquels elles existent.

Les parcelles enclavées auront droit au passage le plus court et le moins dommageable, sans indemnité.

L'irrigation des prairies continuera à se faire comme par le passé.

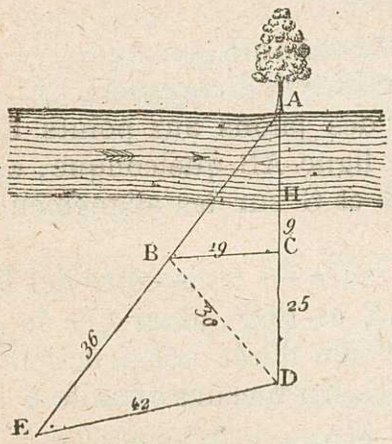
CHAPITRE VI

MESURE DES DISTANCES NON PARCOURABLES

§ I. — A l'aide de la chaîne.

223. **Premier procédé.** — *Soit à mesurer la largeur d'une rivière.*

On prend arbitrairement deux points B et C, de manière néanmoins que la direction AC soit sensiblement perpendiculaire à la direction de la rivière, puis un troisième E dans l'alignement de AB, et un quatrième D dans l'alignement de AC.



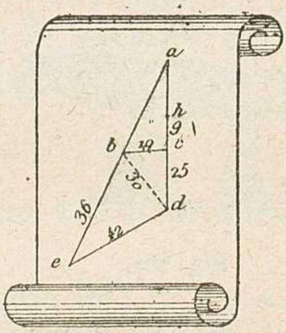


Fig. 149. — Mesurer la largeur d'une rivière à l'aide de la chaîne.

On mesure les lignes ED, BD, EB, BC, CD, et l'on a tous les éléments nécessaires pour reproduire à l'échelle, sur le papier, le quadrilatère BCDE, et l'on termine le triangle *aed*. On obtient ainsi la longueur de AC $= 30^{m},60$; on en retranche 9 mètres, valeur de HC, ce qui donne la largueur demandée AH $= 21^{m},60$.

224. **Deuxième procédé.** — *Pour obtenir la distance entre*

deux points C *et* M *séparés par un obstacle* (fig. 150), on peut procéder comme il suit :

On se place en un point O, d'où l'on puisse apercevoir à la fois M et C. On mesure OC, que l'on prolonge d'une longueur égale OC′ = OC. De même, on mesure OM et l'on fait OM′ = OM. La

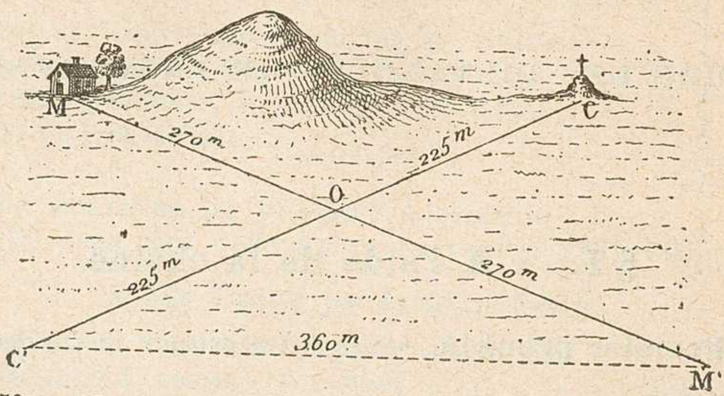


Fig. 150. — Mesure, à l'aide de la chaîne, d'une distance inaccessible.

mesure de C′M′ est aussi celle de CM; car les deux triangles OCM et OC′M′ sont égaux comme ayant un angle égal compris entre deux côtés respectivement égaux.

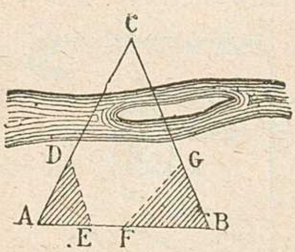


Fig. 151.

225. **Troisième procédé.** — *Soit à déterminer la distance* AC (fig. 151). On met des jalons aux points E et F sur une ligne AB quelconque, et aux points D et G sur les alignements AC et BC.

On mesure les trois côtés des triangles ADE et BGF, ainsi que la ligne AB. A l'aide d'une construction graphique on reproduit la figure ABC. On mesure ensuite à l'aide de l'échelle employée la distance AC.

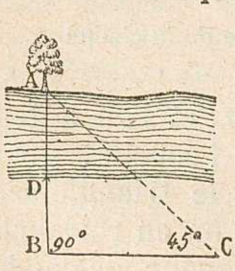


Fig. 152.

§ II. — A l'aide de l'équerre.

226. **Premier procédé.** — *Soit à obtenir la distance* AB (fig. 152).

On fait en B un angle droit ABC; puis on cherche, sur la perpendiculaire BC, un point C tel que l'angle ACB soit de 45°. Le triangle ABC est alors isocèle, et AB = BC.

227. **Deuxième procédé.** — *Pour obtenir la mesure de* AD (fig. 153), on fait un angle droit DAB. On prend AB d'une longueur quelconque, et l'on mène BE perpendiculaire à AB et d'une longueur quelconque. On marque ensuite sur AB le point O, sur l'alignement DE, et l'on mesure AO, OB et BE.

Les triangles semblables AOD, BOE, donnent la proportion suivante :

$$\frac{AD}{AO} = \frac{BE}{BO} \quad \text{ou} \quad \frac{AD}{60} = \frac{72}{40}$$

D'où AD = 108 mètres.

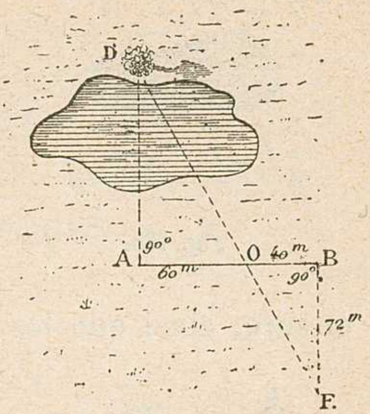


Fig. 153.

228. **Troisième procédé.** — *Pour obtenir la distance de* deux points A et B (fig. 154), on mène AC quelconque, puis BC perpendiculaire à AC.

On mesure les deux lignes AC et BC. On a un triangle rectangle dont AB est l'hypoténuse.

On sait que le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des deux autres côtés :

$$\overline{AB}^2 = \overline{460}^2 + \overline{60}^2.$$

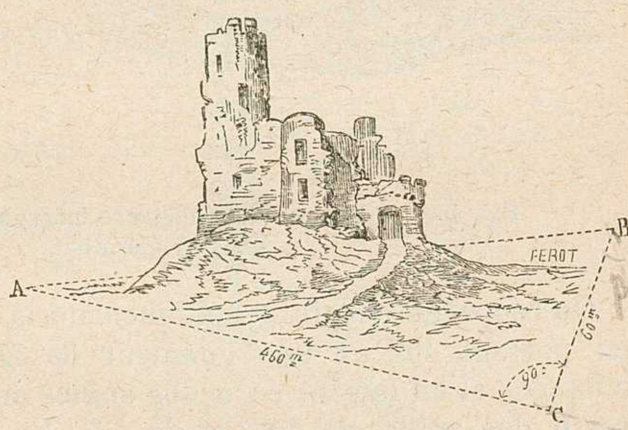


Fig. 154. — Mesure d'une distance inaccessible.

D'où $AB = \sqrt{460^2 + 60^2} = 463$ mèt. 89.

229. **Remarque.** — Si AB appartenait à un alignement connu, on pourrait recourir au moyen indiqué au n° 26.

Tracer un deuxième alignement parallèle au premier en élevant des perpendiculaires égales CC' = AA' = BB' = DD'. Puis mesurer A'B'. B'C'

§ III. — A l'aide du graphomètre.

230. **Premier procédé.** — *Soit à mesurer la distance* AC (fig. 155). — On prend une ligne AB à volonté. On mesure cette ligne ainsi que les angles A et B.

A l'aide d'une construction graphique, on reproduit le triangle ABC et l'on mesure AC à l'échelle employée.

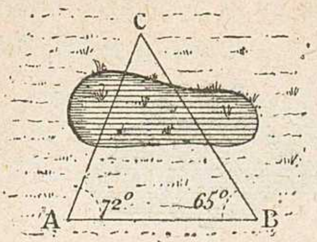
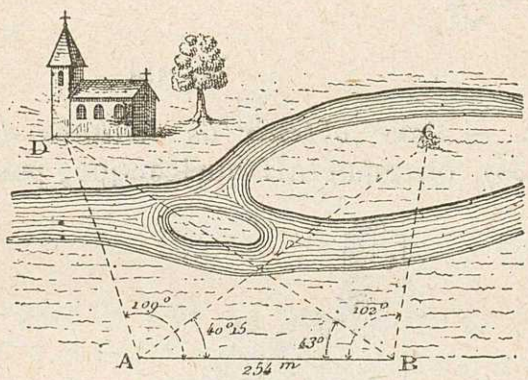


Fig. 155.

231. Deuxième procédé. — *A l'aide d'une base d'opération.* Pour déterminer la distance de deux points inaccessibles D et C (fig. 156), on prend une ligne AB comme *base d'opération;* on la mesure, ainsi que les angles en A et en B, formés par cette base et les visées dirigées de chacun de ces points vers C et D.



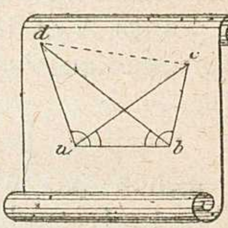
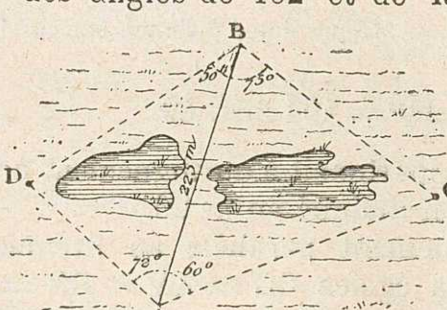


Fig. 156. — Mesure d'une distance inaccessible, emploi d'une base d'opération.

On reproduit ensuite graphiquement la figure ABCD en *abcd*, en portant sur *ab* une longueur de 254 mètres à l'échelle adoptée, et en faisant en *a* des angles de 109° et de 40° 15′, et en *b* des angles de 102° et de 43°. La distance *dc* est alors mesurée à la même échelle.



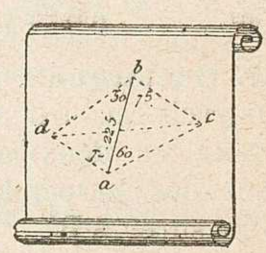


Fig. 157.

232. Remarque. — On peut prendre la base AB entre les deux points inaccessibles D et C. On relève graphiquement la figure ADBC en *adbc*. On mesure la diagonale *dc* à l'échelle employée, et l'on obtient la distance demandée (fig. 157).

CHAPITRE VII

MESURE DES HAUTEURS

§ I. — Procédés élémentaires.

233. **Mesurer une hauteur à l'aide de l'ombre.** — *Soit à mesurer la hauteur d'un arbre* AB (fig. 158).

On plante verticalement en terre un jalon d'une longueur déterminée; on mesure son ombre, ainsi que celle de l'arbre. On a deux triangles semblables ABD et *abd* qui donnent la proportion suivante :

$$\frac{AB}{AD} = \frac{ab}{ad}$$

ou $$\frac{AB}{6} = \frac{1{,}20}{0{,}50};$$

d'où l'on a :

$$AB = 14^m{,}40.$$

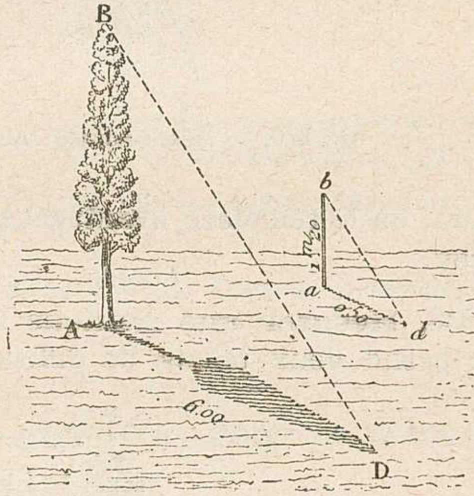


Fig. 158. — Mesure d'une hauteur à l'aide de l'ombre.

234. **Mesurer une hauteur à l'aide d'un miroir.** — On place un miroir horizontalement, et l'on détermine le point H où vient se former l'image du sommet de la croix pour une position donnée de l'œil du spectateur. Les angles NHO et NHB sont égaux ; il en est de même de BHA et DHO. On a donc deux triangles rectangles semblables ABH et ODH. On mesure AH, HD et OD, et l'on écrit la proportion suivante :

$$\frac{AB}{AH} = \frac{OD}{HD} \quad \text{ou} \quad \frac{AB}{4{,}5} = \frac{1{,}50}{1{,}10};$$

d'où l'on a : $$AB = 6^m{,}14.$$

235. **Remarque.** — Un miroir ordinaire n'est guère pra-

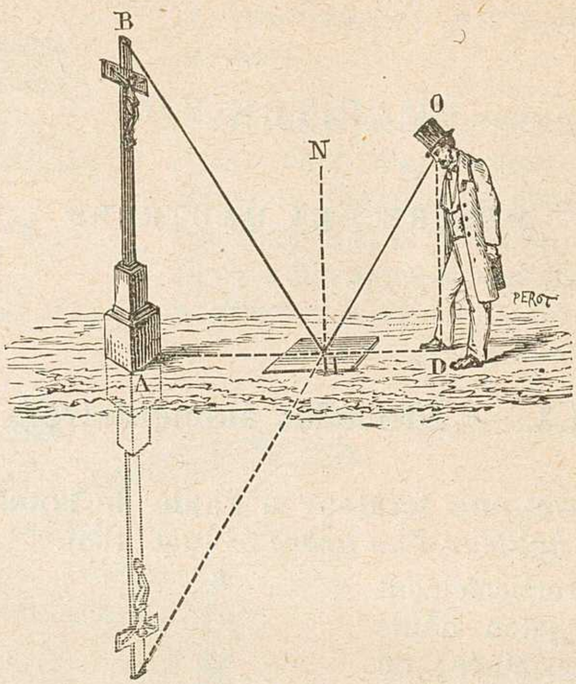


Fig. 159. — Mesure d'une hauteur à l'aide d'un miroir.

tique, on le remplace avantageusement par une cuvette pleine d'eau.

236. **Mesurer une hauteur à l'aide de deux jalons.** — On prend deux jalons de différentes longueurs. Soient, par

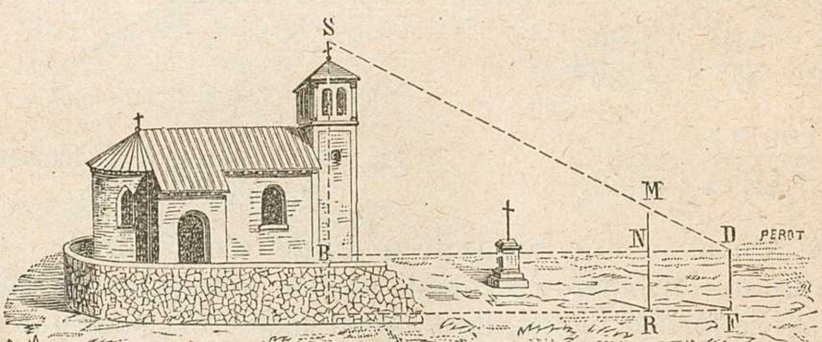


Fig. 160. — Mesure d'une hauteur à l'aide de deux jalons.

exemple, MR = $1^{m},40$ et FD = $0^{m},80$ (fig. 160). On fixe le jalon MR verticalement; puis, en tenant le jalon FD bien verticalement, on le place de manière que l'extrémité D soit en ligne droite avec SM. On mesure BN et ND.

Les deux triangles semblables SBD et MND donnent :

$$\frac{SB}{MN}=\frac{BD}{ND} \quad \text{ou} \quad \frac{SB}{0,60}=\frac{43}{1,30};$$

d'où $$SB = 19^m,84.$$

La hauteur est égale à $19^m,84$ plus $0^m,80$, longueur de FD, soit $20^m,64$.

237. **Moyen expéditif pour obtenir approximativement la hauteur d'un arbre.** — On prend deux règles égales formant équerre. On les dirige, en les tenant d'une main, de manière que les deux bords soient dans la direction du sommet de l'arbre, une des règles étant bien horizontale. On mesure les lignes AD et DE.

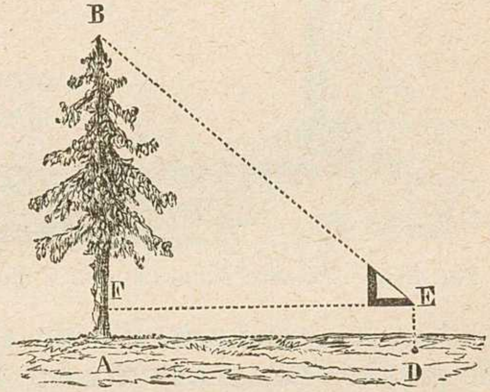


Fig. 161. — Hauteur d'un arbre.

Le triangle de l'équerre étant isocèle, le triangle BFE l'est aussi. Par suite,

$$EF = BF = 17^m,50.$$

La hauteur de l'arbre est donc $17^m,50$, plus la hauteur ED ou $1^m,20$, soit $18^m,70$.

§ II. — Emploi du graphomètre dans la mesure des hauteurs.

238. **Manière de disposer le graphomètre.** — Dans la mesure des hauteurs inaccessibles, on a souvent à mesurer des angles dont les plans sont verticaux. C'est pourquoi, lorsqu'on veut se servir du graphomètre pour cette opération, il faut :

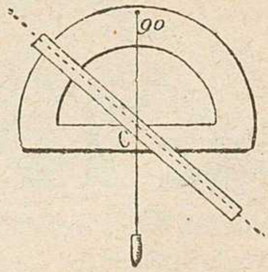


Fig 162.

1° *Que le limbe du graphomètre soit dans un plan vertical;*

2° *Que l'alidade fixe soit bien horizontale.*

Pour obtenir ce double résultat, on met le fil à plomb à une petite distance en avant du point marqué 90 ; ce fil doit passer par le centre C du graphomètre.

Nous ferons remarquer toutefois que ce procédé ne donne qu'une approximation très grossière.

239. **Mesurer la hauteur d'un édifice dont le pied est accessible.** — En un point F (fig. 163), on place le graphomètre de manière que le limbe soit vertical et l'alidade fixe bien horizontale, puis on mesure l'angle BDE. On mesure aussi la ligne AF.

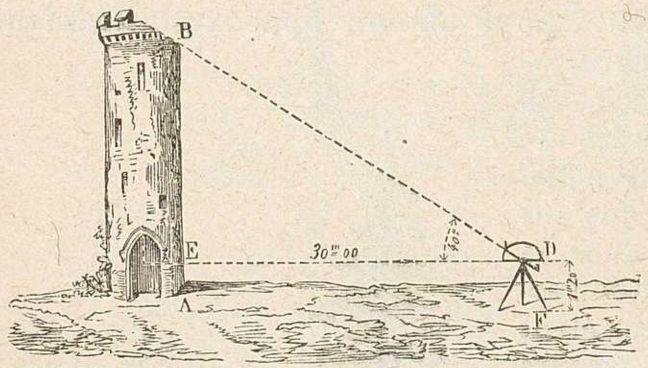
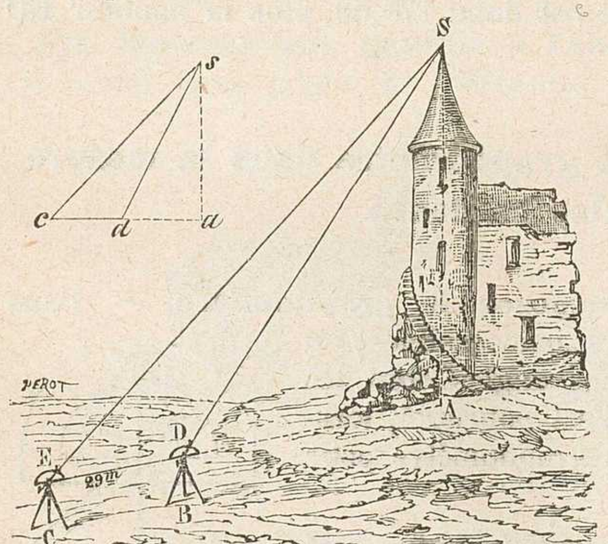


Fig. 163. — Mesure d'une hauteur à pied accessible.

Alors on peut construire graphiquement le triangle BED, et l'on obtient la mesure de BE. En ajoutant $1^m,20$ pour la hauteur du graphomètre, on trouve AB, la hauteur de la tour.

240. **Remarque.** — Si l'on dispose le graphomètre de manière que l'alidade mobile détermine un angle de 45°, et que l'on cherche un point d'où l'on puisse viser le sommet avec l'alidade mobile ainsi disposée, l'alidade fixe étant toujours horizontale, la hauteur sera donnée immédiatement par ED, car alors le triangle rectangle BED est isocèle, et BE = ED.



Angle SDE = 115°. Angle DES = 48°. BC = DE = 29^m.

Fig. 164. — Mesure d'une hauteur à pied inaccessible.

241. **Déterminer la hauteur d'un édifice dont le pied est inaccessible.** — On prend une base d'opération BC (fig. 164) dans un même plan vertical avec la hauteur à mesurer AS.

On mesure les angles formés avec cette base par les rayons visuels dirigés vers le sommet S. On mesure aussi la base BC.

On peut alors construire graphiquement le triangle *cds* semblable au triangle de l'espace EDS.

La ligne *sa*, perpendiculaire à la base *dc* prolongée, représente à l'échelle adoptée la hauteur SA.

242. **Remarque I.** — Si le pied de l'édifice est au-dessous de la hauteur du graphomètre (fig. 165), on peut mesurer l'angle ADM. La construction graphique donnera AM.

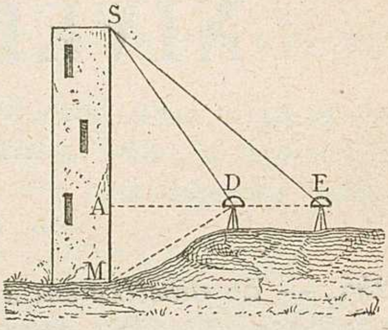


Fig. 165.

Remarque II. — Les points D et E doivent être sur la même horizontale. Cette condition est difficile à obtenir. Le procédé suivant (nº 243) offre une plus grande précision.

243. **Autre procédé.** — *Soit à mesurer la hauteur d'une tour* AS (fig. 166). On prend une base BD, horizontale autant que possible. Le graphomètre étant disposé horizontalement en B, et l'alidade fixe dirigée suivant BD, on place l'alidade mobile de manière que le plan vertical déterminé par les pinnules passe par le sommet S. On a ainsi sur le limbe horizontal la mesure de l'angle AHN. On se transporte en D, et on mesure de même l'angle ANH. On évalue ainsi l'angle vertical ANS. La base BD étant mesurée avec soin, on pourra construire le triangle *anh*; sur le côté *an* de ce triangle on construira le triangle rectangle *ans*, et on obtiendra aussi la ligne *sa*, qui, mesurée à l'échelle, donnera la hauteur SA.

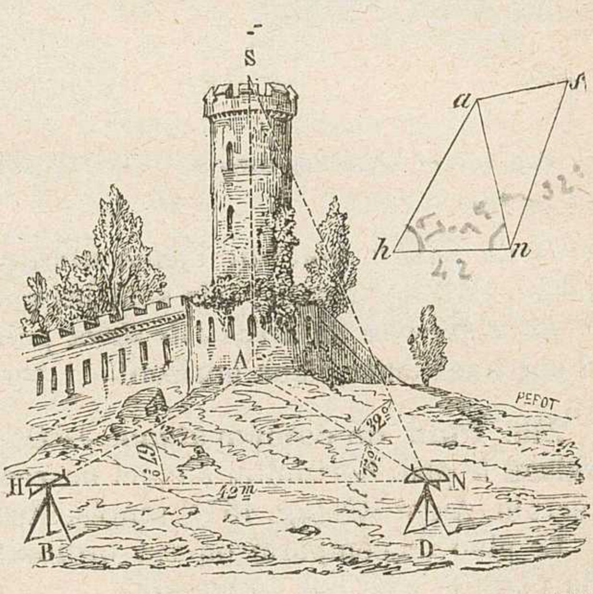


Fig. 166. — Mesure d'une hauteur, autre procédé.

TROISIÈME PARTIE

NIVELLEMENT

244. — *Le nivellement a pour but de déterminer la différence de niveau entre deux points du terrain.*

Il a aussi pour but de déterminer la distance des divers points du terrain *à une surface horizontale* ou *plan de comparaison.*

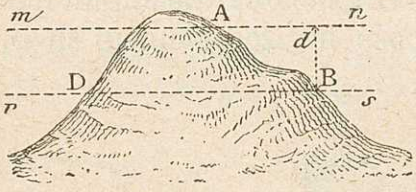


Fig. 167. — Lignes de niveau.

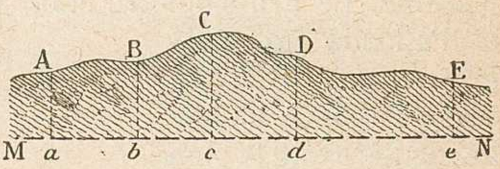


Fig. 167*. — Plan de comparaison.

Deux points sont au même niveau lorsqu'ils sont sur un même plan horizontal ; tels sont les points B et D (fig. 167).

La différence de niveau de deux points A *et* B est la distance *d* entre les deux plans horizontaux passant par ces points.

245. **Plan de comparaison.** — On appelle **plan de comparaison** le plan horizontal auquel on rapporte tous les points du terrain. Ainsi MN (fig. 167*) représente un plan de comparaison.

Le plan de comparaison est ordinairement pris au-dessous du point le plus bas du terrain.

Quand il s'agit du nivellement général d'un pays ou de la hauteur des montagnes, le plan de comparaison est la *surface des mers supposée prolongée à travers les continents.*

246. — Quand on prend la surface de la mer pour plan de

comparaison AB′ et qu'on lui rapporte les points nivelés, on a le *niveau vrai;* mais quand on rapporte ces mêmes points à un plan horizontal AB prolongé, on obtient seulement le *niveau apparent.* C'est ce que l'on fait dans les opérations usuelles de nivellement. Dans les cas pratiques habituels, le niveau apparent diffère fort peu du niveau vrai.

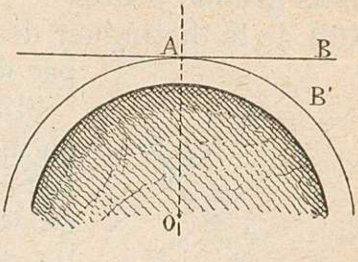


Fig. 168. — AB, niveau apparent.

247. — On appelle *cote* ou *ordonnée* d'un point la distance de ce point au plan de comparaison. Dans la figure 167*, la ligne D*d* est la cote du point D. Une *cote négative* indiquerait un point au-dessous du plan de comparaison.

Le mot *cote* est souvent employé pour désigner la hauteur lue sur la mire.

L'*altitude* d'un point est la hauteur de ce point au-dessus du niveau de la mer.

De petites plaques rondes en fonte, placées sur les routes et sur les monuments, indiquent l'altitude du lieu.

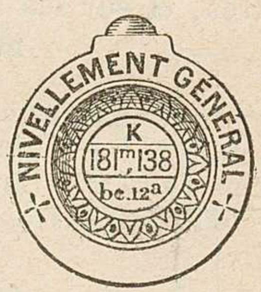


Fig. 169. — Plaque indicatrice de niveau.

La plaque de la fig. 169 indique une altitude de $181^m,138$.

A toutes les stations de chemins de fer, on lit l'altitude sur une plaque fixée sur la façade de la gare donnant sur la voie.

La hauteur des montagnes est rapportée au niveau de la mer. Ainsi la hauteur du Puy de Dôme est de 1 465 mètres, c'est-à-dire que le sommet du Puy de Dôme est à 1 465 mètres au-dessus du niveau de la mer.

248. — *La pente d'une ligne droite* est le quotient obtenu en divisant la différence des cotes de deux de ses points par la distance de leurs projections.

L'échelle de pente d'une droite est la projection de cette droite sur laquelle on a marqué des points ayant 1 mètre de différence de cote.

On appelle *horizontale d'un plan* toute ligne horizontale tracée sur ce plan.

La ligne de *plus grande pente* d'un plan est une droite perpendiculaire aux horizontales de ce plan.

L'échelle de pente d'un plan est l'échelle de pente de sa ligne de plus grande pente.

Afin de la distinguer des lignes ordinaires, on la représente par deux traits parallèles (fig. 170).

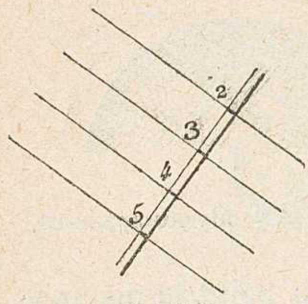


Fig. 170.
Échelle de pente.

Sur les routes, chemins de fer, etc..., on appelle *palier* toute partie horizontale. Lorsqu'on parcourt la voie dans un sens quelconque, on nomme *rampe* toute partie qui va en montant, et *pente* toute partie qui va en descendant.

Sur les chemins ordinaires, les rampes et les pentes ne dépassent pas $^1/_{10}$, soit 10 centimètres par mètre ; sur les routes, le maximum est ordinairement de 7 centimètres, et sur les chemins de fer il est de 3 centimètres par mètre.

249. — Sur les voies des chemins de fer les paliers, les rampes et les pentes sont indiquées par des plaques placées sur des poteaux (fig. 171).

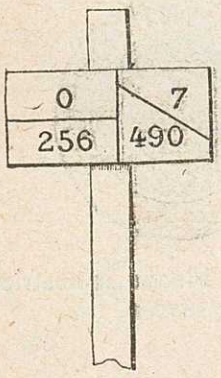


Fig. 171. — Poteau indicateur de palier et de pente.

Les nombres sont écrits sous forme de fraction.

Lorsque le trait de fraction est horizontal, il indique un palier; lorsque le trait est oblique, il indique une rampe ou une pente.

Le numérateur donne la pente par mètre, et le dénominateur le parcours que comprend cette même pente.

Ainsi, $\frac{0}{256}$ marque un palier de 256 mètres, ${}_{490}\diagdown^{7}$ indique une pente de 7 millimètres par mètre, qui se continue pendant 490 mètres.

CHAPITRE I

DES INSTRUMENTS

---

§ I. — Niveaux.

Les instruments employés dans le nivellement sont le *niveau* et la *mire*.

250. **Niveau.** — Le **niveau** est un instrument qui sert à déterminer une direction horizontale.

251. **Diverses espèces de niveaux.** — Les niveaux simples peuvent être rattachés à deux groupes : 1° Les niveaux à contact direct : niveau à perpendicule, niveau à bulle d'air ;

2° Les niveaux à visée directe : niveau d'eau, niveaux à lunette.

Dans ce cours élémentaire nous nous bornons à décrire les plus employés.

252. **Niveau à perpendicule.** — **Le niveau à perpendicule** ou *niveau de maçon* se compose de deux règles AB et BC, assemblées à angle droit et réunies par une traverse qui porte une ligne de repère D, et d'un fil à plomb suspendu au sommet.

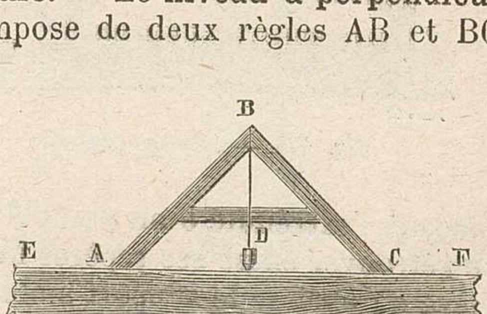


Fig. 172. — Niveau à perpendicule.

Pour faire usage de ce niveau, on place d'abord une règle sur l'objet que l'on veut fixer horizontalement, et on pose le niveau sur cette règle EF (fig. 172). Lorsque le fil à plomb passe sur la ligne de repère marquée sur la traverse, la direction AC est horizontale.

253. **Niveau à bulle d'air.** — Le **niveau à bulle d'air** est formé d'un tube de verre cylindrique légèrement renflé vers le milieu et hermétiquement fermé ; il contient un liquide qui ne le remplit pas entièrement, mais laisse un vide ou *bulle* d'air.

Ce tube de verre est placé dans une garniture de cuivre fixée elle-même à une règle *ab* (fig. 173), qui doit être horizontale lorsque la bulle d'air vient occuper le milieu du tube.

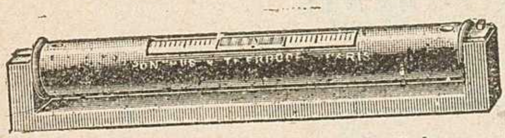


Fig. 173. — Niveau à bulle d'air.

Le niveau à bulle d'air remplace fréquemment le niveau à perpendicule. On l'emploie aussi pour placer horizontalement le graphomètre, la planchette, etc.

Pour mettre de niveau une pierre de taille, une pièce de bois, un meuble, on pose le niveau à bulle d'air sur une règle placée sur l'objet, et on voit quel est le côté à relever ou à baisser.

254. **Vérification du niveau.** — Afin que la règle *ab* puisse être rendue horizontale lorsque la bulle est entre ses repères M et N, un des supports F du tube peut être élevé au moyen d'une vis E.

Pour vérifier le niveau, on le met sur une règle AB, dont on élève ou abaisse lentement une des extrémités jusqu'à ce que la bulle vienne se placer exactement entre ses repères ; lorsque ce résultat est obtenu, on fixe la règle dans la position qu'elle occupe ; alors, retournant le niveau *bout pour bout*, c'est-à-dire plaçant l'extrémité *b* au point A et *a* au point B, la bulle doit se retrouver entre ses repères M et N ; si cela n'a pas lieu, on élève ou abaisse le support mobile de manière que la bulle parcoure la moitié de l'écart constaté, afin qu'il y ait compensation ; d'ailleurs on recommence l'opération en modifiant la position de AB et retournant l'instrument bout pour bout.

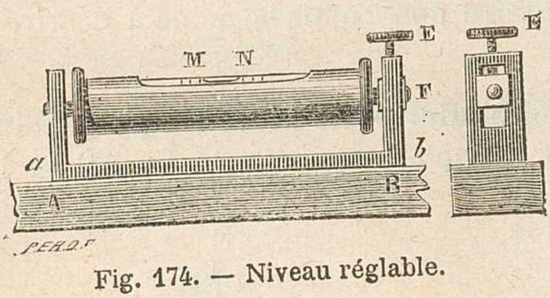


Fig. 174. — Niveau réglable.

255. **Niveau à bulle modifié (système Chevrin).** — Le

niveau **Chevrin** (très employé par les charpentiers) est muni

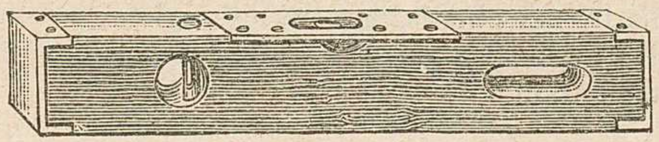


Fig. 175. — Niveau Chevrin.

de deux niveaux à bulle d'air, perpendiculaires l'un à l'autre, ce qui permet d'opérer dans toutes les positions, soit horizontale, soit verticale.

256. **Niveau d'eau.** — Le **niveau d'eau** est un tube, de fer-blanc ou de laiton, ayant environ $1^{m},20$ de long et dont les deux extrémités, relevées à angle droit, portent des fioles de verre sans fond et de même diamètre.

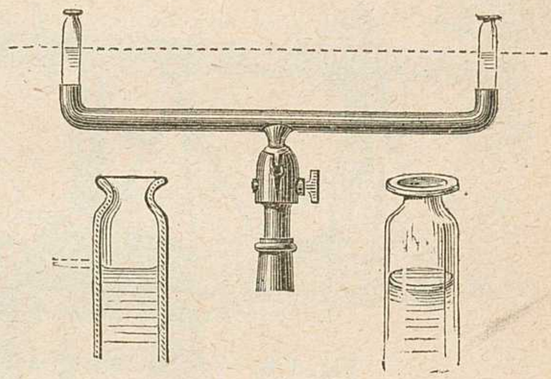


Fig. 176. — Niveau d'eau.

Le niveau d'eau se pose sur un pied à trois branches.

Dans le tube, placé à peu près horizontalement sur son pied, on met de l'eau de manière que le liquide s'élève jusque vers la moitié de la hauteur des fioles ; la surface de l'eau détermine un plan horizontal.

L'eau forme dans chaque fiole un onglet circulaire (en O, fig. 177) que l'on distingue facilement, surtout lorsqu'on se met à 50 ou 60 centimètres de l'instrument.

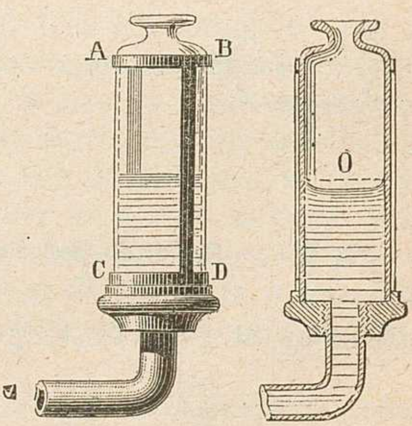


Fig. 177. — Fiole du niveau d'eau.

A une petite distance de l'extrémité libre, les fioles ont un étranglement qui empêche que l'eau ne soit projetée au dehors, dans les mouvements que subit l'instrument.

Lorsqu'on veut transporter le niveau d'une station à une autre, on bouche l'une des fioles pour que l'eau ne s'écoule pas. Il faut enlever le bouchon lorsqu'on doit viser la mire.

Afin de distinguer plus facilement les onglets, on emploie parfois de l'eau rougie. Pendant l'hiver on l'alcoolise, afin d'en prévenir la congélation.

257. **Manière de viser.** — Après avoir mis le niveau en station sur le pied à trois branches, l'opérateur attend que l'eau soit en équilibre, et, se mettant à une distance de 50 à 60 centimètres de l'une des fioles, il vise tangentiellement aux onglets· la ligne de visée est alors horizontale.

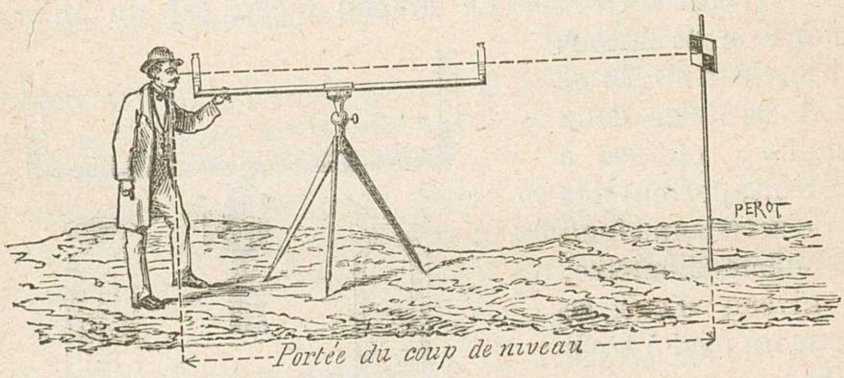


Fig. 178. — Manière de viser avec le niveau.

Généralement il ne faut pas dépasser 25 à 30 mètres pour une visée ; cependant un opérateur habile peut faire des visées de 50 à 60 mètres.

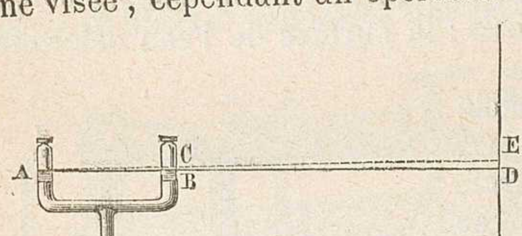


Fig. 179. — Erreur du plan de visée.

258. — L'erreur que l'on peut commettre en visant s'augmente avec la distance.

Supposons que le plan de visée AC soit à $^1/_4$ de millim. du plan vrai AB ; la mire étant placée à 60 mètres du point A, le niveau ayant $1^m,20$ de longueur, on obtient la proportion :

$$\frac{DE}{BC} = \frac{AD}{AB} \quad \text{ou} \quad \frac{DE}{0^{mm},25} = \frac{60}{1,20} ;$$

d'où

$$DE = 12 \text{ millim. } ^1/_2.$$

259. **Niveau Bruyère à liquide fermé.** — Le niveau

Bruyère (fig. 180), nouvellement inventé, dérive du niveau d'eau ordinaire. Il comporte deux fioles fermées, de sorte que le liquide reste en permanence dans l'appareil où il est à l'abri de l'évaporation : un tube réunit les parties inférieures des fioles comme dans le niveau d'eau ; un autre tube réunit les parties supérieures. Le liquide adopté est de l'alcool coloré, incongelable, et qui forme dans les fioles un ménisque très net.

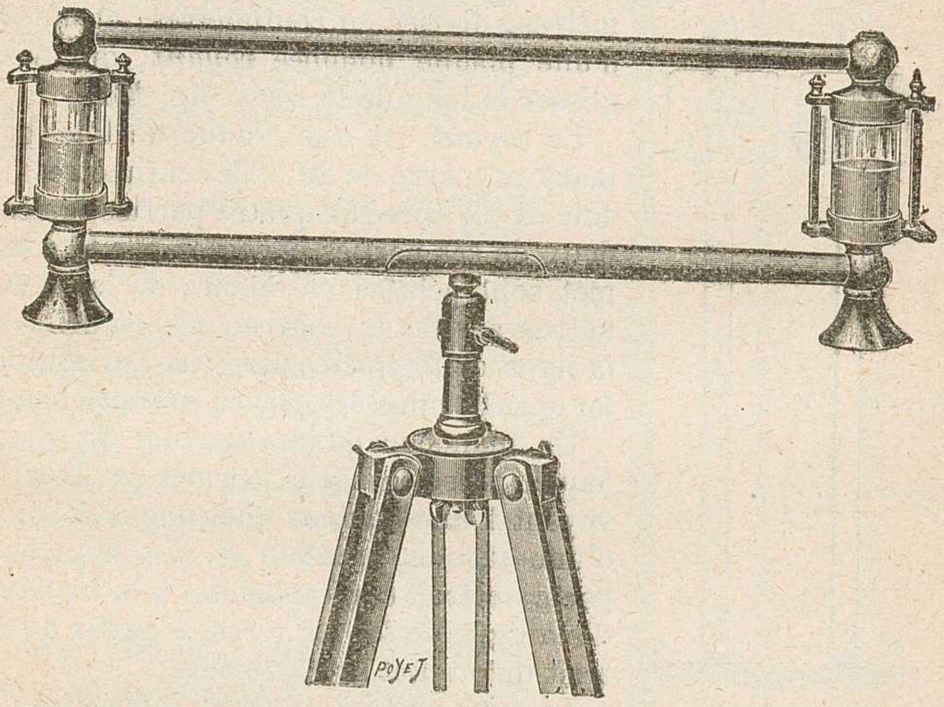


Fig. 180. — Niveau Bruyère à liquide fermé.

Les oscillations de ce liquide sont très vite amorties par la résistance de l'air emprisonné dans l'appareil. Monté sur son pied, ce niveau s'emploie comme le niveau d'eau ordinaire : l'instrument mis en place, il suffit de viser, tangentiellement aux fioles, les onglets des ménisques formés par le liquide. Cet instrument peut encore suppléer le niveau à bulle d'air, car il est muni de deux bases, et les fioles sont graduées de façon que le zéro se trouve de part et d'autre à la même hauteur : celle occupée par le liquide lorsque l'appareil est horizontal.

Ce niveau est d'un transport facile, d'un maniement commode et permet d'opérer par n'importe quel temps.

de tablilla

§ II. — Mires à voyant.

260. — Les **mires** sont des règles graduées en centimètres, ayant le plus souvent deux ou quatre mètres, et qu'on emploie dans le nivellement.

de carretera

On distingue la *mire simple* et la *mire à coulisse.*

261. **Mire simple.** — La **mire simple** est une règle de deux mètres, divisée en centimètres, et munie d'une plaque nommée *voyant*, qui peut glisser le long de la règle (fig. 181).

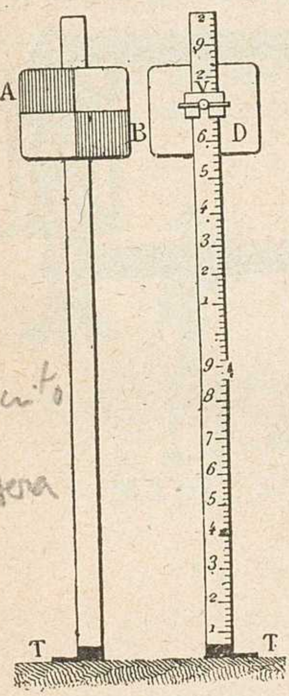


Fig. 181. — Mire simple.

manguito o abrazadera

Le *voyant* est une plaque de tôle formant un carré de 20 à 25 centimètres de côté. Il est divisé en quatre parties égales: deux de ces parties opposées par le sommet sont peintes en blanc, et les deux autres parties le sont en rouge. AB est la ligne de foi; cette ligne est horizontale lorsque la mire est placée verticalement.

Un manchon quadrangulaire D, dans lequel passe la règle, permet de fixer le voyant à une hauteur quelconque à l'aide d'une vis de pression V. Ce manchon porte un trait correspondant à la hauteur de la ligne de foi AB. C'est à partir de ce trait qu'on doit lire les cotes.

La mire porte à sa partie inférieure un talon de fer terminé par une semelle T, sur laquelle le *porte-mire* place le pied afin de pouvoir maintenir plus facilement l'instrument dans la position verticale.

262. **Mire à coulisse.** — La **mire à coulisse** (fig. 182) est formée de deux règles, l'une de deux mètres CT, divisée en centimètres et munie d'un voyant, comme la mire simple; l'autre NV, aussi de deux mètres, peut glisser dans une rainure longitudinale le long de la première.

La mire à coulisse sert d'abord, comme la mire simple, pour obtenir des cotes ne dépassant pas deux mètres. Elle sert aussi à obtenir des cotes de plus de deux mètres. Pour cela, on fixe le voyant au haut de la règle mobile, que l'on soulève en agissant sur un bouton placé au bas de cette règle.

La hauteur visée sur AB n'est autre que la hauteur lue en N augmentée de 2 mètres, soit $2^m,75$ (fig. 182).

Quelques mires à coulisse portent sur une face latérale une

regatón - placa

graduation servant à la lecture des cotes supérieures à 2 mètres.

263. Manière de se servir de la mire. — L'opérateur fait placer la mire verticalement au point dont on veut avoir la cote. La distance des stations est souvent trop grande pour communiquer à haute voix avec le porte-mire; l'opérateur emploie les signes conventionnels suivants :

1o *Pour indiquer que la mire est penchée d'un côté,* le niveleur porte la main du côté opposé.

2o *Pour faire élever ou abaisser le voyant,* il élève ou il abaisse la main. Les mouvements sont d'autant plus rapides que le voyant est plus éloigné de la position qu'il doit occuper; quand il s'en approche, le mouvement de la main se ralentit.

3o En élevant à plusieurs reprises la main au-dessus de la tête, l'opérateur indique qu'il faut fixer le voyant à l'extrémité de la règle mobile et faire glisser cette règle.

4o En portant la main horizontalement de gauche à droite d'une manière nettement résolue, l'opérateur indique que la ligne de foi correspond au rayon de visée. Alors le porte-mire tourne la vis pour fixer le voyant, mais il laisse l'instrument en place jusqu'à ce que l'opérateur puisse, s'il le juge nécessaire, s'assurer que la ligne de foi est bien au point voulu.

5o Le porte-mire lit à haute voix la cote obtenue, et on l'inscrit sur un carnet.

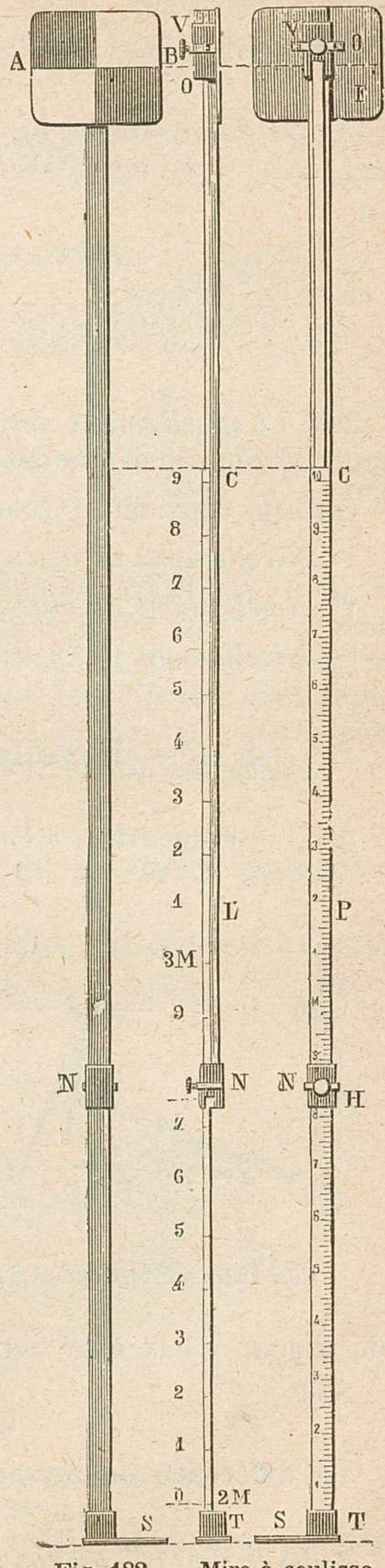


Fig. 182. — Mire à coulisse.

CHAPITRE II

NIVELLEMENT SIMPLE

264. Le *nivellement simple* est celui qui se fait à l'aide d'une seule station, quel que soit le nombre de cotes à relever.

On peut considérer trois cas différents :

1° *Nivellement de deux points ;*

2° *Nivellement de plus de deux points ;*

3° *Nivellement par rayonnement.*

§ I. — Nivellement de deux points.

265. — Pour avoir, à l'aide d'une seule station, la différence de niveau de deux points A et B, on place le niveau entre les deux points, et autant que possible à peu près à égale distance et sur leur alignement. On fait mettre successivement la mire à chacun des points donnés, afin de déterminer la distance de chacun d'eux à la ligne de niveau *ab*.

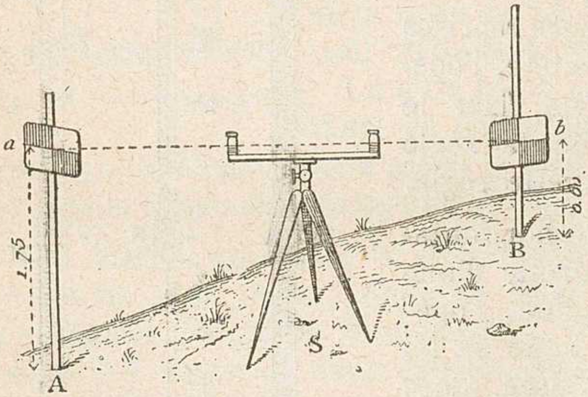


Fig. 183. — Nivellement de deux points.

Soit $$Aa = 1^m,75$$
$$Bb = 0^m,60$$

La différence de niveau de ces deux points est égale à

$$1^m,75 - 0^m,60 = 1^m,15$$

Ainsi le point B est à $1^m,15$ au-dessus du point A.

266. **Remarque.** — L'opérateur place habituellement le niveau sur l'alignement des deux points, mais cela n'est pas indispensable.

267. **Représentation graphique du nivellement** (fig. 184). — On mène une ligne A'b' représentant la longueur de AB mesurée horizontalement, puis on élève la perpendiculaire b'B' égale à la différence de niveau des points A et B. La ligne A'B' représente la pente du terrain.

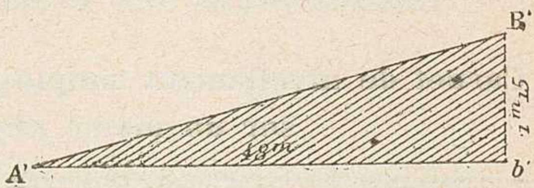


Fig. 184.

A'b' représente un plan de comparaison passant au point A. Dans ce cas, la cote du point A est zéro, et la cote du point B est 1m,15.

268. **Remarque.** — Afin de donner plus de relief aux accidents du sol, on prend ordinairement des échelles différentes pour les longueurs et pour les hauteurs. Généralement *l'échelle des hauteurs est dix fois plus grande que l'échelle des longueurs.*

Pour la fig. 184, nous avons pris 1 millim. par mètre pour les longueurs, et pour les hauteurs 1 centim. par mètre.

§ II. — Nivellement de plus de deux points.

269. — On peut, d'une même station, déterminer les cotes

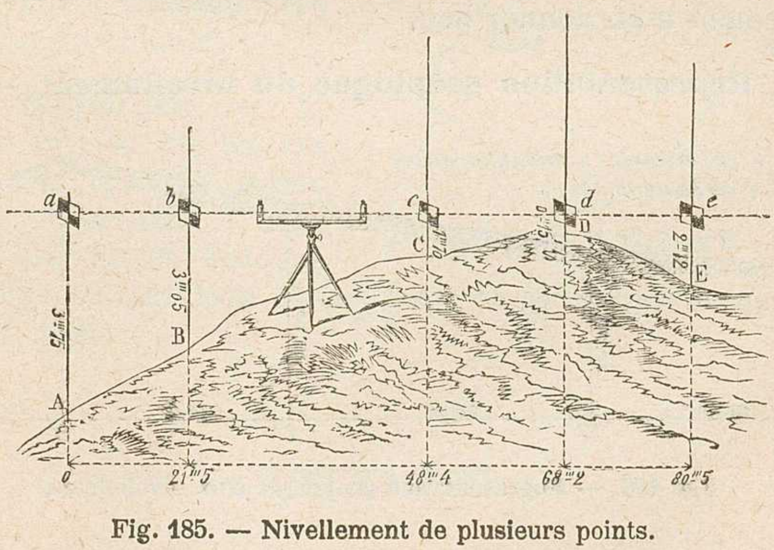


Fig. 185. — Nivellement de plusieurs points.

de plusieurs points situés sur le même alignement, pourvu que le terrain soit peu accidenté et que la mire soit assez longue.

On met le niveau sur l'alignement AE, à peu près à égale distance des points extrêmes; on fait placer la mire successivement aux différents points A, B, C, D, E, et on lit la cote qui correspond à chacun d'eux.

Carnet de nivellement simple pour des points situés sur un même alignement.

Désignation des points	Distances cumulées	Cotes lues	DIFFÉRENCES Montées	Descentes	Cotes calculées	OBSERVATIONS
A	0,00	3,75	»	»	10,00	Cote donnée
B	21,50	3,05	0,70	»	10,70	
C	48,40	1,70	1,35	»	12,05	
D	68,20	0,45	1,25	»	13,30	
E	80,50	2,12	»	1,67	11,63	

270. **Carnet de nivellement.** — Pour faciliter la reproduction du nivellement, on peut dresser un carnet indiquant les points relevés, les distances des points entre eux, les cotes lues sur la mire, les différences de niveau des points, soit en montées, soit en descentes, les cotes calculées d'après le plan de comparaison choisi, et enfin les observations auxquelles le nivellement a pu donner lieu.

271. **Représentation graphique du nivellement.** — Une

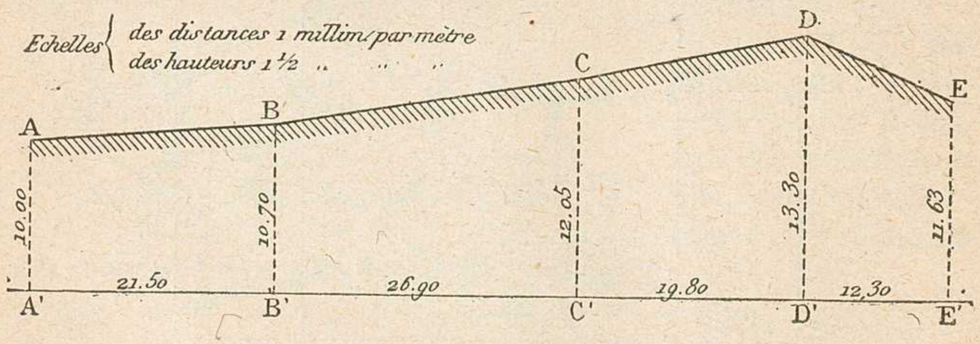


Fig. 186. — Représentation graphique d'un nivellement.

fois le carnet dressé, on tire une ligne A′E′ représentant le plan de comparaison. On marque sur cette ligne, à l'échelle adoptée, les diverses distances des points A, B, C, D, puis on mène des ordonnées AA′, BB′, etc., égales aux cotes des divers points.

§ III. — Nivellement par rayonnement.

272. — On peut avoir à niveler plusieurs points, placés d'une manière quelconque sur un terrain.

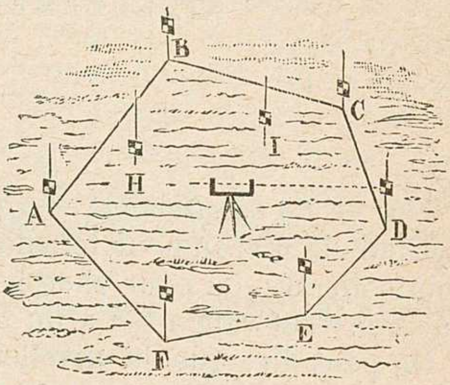


Fig. 187. — Nivellement par rayonnement.

Lorsque le sol est peu accidenté et que les distances de ces points à un point central, pris pour *station*, ne dépassent pas la portée du niveau, on procède comme il suit :

On place le niveau d'eau au point choisi pour station. On fait placer successivement la mire à chaque point A, B, C, D, E.., et on fait une visée pour chaque position.

On tient un carnet analogue au précédent.

On peut relier ensemble plusieurs nivellements par rayonnement en donnant de chaque station un coup de niveau sur un point commun avec la station précédente.

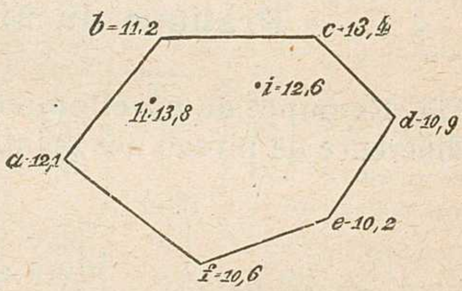


Fig. 188. — Plan coté.

273. **Remarque.** — Si l'on fait le plan du terrain et qu'on indique les points nivelés en mettant à chacun sa *cote* ou sa distance au plan de comparaison adopté, on a ce qu'on appelle un *plan coté* (fig. 188).

CHAPITRE III

NIVELLEMENT COMPOSÉ

274. — Le *nivellement composé* est celui qui exige plusieurs stations de niveau pour fournir la différence des cotes de deux points donnés, ou pour chercher les cotes d'une suite de points que l'on veut rapporter à un même plan de comparaison.

On peut dire que le nivellement composé est une suite de nivellements simples rattachés deux à deux par un même point dont on prend les cotes de deux stations différentes.

On a recours à un nivellement composé lorsque la distance horizontale des deux points dont on veut avoir la différence de niveau est plus grande que la portée de niveau, ou lorsque la différence des hauteurs de ces points dépasse la hauteur de la mire.

§ I. — Pratique du nivellement composé.

275. **Exemple de nivellement composé.** — Soit à trouver la différence de niveau des points A et G.

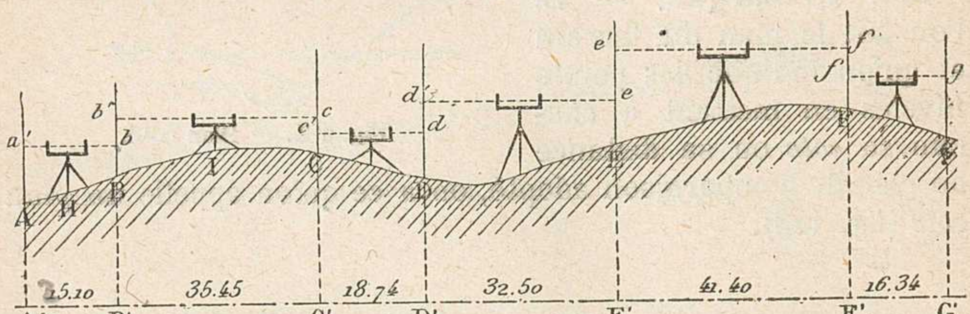


Fig. 189. — Nivellement composé.

Supposons le niveau en H. Faisons d'abord placer la mire au point A et inscrivons la cote Aa'; puis, sans quitter la station, visons sur la mire qu'on aura fait porter en B afin de relever la cote B*b*. La mire restant placée en B, portons le niveau en I et visons de nouveau la mire, nous obtenons ainsi la cote B*b'*. Puis, la mire étant placée au point C, nous prenons la cote C*c*. A une troisième station, nous mesurerons les cotes C*c*, D*d*, etc.

276. **Coup arrière, coup avant.** — Par rapport à la direction AG que suit l'opérateur, on nomme *coup arrière* le coup qu'il donne sur la mire placée au point qu'il a dépassé en cheminant, et *coup avant* le coup de niveau qu'il donne sur la mire placée au point qu'il n'a pas encore atteint. Ainsi, le niveau étant à la station H, le *coup arrière* donne la cote A*a'*, tandis que le *coup avant* donne la cote B*b*. De même, à la seconde station, B*b'* est le *coup arrière* et C*c* est le *coup avant*.

Le premier point A ne reçoit qu'un coup arrière, et le dernier G qu'un coup avant.

277. **Carnet de nivellement composé.** — Le carnet sur lequel on inscrit les cotes lues, les différences et les cotes calculées, est analogue à celui du nivellement simple; mais il contient une colonne de plus, parce qu'on a pris deux cotes à chacun des points intermédiaires.

Points nivelés	Distances entre les points	COUPS		DIFFÉRENCES		Cotes	OBSERVATIONS
		Arrière	Avant	en plus	en moins		
A	25,10	3,20	»			10	Le plan
B	35,45	3,15	1,20	2,00	»	12	de compa-
C	18,74	1,00	2,75	0,40	»	12,40	raison est
D	22,50	3,74	1,85	»	0,85	11,55	à 10m au-
E	41,40	3,56	0,45	3,29	»	14,84	dessous
F	16,34	1,15	1,17	2,39	»	17,23	du point
G		»	3,29	»	2,14	15,09	A.
	Totaux	15,80	10,71	8,08	2,99		
	Différences	5,09		5,09			

(Les deux différences, entre la somme des cotes avant et arrière et entre les sommes des différences en plus et en moins, doivent être égales.)

Chaque nombre de la colonne des différences est donné par la différence des coups avant et arrière à une même station de niveau. Ainsi $3^m,20$ moins $1^m,20$ donne $2^m,00$ « différence en plus » ; $3,15 - 2,75 = 0,40$. Si, au contraire, le coup arrière est plus petit que le coup avant, la différence est en moins. C'est ainsi que $1,85 - 1,00 = 0,85$, différence que l'on inscrit dans la colonne « différences en moins ».

Comme on a pris un plan de comparaison à 10 mètres au-dessous du point A, 10^m est la cote de ce point. Les cotes des autres points sont obtenues en ajoutant successivement les différences en plus, ou en retranchant les différences en moins : $10 + 2 = 12$, cote du point B, etc.

La somme des coups avant, diminuée de la somme des coups arrière, donne la différence de niveau des deux points extrêmes A et G. Cette différence dans le cas actuel est 5,09. Cela indique que le point G est à $5^m,09$ au-dessus du point A.

278. **Remarque.** — Si la différence est en plus, il y a montée; si la différence est en moins, il y a descente.

279. **Représentation graphique du nivellement.** — Pour représenter graphiquement le mouvement du terrain nivelé, on mènera une ligne A′G′ représentant le plan de comparaison. On marque sur cette ligne les distances A′B′, B′C′, C′D′..., égales à $25^m,10$, $35^m,45$, etc., que l'on désigne sous le nom d'entre-profils.

Aux points de division, on élève des perpendiculaires égales aux cotes calculées, 10^m, 12^m, $12^m,40$, etc.

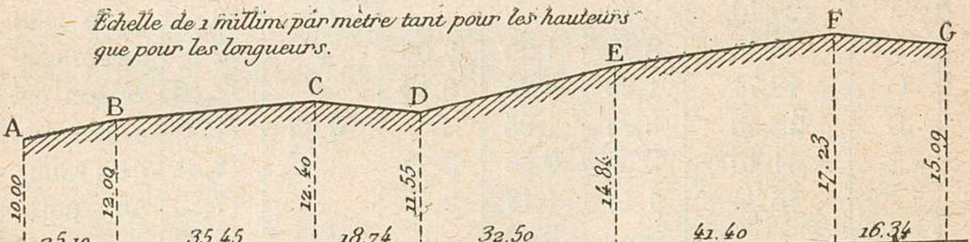


Fig. 190. — Représentation graphique du nivellement fig. 189.

280. — Le nivellement que l'on fait en suivant une route, l'axe d'un chemin à construire, ou le périmètre d'une propriété, etc., s'appelle *nivellement en long*, ou profil en long.

Les nivellements faits dans une direction perpendiculaire au nivellement en long s'appellent *nivellements en travers*, ou profils en travers.

§ II. — Application au cube d'une tranchée.

281. **Évaluer le volume d'une tranchée.** — Soit un massif de terrain limité par les plans verticaux : MN, NP, PQ, QM, et un plan horizontal RS que nous supposerons placé à la cote zéro et qui servira de plan de comparaison (fig. 191).

Déterminons d'abord un *profil en long* suivant une direction AF parallèle au côté MN, et reproduisons ce profil graphiquement, comme il a été dit ci-dessus no 279.

Puis menons, par les points A, B, C, D, E, F, des plans perpendiculaires à AF, c'est-à-dire effectuons les *profils en travers* correspondant à ces mêmes points.

Ces profils relevés, il faut en calculer la surface. Pour cela, décomposons ces profils en figures élémentaires : triangles, rectangles ou trapèzes rectangles.

Ainsi pour le profil A nous avons, en allant de gauche à droite :

$$\text{Premier trapèze : } \frac{2{,}6+2{,}05}{2}\times 5 = 11^{m^2}{,}625$$

$$\text{Deuxième trapèze : } \frac{2{,}05+2{,}00}{2}\times 5 = 10^{m^2}{,}125$$

$$\text{Troisième trapèze : } \frac{2{,}00+1{,}20}{2}\times 10 = 16^{m^2}{,}000$$

$$\text{Total : } 37^{m^2}{,}750$$

Les autres profils se calculent de la même manière, ce qui donne :

Profil $a=$ 37,75, profil $b=$ 62,63, profil $c=$ 83,34,

Profil $d=$ 103,70, profil $e=$ 95,50, profil $f=$ 72,52.

Connaissant la surface de chaque profil, on évalue le volume du massif en considérant chaque segment de terrain compris entre deux profils consécutifs, comme un prisme droit ayant pour base la moyenne arithmétique de ces profils et pour hauteur la distance qui les sépare (l'entre-profil).

On a ainsi :

$$\text{Premier segment} = \frac{37{,}75+62{,}63}{2}\times 28 = 1\,405^{m^3}{,}32;$$

$$\text{Deuxième segment} = \frac{62{,}63+83{,}34}{2}\times 35 = 2\,554^{m^3}{,}47;$$

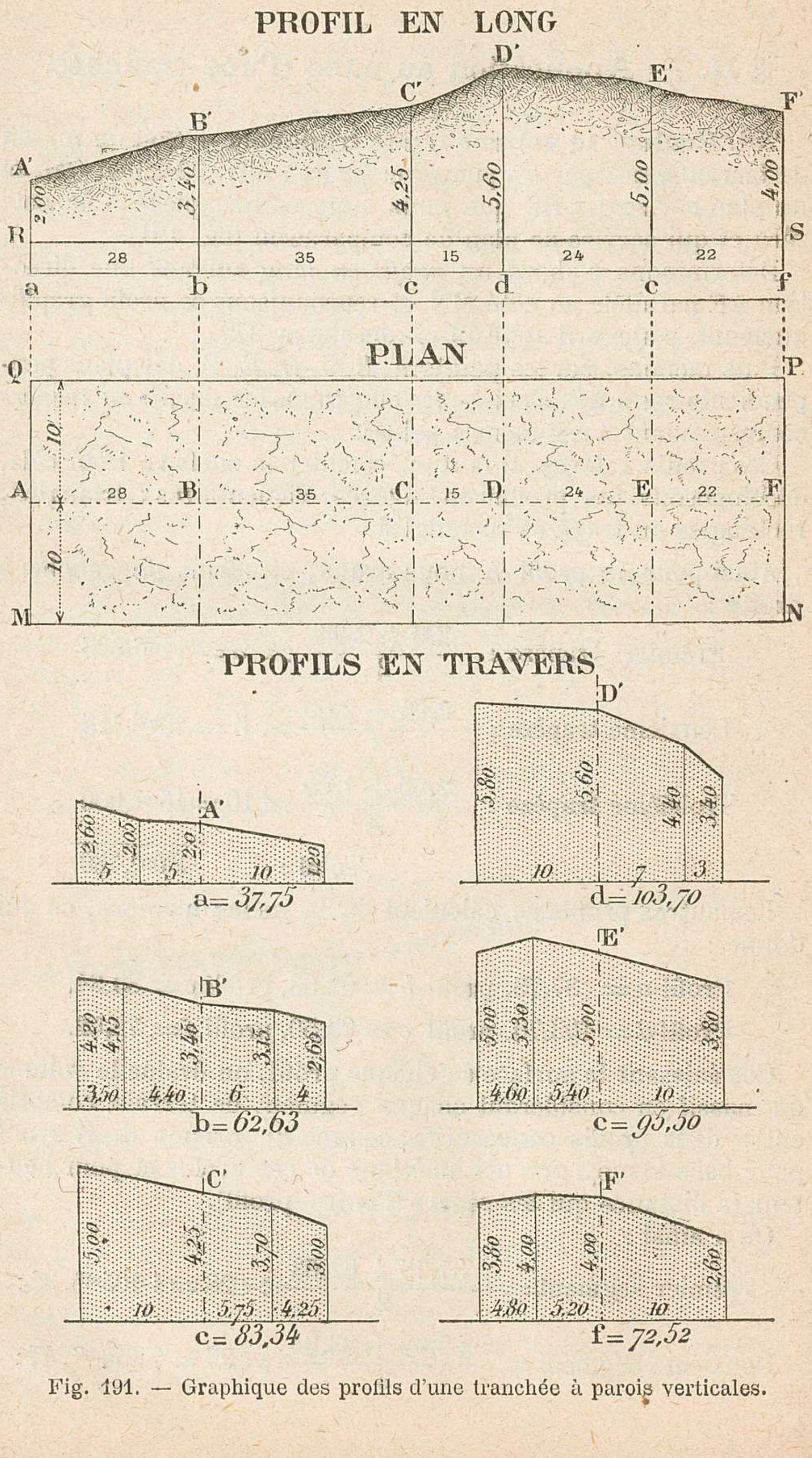


Fig. 191. — Graphique des profils d'une tranchée à parois verticales.

$$\text{Troisième segment} = \frac{83{,}34 + 103{,}70}{2} \times 15 = 1\,402^{m^3},80;$$

$$\text{Quatrième segment} = \frac{103{,}70 + 95{,}50}{2} \times 24 = 2\,390^{m^3},40;$$

$$\text{Cinquième segment} = \frac{95{,}50 + 72{,}52}{2} \times 22 = 1\,848^{m^3},22;$$

$$\text{Total :} \quad 9\,601^{m^3},21.$$

La tranchée a donc pour volume total : 9 601 mèt. cubes 21.

CHAPITRE IV

COURBES DE NIVEAU

282. — On appelle *courbe de niveau* une ligne réunissant les points de même cote ; par exemple, la ligne suivant laquelle les eaux d'un lac rencontrent le sol.

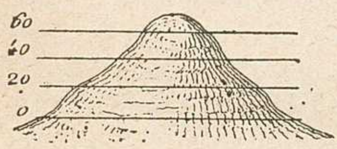


Fig. 192. — Sections horizontales équidistantes.

Tous les points d'une courbe de niveau sont dans un même plan horizontal. Ainsi, si l'on suppose un terrain coupé par des plans horizontaux, les lignes d'intersection seront des courbes de niveau (fig. 192).

Il y a souvent un intérêt pratique à savoir déterminer les courbes de niveau d'un terrain.

Nous allons indiquer deux procédés pour les obtenir.

§ I. — Tracé des courbes de niveau.

Premier procédé.

283. — Soit à obtenir, sur un terrain polygonal, des courbes de niveau de 5 mètres en 5 mètres.

On fait le plan du terrain (fig. 193) et le nivellement en long de tout le périmètre. On peut faire aussi un ou plusieurs nivellements en travers. Dans l'exemple actuel, on a fait le nivellement suivant le chemin ANMH qui traverse la propriété. On dessine ensuite, à une même échelle, les profils des divers côtés du polygone et des autres lignes nivelées (profils 1, 2, 3). On trace des horizontales ayant 5, 10, 15, 20 mètres de cote. Les points où elles coupent les lignes des profils ont pour cote 5, 10, 15, 20 mètres, etc.; on projette ces points sur les lignes AH, AD, DA des profils.

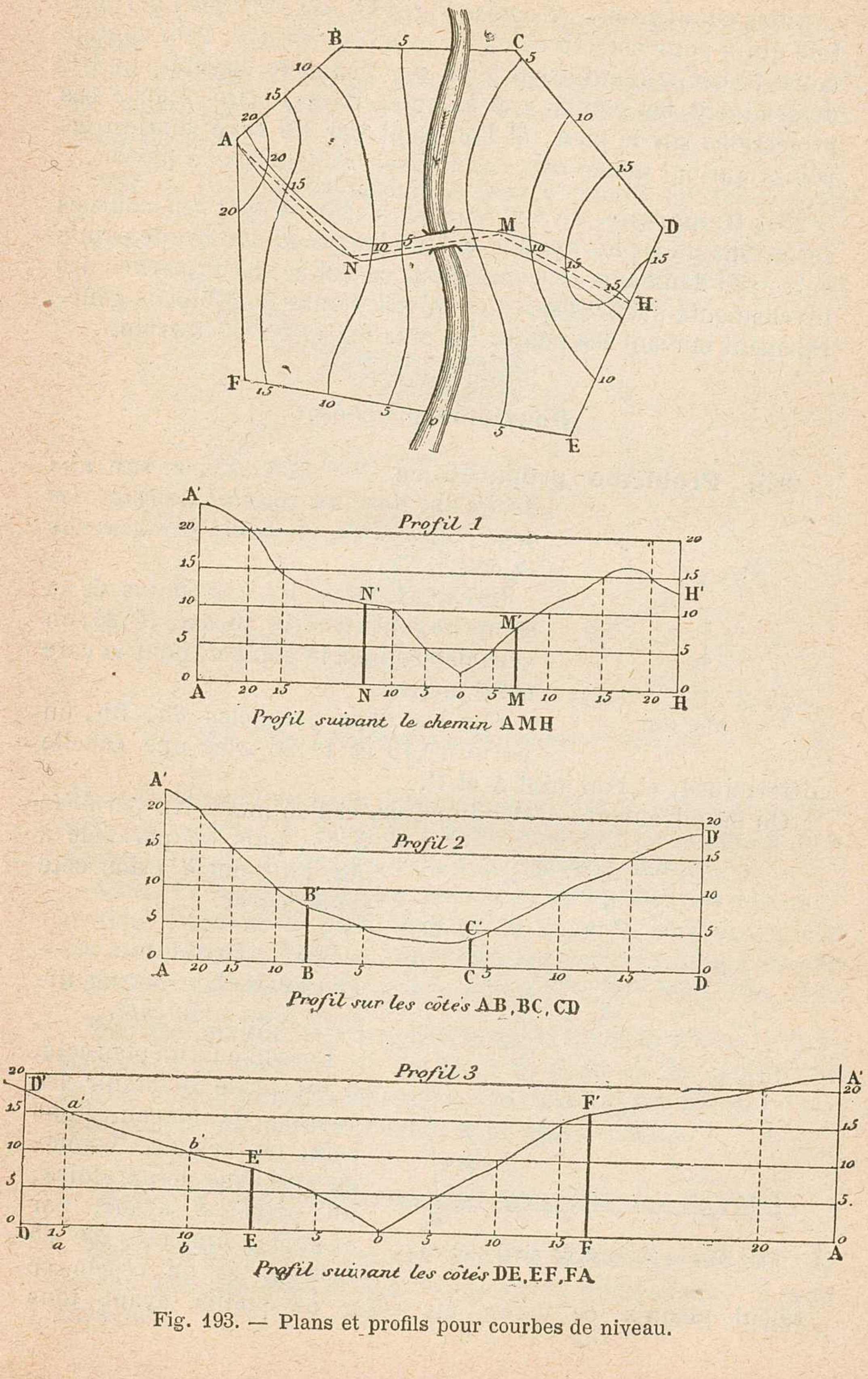


Fig. 193. — Plans et profils pour courbes de niveau.

Ainsi, sur le profil 3 ci-contre (fig. 193), on voit que l'horizontale qui a pour cote 15 coupe le profil au point a', l'horizontale cotée 10 coupe le profil au point b'. Ces points projetés sur DE déterminent les points a et b, cotés 15 et 10. On reporte ces projections sur le plan, et l'on joint par un trait continu les points qui ont même cote ; on a ainsi les courbes de niveau.

284. **Remarque.** — On conçoit aisément que ces courbes seront d'autant plus exactes qu'un plus grand nombre de points entreront dans leur détermination, ce qui nécessite parfois des nivellements particuliers. Ces nivellements sont choisis généralement suivant les pentes les plus marquées du terrain.

Deuxième procédé.

285. **Problème préparatoire.** — *Déterminer sur une droite* ab, *dont on connaît les cotes des deux extrémités, un point* d *donné par sa cote.*

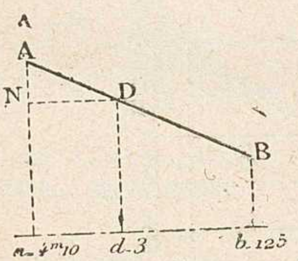


Fig. 194.

Les deux cotes des extrémités de la droite ab sont : $a = 4^m,10$, $b = 1^m,25$; on veut déterminer le point d, dont la cote est 3 mètres.

Sur les deux parallèles Aa, Bb, on porte $4^m,10$ et $1^m,25$ avec une échelle déterminée, et l'on joint A et B.

On prend ensuite aN = 3 mètres, et l'on mène ND parallèle à ab, puis Dd parallèle à Aa. Le point d a une cote de 3 mètres.

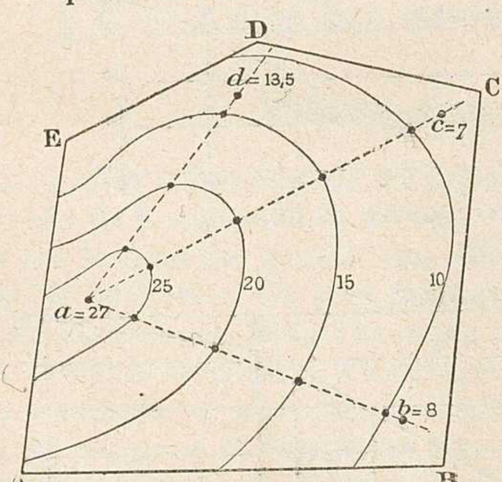


Fig. 195. — Courbes de niveau cotées.

286. **Problème.** — *Tracer les courbes de niveau d'un plan coté.*

Lorsqu'on a un plan coté, il est facile d'obtenir les courbes de niveau. Pour cela, on calcule, comme au problème préparatoire, un point d ayant, par exemple, une cote de 25 mètres, et on répète ce calcul jusqu'à ce qu'on ait assez de points ayant tous une cote de 25 mètres, et on les joint par une courbe continue.

On procède de même pour les points ayant une cote de 20 mètres ; puis pour les points ayant 15 mètres de cote, et ainsi de suite.

287. — On peut facilement se rendre compte du mouvement

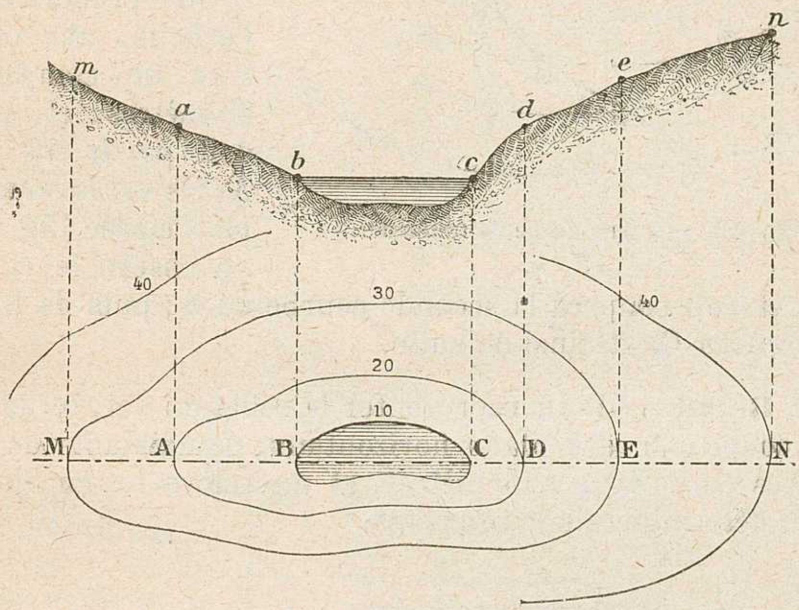


Fig. 196. — Courbes de niveau et coupe verticale.

du sol à l'aide d'*un plan topographique* sur lequel sont dessinées les courbes de niveau ; il suffit pour cela de supposer une coupe verticale du terrain dans une direction donnée.

Ainsi, dans l'exemple (fig. 196), une coupe suivant MN permettra d'obtenir le profil *mabcn* en donnant aux ordonnées M*m*, A*a*, B*b*, C*c*, N*n*, les longueurs respectives indiquées par les courbes de niveau correspondantes 30^m, 20^m, 10^m, 10^m, 40^m.

288. **Remarque.** — L'inspection seule du plan donne la connaissance du mouvement du sol : au point où les courbes de niveau sont très rapprochées, la pente est rapide ; elle est d'autant plus faible que les courbes sont plus espacées.

§ II. — Applications des courbes de niveau.

289. **Problème.** — *Joindre deux à deux des courbes de niveau par des droites ayant une pente déterminée, $^1/_8$ par exemple.*

Si la différence de niveau des courbes est de 10 mètres, la droite demandée devra avoir une longueur horizontale de 80 mètres d'une courbe à l'autre.

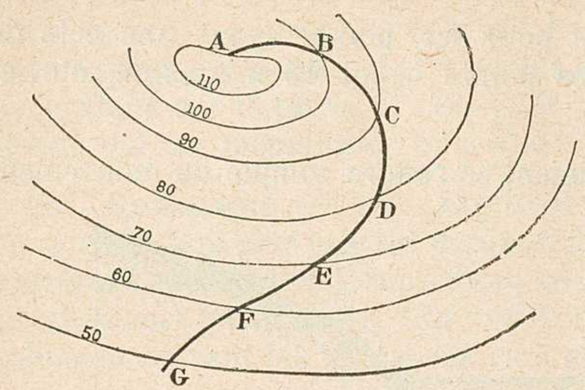


Fig. 197. — Ligne de pente uniforme.

On prendra, sur l'échelle, une ouverture de compas de 80 mètres ; et, si l'on doit partir du point A pris sur la courbe la plus élevée (fig. 197), on posera le compas en A, et l'on coupera la seconde courbe en B ; puis de B, l'on déterminera C, et ainsi de suite.

290. **Relief.** — Pour représenter le relief du sol, on le suppose coupé par des plans horizontaux, équidistants de 5 en 5 mètres ou de 10 en 10 mètres, et on relève les courbes de niveau déterminées par ces plans.

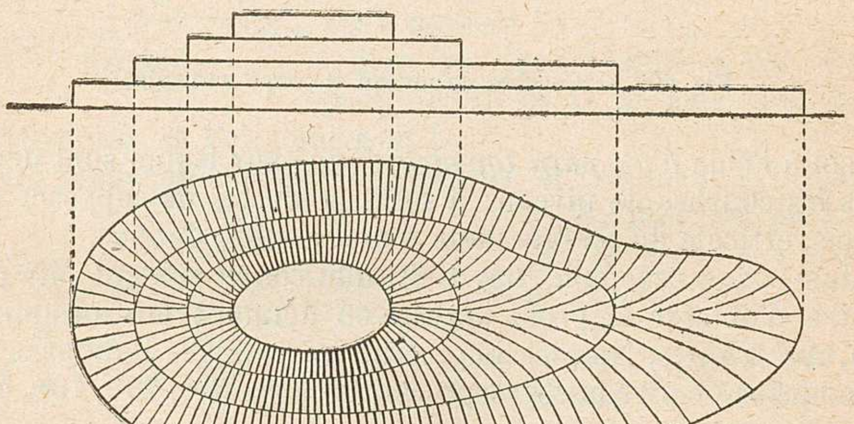


Fig. 198. — Exécution du relief par lames superposées.

On fait ensuite, avec du plâtre ou de la terre glaise et à l'échelle adoptée, de petits solides ayant pour bases respectives des plans limités par chacune des courbes de niveau, et pour hauteur commune la longueur 5 ou 10 mèt. réduite à l'échelle adoptée. On place ces solides les uns sur les autres, en orientant chacune des courbes de niveau par rapport à la

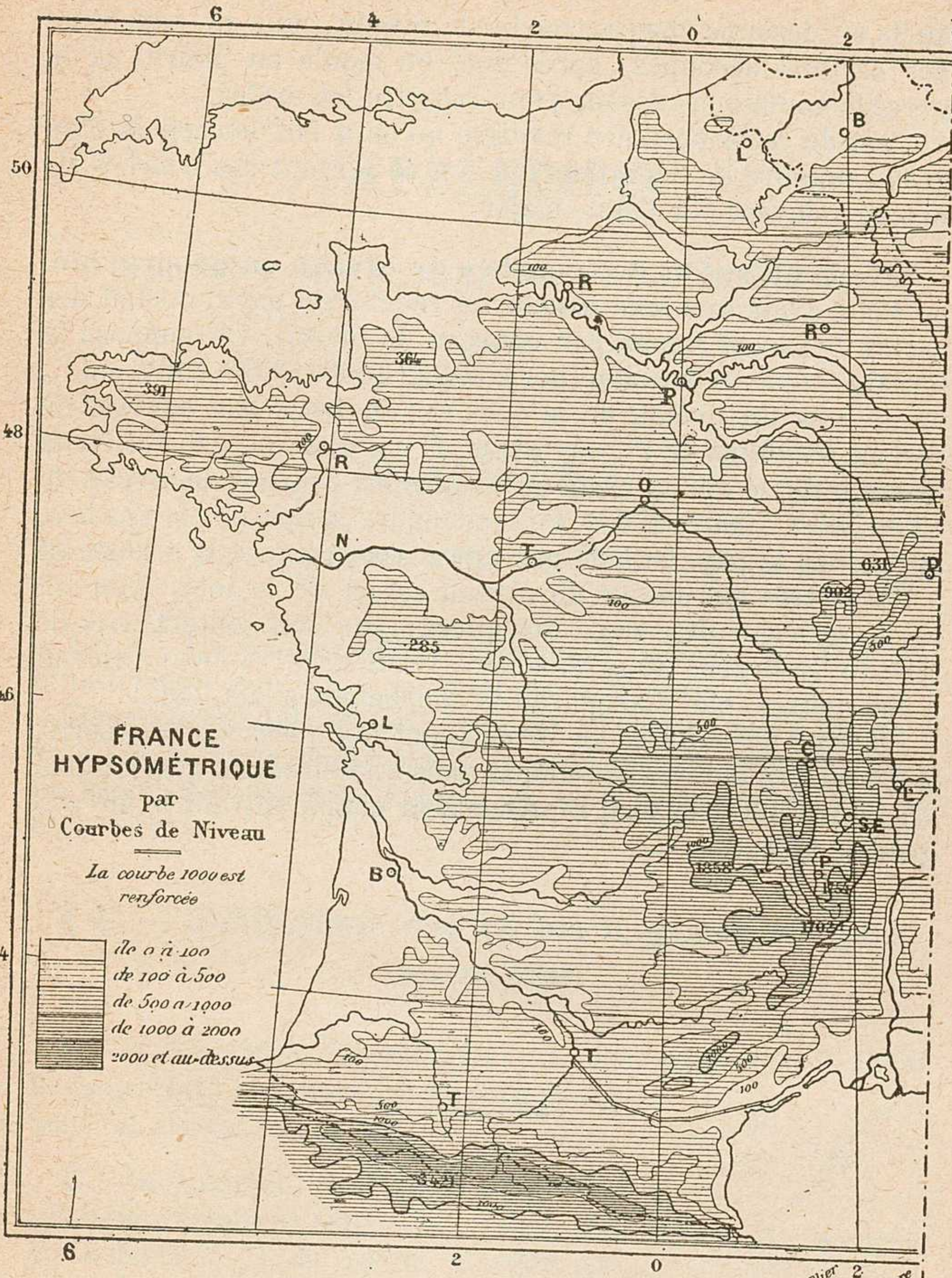


Fig. 199. — Courbes de niveau sur une carte de France.

précédente. On remplit ensuite les ressauts pour obtenir une surface continue.

On peut aussi se servir de cartons d'égale épaisseur, sur lesquels on découpe chaque courbe de niveau, puis on superpose ces cartons découpés; après quoi on moule au plâtre, et on procède comme ci-dessus pour rabattre les arêtes.

C'est de cette dernière manière qu'on a fait les reliefs d'un grand nombre de départements, en se servant des courbes de niveau relevées par l'état-major.

291. **Application des courbes de niveau en géographie** — Pour avoir une idée exacte du relief d'un pays, on fait des cartes hypsométriques par courbes de niveau. On suppose le terrain coupé par des plans horizontaux à 100^m, 300^m, 500^m, etc..., au-dessus du niveau de la mer, et l'on trace des courbes de niveau résultant de l'intersection de ces plans avec le sol. Nous avons indiqué sur la carte de France les courbes de niveau de 100^m, 500^m, $1\,000^m$, $2\,000^m$. Pour se rendre compte de ces courbes, supposons le pays inondé par une masse d'eau qui s'élèverait à 100 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. Alors le bord supérieur des eaux marquera, par son contact avec le terrain, la courbe de niveau cotée 100 mètres. Si l'eau s'élevait à 300 mètres, elle marquerait la courbe cotée 300, etc...

Lorsque les courbes de niveau sont indiquées sur une carte, il est facile d'obtenir des coupes dans une direction quelconque. La figure 199 (au bas) représente **la** coupe suivant le 46e degrés de latitude.

APPENDICE

NOTIONS SOMMAIRES DE TRIGONOMÉTRIE

CHAPITRE I

DES LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES

292. — La *trigonométrie* enseigne à *calculer* les éléments d'un triangle dont on a des données suffisantes.

Dans un triangle on distingue six éléments : trois angles et trois côtés. Trois de ces éléments étant donnés, pourvu que ce ne soient pas les trois angles, on peut toujours trouver les trois autres.

§ I. — Définitions des lignes trigonométriques des angles.

293. — Les lignes trigonométriques d'un angle sont le *sinus*, la *tangente* et la *sécante*. Ces lignes s'écrivent en abrégé *sin, tg, séc*.

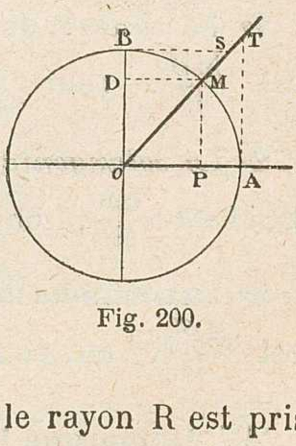


Fig. 200.

Si, du sommet de l'angle AOT d'un triangle rectangle OAT, on décrit une circonférence O de rayon R = OA qui coupe le côté OT au point M,

1° Le *sinus* de l'angle AOM est le rapport de la perpendiculaire MP au rayon R du cercle.

On a donc : sin $AOM = \frac{MP}{R}$, ou, si le rayon R est pris

pour unité, $\sin AOM = MP$.

2° La *tangente* de l'angle AOM est le rapport de la perpendiculaire AT au rayon R du cercle.

On a donc : $\text{tg AOM} = \frac{\text{AT}}{\text{R}}$, ou, si le rayon est pris pour unité, $\text{tg AOM} = \text{AT}$.

3° La *sécante* de l'angle AOM est le rapport de OT au rayon R du cercle.

On a donc : $\text{séc AOM} = \frac{\text{OT}}{\text{R}}$, ou, si le rayon est pris pour unité, $\text{séc AOT} = \text{OT}$.

294. **Remarque.** — *Les lignes trigonométriques d'un angle sont de simples rapports, des nombres abstraits; mais avec la convention du rayon égal à l'unité, on voit que ces rapports sont les mesures des lignes* MP, AT, OT.

On désigne souvent les lignes trigonométriques sous le nom de *fonctions trigonométriques*.

295. **Lignes complémentaires.** — On appelle *cosinus, cotangente, cosécante* d'un angle le sinus, la tangente et la sécante du complément de cet angle; ces trois lignes s'écrivent en abrégé *cos, cotg, coséc.*

296. — Si l'on mène le rayon BO perpendiculaire à OA, l'angle BOM est le complément de l'angle AOM. Les lignes MD, BS, OS, sont les *sinus*, *tangente* et *sécante* de l'angle BOM. Par rapport à l'angle AOM, ces mêmes lignes sont les *cosinus, cotangente* et *cosécante*.

1° Le *cosinus* de l'angle AOM ou le sinus de l'angle BOM est $\frac{\text{MD}}{\text{R}}$; pour $\text{R} = 1$, $\cos \text{AOM} = \text{MD}$ ou OP;

2° La *cotangente* de l'angle AOM ou la tangente de l'angle BOM est $\frac{\text{BS}}{\text{R}}$, ou, pour $\text{R} = 1$, $\text{cotg. AOM} = \text{BS}$;

3° La *cosécante* de l'angle AOM ou la sécante de l'angle BOT est $\frac{\text{OS}}{\text{R}}$, ou, pour $\text{R} = 1$, $\text{coséc. AOM} = \text{OS}$.

297. **Remarque I.** — *Le rapport des lignes trigonométriques au rayon est constant pour un même angle.*

Soit l'angle O ; si de son sommet comme centre on décrit différents arcs AM, A'M'..., les triangles semblables POM, P'OM'..., donnent :

$$\frac{MP}{OM} = \frac{M'P'}{OM'},$$

ou bien

$$\frac{MP}{OA} = \frac{M'P'}{OA'} = \sin AOM.$$

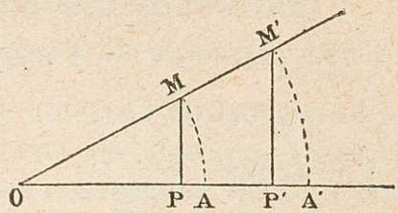


Fig. 201.

On ferait une démonstration analogue pour les autres rapports.

298. **Remarque II.** — *Un angle obtus a les mêmes lignes trigonométriques que son supplément, mais on les considère comme* NÉGATIVES, *sauf la cosécante et le sinus, qui restent* POSITIFS.

Ainsi le sin 148° = sin 32°.

§ II. — Définitions des lignes trigonométriques par rapport au triangle rectangle.

299. — Considérons un triangle rectangle ABC ; décrivons l'arc BD (fig. 202) et l'arc AD' (fig. 203) du sommet C ; on a par définition (n° 293) :

$$\sin C = \frac{AB}{BC} = \frac{c}{a};$$

$$\operatorname{tg} C = \frac{AB}{AC} = \frac{c}{b};$$

$$\text{séc } C = \frac{CB}{AC} = \frac{a}{b}.$$

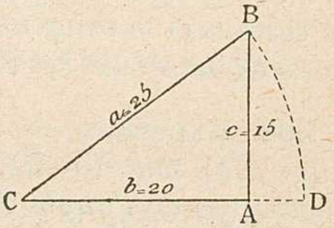


Fig. 202.

Ainsi, dans un triangle rectangle :

1° Le *sinus* d'un angle aigu égale le rapport du côté opposé à l'hypoténuse;

2° La *tangente* d'un angle aigu égale le rapport du côté opposé au côté adjacent;

3° La *sécante* d'un angle égale le rapport de l'hypoténuse au côté adjacent.

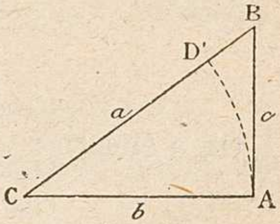


Fig. 203.

De même (n° 296),

1° Le *cosinus* de l'angle aigu C égale le sinus de l'angle B, ou le rapport du côté adjacent à l'hypoténuse, soit $\frac{b}{a}$.

2° La *cotangente* de l'angle C égale la tangente de l'angle B, ou le rapport du côté adjacent au côté opposé, soit $\frac{b}{c}$.

3° La *cosécante* de l'angle C égale la tangente de l'angle B, ou le rapport de l'hypoténuse au côté opposé, soit $\frac{a}{c}$.

En résumé :

$$\sin C = \frac{c}{a}, \qquad \cos C = \frac{b}{a},$$
$$\operatorname{tg} C = \frac{c}{b}, \qquad \operatorname{cotg} C = \frac{b}{c},$$
$$\text{séc } C = \frac{a}{b}, \qquad \text{coséc } C = \frac{a}{c}.$$

On peut remarquer que ces lignes trigonométriques sont *inverses* deux à deux. Ainsi la tangente $\frac{c}{b}$ est l'inverse de la cotangente $\frac{b}{c}$; le sinus $\frac{c}{a}$ est l'inverse de la cosécante $\frac{a}{c}$; la sécante $\frac{a}{b}$ est l'inverse du cosinus $\frac{b}{a}$. De sorte que si la tangente d'un angle est 0,75, sa cotangente sera $\frac{1}{0,75} = 1,333...$

Des six lignes trigonométriques d'un même angle, le *sinus*, le *cosinus* et la *tangente* sont les plus généralement employées; ce sont les seules qu'il importe de bien étudier.

300. **Exercice.** — *Les trois côtés d'un triangle rectangle* (fig. 203) *sont* 15, 20, 25 *mètres; trouver les lignes trigonométriques de l'angle* C *opposé au côté de* 15 *mètres.*

On a :

$$\sin C = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} = 0,60;$$
$$\operatorname{tg} C = \frac{15}{20} = \frac{3}{4} = 0,75;$$
$$\text{séc } C = \frac{25}{20} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

On a encore :

$$\cos C = \sin B = \frac{20}{25} = \frac{4}{5} = 0,80;$$
$$\operatorname{cotg} C = \operatorname{tg} B = \frac{20}{15} = \frac{4}{3} = 1,333;$$
$$\text{coséc } C = \text{séc } B = \frac{25}{15} = \frac{5}{3} = 1,6667.$$

§ III. — Usage des tables des fonctions trigonométriques.

301. — On a dressé une table donnant de degré en degré la grandeur des lignes trigonométriques des angles de 0° à 90° Elle porte des titres en haut et en bas : les titres du haut sont pour les angles de 0 à 45 degrés, et les titres du bas, pour les angles de 45 à 90 degrés.

Pour se servir de cette table, il faut savoir résoudre les deux questions suivantes :

1° *Trouver les sinus, tangente et cosinus d'un angle donné;*

2° *Trouver l'angle correspondant à un sinus, à une tangente ou à un cosinus donnés.*

302. **Ire Question.** — *A l'aide de la table, trouver les sinus, tangente, cosinus d'un angle.*

Cette question se résout ordinairement par une simple lecture. Ainsi, par exemple, on trouve dans la table :

$$\text{tg } 20^\circ = 0{,}364;$$
$$\sin 32^\circ = 0{,}530.$$

Pour les angles supérieurs à 45°, on prend les titres du bas :

$$\cos 54^\circ = 0{,}588;$$
$$\text{tg } 78^\circ = 4{,}705.$$

S'il s'agit d'angles renfermant des degrés et des divisions de degré, on partage la différence entre deux valeurs consécutives proportionnellement aux minutes.

Exemple : *Soit à trouver la tangente d'un angle de 23° 40'.*

La table donne : $\text{tg } 23^\circ = 0{,}424;$

$\text{tg } 24^\circ = 0{,}445.$ La différence est 21.

Cette différence 21 vient des 60 minutes dont l'angle de 24° surpasse l'angle de 23°. D'où la proportion :

$$\frac{60}{21} = \frac{40}{x}, \quad x = 14.$$

Ces 14 parties doivent être ajoutées à la tangente de 23°; donc $\text{tg } 23^\circ 40' = 0{,}424 + 0{,}014 = 0{,}438.$

303. **IIe Question.** — *Trouver dans la table l'angle qui correspond à une valeur numérique donnée.*

Lorsque la table contient la valeur numérique donnée, une simple lecture donne l'angle.

Ainsi on trouve immédiatement dans la table que le cosinus 0,809 répond à l'angle de 36°, que la tangente 2,356 est celle de l'angle de 67°, etc.

Si la valeur numérique n'est pas dans la table, il faut avoir recours aux différences. Par exemple, si l'on demande quel est l'angle qui a pour sinus 0,430, on voit tout d'abord que cet angle est compris entre 25 et 26 degrés, puisque les sinus de ces angles sont 0,423 et 0,438. La différence 0,438 — 0,423 = 0,015 ajoute 60 minutes à l'angle de 25°; la différence 0,430 — 0,423 = 0,007 ajoutera un nombre de minutes donné par la proportion suivante :

$$\frac{60}{15} = \frac{x}{7}. \quad \text{D'où} \quad x = \frac{60 \times 7}{15} = 28 \text{ minutes.}$$

Donc, sin 0,430 correspond à l'angle de 25 degrés 28 minutes.

DÉCLINAISON DE L'AIGUILLE AIMANTÉE

DANS QUELQUES VILLES DE FRANCE ET DE L'ÉTRANGER ANNÉE 1910

Bordeaux	14° 39′ W	Marseille	11° 55′ W
Brest	16° 55′	Nice	11° 13′
Cherbourg	15° 59′	Paris	14° 5′
Clermont-Ferrand	13° 17′	Perpignan	12° 50′
Le Puy	12° 54′	Poitiers	14° 29′
Lille	13° 54′	Toulon	11° 45′
Limoges	14° 1′	Toulouse	13° 33′
Lyon	12° 32′	Tours	14° 26′
Alger	12° 3′ W	Odessa	4° 41′ W
Greenwich	16° W	Potsdam	9° 34′ W
Kew (près Londres)	16° 17′ W	Prague	8° 43′ W
La Havane	2° 58′ E	Rio-de-Janeiro	8° 55′ W
Hong-Kong	0° 9′ E	Santiago (Chili)	14° 31′ E
Madrid	15° 36′ W	Uccle (Bruxelles)	13° 43′ W

CHAPITRE II

PROPRIÉTÉS ET APPLICATIONS DES SINUS, TANGENTES COSINUS DES ANGLES

Propriété I.

304. — *La projection d'une droite sur une autre égale la longueur de la première droite multipliée par le cosinus de l'angle des deux lignes.*

Soit CD la projection de la droite AB sur la droite XY (fig. 204). Menons AE parallèle à XY. L'angle BAE est l'angle des deux droites AB et XY. Je dis qu'on aura :

$$CD = AB \times \cos BAE.$$

En effet, le triangle rectangle BAE donne (n° 299) :

$$\cos A = \frac{AE}{AB}.$$

D'où l'on tire la valeur de AE ou de CD.

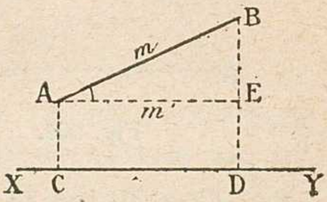


Fig. 204

$$CD = AB \times \cos BAE$$

305. **Problème.** — *Le chemin de fer de la Croix-Rousse, à Lyon, forme avec l'horizon un angle de 9° 5'. A quelle distance horizontale correspond un trajet de 250m, mesuré suivant la pente?*

Fig. 205.

On a :

$$AH = AB \times \cos A = 250 \times 0{,}987 = 246^{m},75.$$

Propriété II.

306. — *L'aire d'un triangle quelconque égale la moitié du produit de deux de ses côtés par le sinus de l'angle compris.*

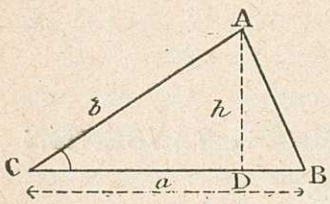


Fig. 206.

Soit le triangle ABC; je dis que l'on a :

$$S = {}^1/_2 ab \cdot \sin C.$$

En effet, si nous menons la hauteur AD, on a, dans le triangle rectangle ACD :

$$\sin C = \frac{h}{b}; \quad \text{d'où} \quad h = b \cdot \sin C.$$

Or la surface du triangle $S = {}^1/_2\, ah$. Si nous remplaçons h par sa valeur, il vient :

$$S = {}^1/_2\, ab \cdot \sin C.$$

307. **Corollaire I.** — *L'aire d'un parallélogramme* (fig. 207) *égale le produit de deux côtés adjacents par le sinus de l'angle compris.*

En effet,

$$ABCD = 2\,ABC = 2({}^1/_2\, AB \cdot BC \cdot \sin B) = AB \cdot BC \cdot \sin B.$$

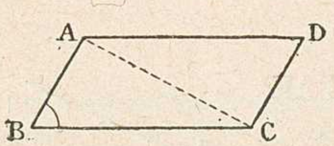


Fig. 207.

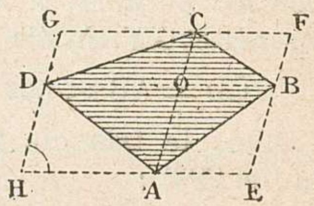


Fig. 208.

308. **Corollaire II.** — *L'aire d'un quadrilatère quelconque égale la moitié du produit des diagonales par le sinus de leur angle.*

En effet, en menant par les sommets du quadrilatère (fig. 208) des parallèles aux diagonales, on obtient un parallélogramme double du quadrilatère. L'aire du parallélogramme égale :

$$GH \times HE \times \sin H, \quad \text{ou bien} \quad AC \times BD \times \sin COB.$$

Donc l'aire du quadrilatère $ABCD = {}^1/_2\, AC \times BD \times \sin COB$.

Le résultat serait le même si, au lieu de prendre l'angle aigu en O, on prenait l'angle obtus, puisque le sinus de ces deux angles supplémentaires est le même (nº 298).

309. **Application I.** — *Quelle est la surface d'un triangle dont deux côtés ont 125^m et 60^m, l'angle compris ayant $35°$?*

$$\text{La surf.} = \frac{1}{2}(125 \times 60 \times \sin 35°) = \frac{125 \times 60 \times 0,574}{2} = 2152^{m^2},50.$$

Application II. — *Quelle est la surface d'un quadrilatère dont les diagonales ont 75^m et 96^m, l'angle de ces diagonales étant de 25 degrés ?*

$$\text{La surface} = \frac{75 \times 96 \times 0,423}{2} = 1522^{m^2},80.$$

Propriété III.

310. — *Un côté de l'angle droit d'un triangle rectangle égale l'autre côté multiplié par la tangente de l'angle opposé à celui que l'on cherche.*

Je dis qu'on a :

$$a = b \,.\, \text{tg A}.$$

En effet, par définition,

$$\text{tg A} = \frac{a}{b};$$

d'où l'on tire : $a = b \,.\, \text{tg A}.$

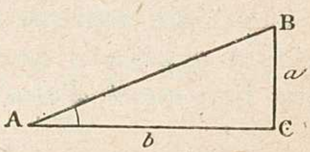


Fig. 209.

311. **Application.** — *La hauteur de l'édifice représenté au n° 239 peut se calculer directement à l'aide de cette propriété.*

On a : $EB = 30 \times \text{tg } 40° = 30 \times 0,839 = 25^m,17.$

Propriété IV.

312. — *Un côté de l'angle droit d'un triangle rectangle égale l'hypoténuse multipliée par le sinus de l'angle opposé.*

Je dis qu'on a :

$$b = a \,.\, \sin B.$$

En effet, par définition,

$$\sin B = \frac{b}{a};$$

d'où l'on tire :

$$b = a \,.\, \sin B.$$

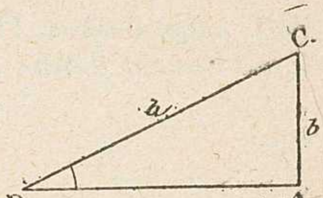


Fig. 210.

Propriété V.

313. — *Deux côtés quelconques d'un triangle sont entre eux comme les sinus des angles opposés.*

Je dis qu'on aura :

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin A}{\sin B}.$$

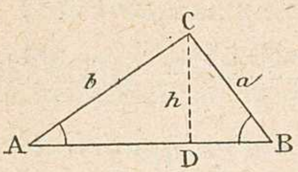


Fig. 211.

En effet, en menant la hauteur CD, on a :

$$\sin A = \frac{h}{b}, \quad \sin B = \frac{h}{a}.$$

Divisons membre à membre ces deux égalités, il vient :

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{h}{b} : \frac{h}{a} = \frac{h}{b} \times \frac{a}{h} = \frac{a}{b}.$$

Ainsi $$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{a}{b}.$$

314. **Application I.** — *Au n° 225, une construction graphique a permis de trouver la distance* AC. *La propriété* V, *que l'on vient d'établir, permet de calculer directement* AC.

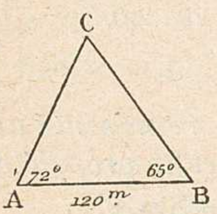


Fig. 212.

En effet,

l'angle $C = 180 - (72 + 65) = 43°$.

On peut écrire :

$$\frac{AC}{AB} = \frac{\sin B}{\sin C},$$

ou $$\frac{AC}{120} = \frac{\sin 65°}{\sin 43°} = \frac{0{,}906}{0{,}682};$$

d'où $$AC = \frac{120 \times 0{,}906}{0{,}682} = 159^m{,}41.$$

315. **Application II.** — *Au n° 240, une construction graphique nous a donné la hauteur* SA *d'une tour ; on peut calculer directement cette hauteur.*

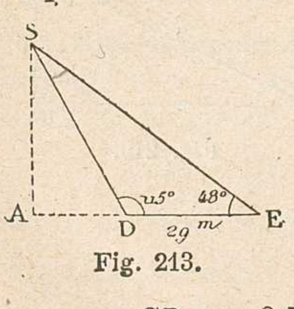


Fig. 213.

Calculons d'abord SD.

Angle $DSE = 180 - (115 + 48) = 17°$;

$$\frac{SD}{DE} = \frac{\sin E}{\sin S} \quad \text{ou} \quad \frac{SD}{29} = \frac{\sin 48°}{\sin 17°}.$$

Le sinus de 17° est 0,292.

sin de 48 : 0,743

$$\frac{SD}{29} = \frac{0{,}743}{0{,}292}, \quad SD = \frac{29 \times 0{,}743}{0{,}292} = 73^m{,}79.$$

Cherchons maintenant SA.

Appliquons la propriété IV (n° 312) ; on aura dans le triangle SAD :

$$SA = SD \times \sin ADS,$$

ou $\quad SA = 73^{m},79 \times \sin 65° = 73^{m},79 \times 0,906 = 66^{m},85.$

316. **Application III.** — *Pour déterminer la hauteur* SA, *au problème n°* 243, *on calculera d'abord* AN *dans le triangle* AHN, *en employant la propriété* V (*n°* 313) ; *puis, à l'aide de la propriété* III (*n°* 320), *on trouvera* SA *dans le triangle* SAN.

$$\frac{AN}{\sin 67°} = \frac{HN}{\sin(180° - 67° - 75°)};$$

$$\frac{AN}{\sin 67°} = \frac{42}{\sin 38°}; \quad \text{d'où} \quad AN = \frac{42 \times 0,921}{0,616} = 62^{m},79.$$

Calcul de SA :

$$SA = AN \,.\, \text{tg}\, 32° = 62^{m},79 \times 0,625 = 39^{m},24.$$

Propriété VI.

317. — *La somme de deux côtés quelconques d'un triangle est à leur différence comme la tangente de la demi-somme des angles opposés à ces côtés est à la tangente de la demi-différence de ces mêmes angles.*

Soit le triangle ABC ; je dis qu'on aura :

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\text{tg}\, {}^1/_2 (A+B)}{\text{tg}\, {}^1/_2 (A-B)}.$$

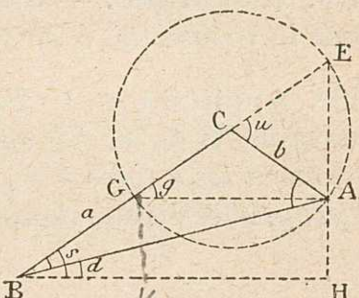


Fig. 214.

Avec le petit côté CA pour rayon, décrivons une circonférence ; prolongeons BC, menons AG et sa parallèle BH ; enfin menons EAH.

$$BE = CB + CA = a + b,$$

$$BG = CB - CA = a - b.$$

L'angle EBH ou $s = g = {}^1/_2\, u = {}^1/_2 (A + B)$.

L'angle ABH ou $d = s - B = {}^1/_2\, A + {}^1/_2\, B - B = {}^1/_2 (A - B)$.

A cause de la parallèle AG, on peut écrire la proportion suivante :

$$\frac{BE}{BG} = \frac{HE}{HA},$$

GK = AH

ou bien :

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\mathrm{HE}}{\mathrm{HA}} = \frac{\mathrm{EH} : \mathrm{BH}}{\mathrm{AH} : \mathrm{BH}} = \frac{\operatorname{tg} s}{\operatorname{tg} d} = \frac{\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}+\mathrm{B})}{\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}-\mathrm{B})}$$

Donc, etc...

318. **Problème.** — *Une route devant être construite entre* A *et* B, *séparés par un obstacle, on établit un triangle* ACB, *dans lequel on mesure* AC = 318$^{\mathrm{m}}$, CB = 502$^{\mathrm{m}}$ *et l'angle* C = 126°. *Trouver les angles* A *et* B, *afin qu'on puisse travailler en* AM *et en* BN.

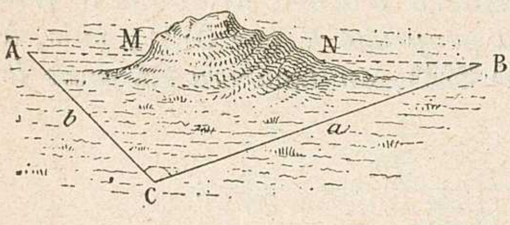


Fig. 215.

L'angle C ayant 126°, A et B ont ensemble le supplément 54° ; leur demi-somme est donc 27° ; nous trouverons leur demi-différence en posant :

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}+\mathrm{B})}{\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}-\mathrm{B})} \quad \text{ou} \quad \frac{820}{184} = \frac{0{,}510}{\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}-\mathrm{B})}.$$

On trouve $\operatorname{tg} {}^1/_2 (\mathrm{A}-\mathrm{B}) = 0{,}114$, qui répond à 6° 32′.

Le plus grand angle sera égal à la demi-somme plus la demi-différence, et le plus petit à la demi-somme moins la demi-différence.

Donc $\mathrm{A} = 27° + 6°32' = 33°32'$, $\mathrm{B} = 27° - 6°32' = 20°28'$.

319. **Remarque.** — *On peut dès lors calculer* AB *en appliquant la propriété* V (n° 313). AB = 534,17

320. **Application.** — *Trouver* DC *au* n° 231. *Pour cela, calculez d'abord* AC *et* AD *en appliquant la propriété* V, *puis vous chercherez les angles* ADC *et* ACB *au moyen de la propriété* VI. *La propriété* V *vous donnera ensuite le côté* DC.

NOTES

VALEURS ET FORMULES DIVERSES

Nombres usuels.

$\pi = 3{,}141\,59266$

$2\pi = 6{,}283\,19$

$3\pi = 9{,}424\,77$

$4\pi = 12{,}566\,36$

$\dfrac{1}{\pi} = 0{,}318\,30$

$\pi^2 = 9{,}869\,60$

$\sqrt{\pi} = 1{,}772\,453$

$\dfrac{\pi}{180} = 0{,}017\,453$

$\sqrt{\dfrac{1}{2}} = 0{,}707\,11$

$\sqrt{\dfrac{1}{3}} = 0{,}577\,35$

$\sqrt{\dfrac{1}{5}} = 0{,}447\,21$

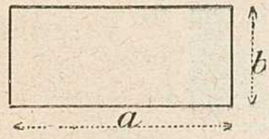
$\sqrt{2} = 1{,}414\,21$

$\sqrt{3} = 1{,}732\,05$

$\sqrt{5} = 2{,}236\,07$

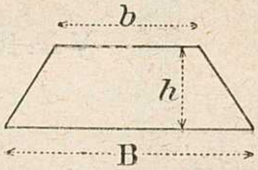
Surfaces.

Rectangle.



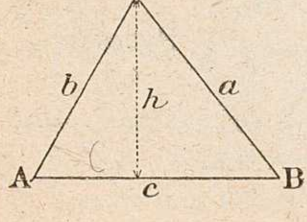
$S = ab.$

Trapèze.



$S = \dfrac{B + b}{2} \times h.$

Triangle.



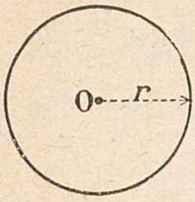
$S = \dfrac{ch}{2};$

$S = \dfrac{1}{2}\, bc \sin A;$

$S = \sqrt{p\,(p-a)\,(p-b)\,(p-c)};$

$p = \dfrac{a+b+c}{2}.$

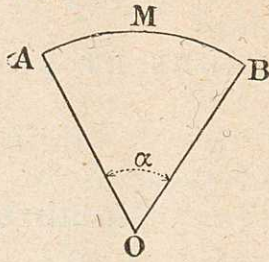
Cercle.



$S = \pi r^2$;

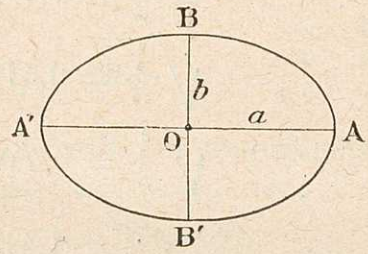
$S = \frac{\pi d^2}{4}$.

Secteur.



$S = \frac{\pi r^2 \alpha}{360} = 0{,}0087 \alpha r^2$.

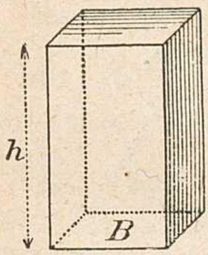
Ellipse.



$S = \pi ab$.

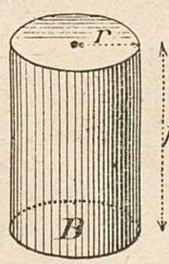
Volumes.

Prisme droit.



$V = Bh$.

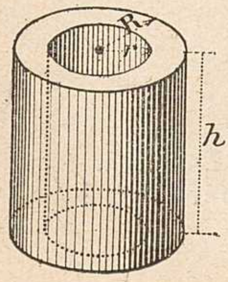
Cylindre.



$V = Bh$;

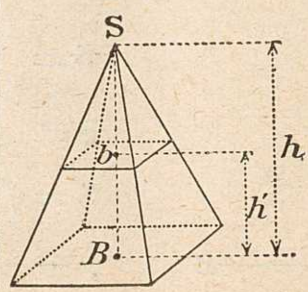
$V = \pi r^2 h$.

Cylindre creux.



$V = \pi h (R^2 - r^2)$.

Pyramide et cône.

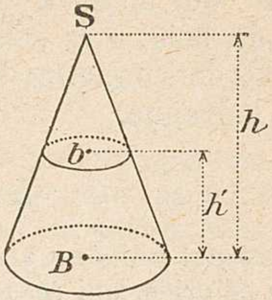


Pyramide.

$V = \frac{1}{3} Bh$.

Tronc de pyramide et de cône.

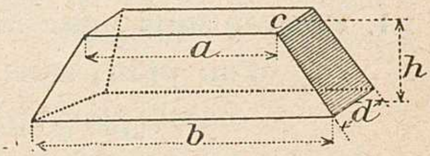
$$V = \frac{1}{3} h'(B + b + \sqrt{Bb}).$$



Tas de sable

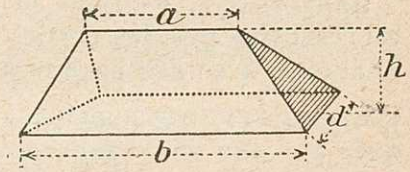
à deux bases :

$$V = \frac{h}{6} [d(2b + a) + c(2a + b)];$$



à une base :

$$V = \frac{dh}{6} (2b + a).$$



Cubage des bois ronds en grume.

321. — Les bois en grume sont des troncs d'arbres recouverts de leur écorce, mais dépouillés de leurs branches.

Dans les opérations ordinaires de cubage, quelle que soit la forme du tronc, on le considère comme un cylindre ayant pour circonférence de base la circonférence moyenne.

Cette circonférence de base s'obtient en mesurant le tour du bois au milieu de sa longueur.

Dans le commerce des bois en grume, on substitue au cube réel le cube au quart de la circonférence moyenne ; c'est-à-dire que pour obtenir le volume d'un tronc d'arbre, on prend le quart de la circonférence moyenne, et on l'élève au carré, puis on multiplie par la longueur :

$$V = \left(\frac{C}{4}\right)^2 \times l.$$

322. **Exemple.** — Cuber au quart de la circonférence un tronc d'arbre ayant pour longueur 8^m et pour circonférence moyenne $1^m,88$.

Le quart de la circonférence est $0^m,47$, dont le carré est 0,2209.

Le produit de ce nombre par la longueur est $1^{m3},7672$.

Le volume est $1^{m3},767$.

323. **Remarque.** — On trouve des tableaux dits **barèmes**[1] qui donnent directement, soit le volume réel d'une pièce de bois, soit son volume au quart de la circonférence. Il suffit de connaître la longueur de l'arbre et la circonférence moyenne.

Lavis des plans.

Le présent traité est accompagné de deux planches, l'une en noir, l'autre coloriée, qui résument les notions que nous allons donner.

I. Conventions pour représenter les diverses parties d'un plan, sans l'emploi des couleurs.

(Voir la planche en noir ci-après.)

Habitations. — Dans le plan d'ensemble, les habitations sont représentées par des parties rectangulaires suivant la forme des habitations, avec des hachures et un filet noir du côté de l'ombre.

Établissements publics. — Les établissements publics sont indiqués par une teinte foncée d'encre de Chine.

Bois et forêts. — Les bois et les forêts sont représentés par des traits festonnés, renforcés du côté de l'ombre.

Arbres. — Un arbre isolé est marqué par un rond festonné avec traits renforcés pour l'ombre; on y ajoute une ombre portée dont la forme rappelle celle de l'arbre représenté.

Prairies. — Les prairies reçoivent un semis de traits ondulés.

Vergers. — Les vergers sont indiqués par des arbres disposés en quinconce; souvent les arbres sont simplement représentés par de petits ronds.

Terres labourées. — Les terres labourées sont indiquées par des hachures plus ou moins interrompues.

Vignes. — Pour les vignes, on représente les ceps.

Jardins. — Les jardins potagers sont divisés en petits carrés dans lesquels on met des traits et des points pour indiquer les plantations. — Les jardins d'agrément sont représentés par des allées sinueuses et des massifs.

Sables. — Les sables s'indiquent par un pointillé.

Rivières. — Les rivières se représentent par des traits parallèles aux deux bords.

---

[1] *Traité de cubage des bois ronds et équarris avec des tableaux de cubage*, par M. Montaudry. Librairie H. Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris.

II. Teintes conventionnelles employées dans le lavis des plans en couleur.

(Voir la planche en couleur.)

HABITATIONS. — *Dans les plans d'ensemble*, lorsque ces plans sont lavés, les habitations reçoivent une teinte rose, parfois relevée par un filet au carmin du côté de l'ombre; les parties soumises à l'alignement ou à démolir ont une teinte jaune.

Dans les plans de détails, les constructions existantes se représentent à l'aide d'une teinte pâle d'encre de Chine; les parties à démolir reçoivent une teinte jaune, et les parties à construire, une teinte rose.

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS. — Teinte foncée de carmin.

ARBRES. — Vert clair, avec retouches plus foncées du côté de l'ombre. Les conifères sont indiqués par des étoiles en vert sombre. On ajoute à chaque arbre un ombre portée donnant une idée de sa forme. Cette ombre portée se poche en violet.

BOIS ET FORÊTS. — Fond vert clair avec quelques retouches de vert plus sombre, et ombres portées sur le bord.

BROUSSAILLES. — Analogues aux bois, mais avec retouches disséminées, peu nombreuses.

HAIES. — Filet de couleur verte, relevé par quelques coups irréguliers donnés au pinceau fin.

PRAIRIES. — Vert clair, avec coups de pinceau donnés horizontalement.

VERGERS. — Vert moins intense que pour les prairies; les arbres dessinés en quinconce, avec moins de détails que les arbres isolés.

TERRES LABOURABLES. — Teinte de sépia ou de terre de Sienne.

VIGNES. — Ton violet, recouvert parfois de ceps alignés et tracés d'une manière conventionnelle.

BRUYÈRES ET LANDES. — Les bruyères et les landes se représentent par un ton vert, panaché de carmin.

JARDINS. — Liseré vert clair pour les bordures; les carrés reçoivent des teintes de diverses couleurs.

SABLES. — Teinte d'ocre jaune avec pointillé à volonté.

RIVIÈRES, FLEUVES, ÉTANGS. — Bleu clair, rendu plus fort vers les bords du cours d'eau.

MARAIS. — Flaques d'eau sur fond vert clair.

Table des fonctions trigonométriques pour les angles de 0 à 90°.

De 0° à 45°, prenez les titres en haut.

Angles	Tangentes	Sinus	Cosinus	Cotang.	
0°	0,000	0,000	1,000	∞	**90°**
1	017	017	1,000	57,290	89
2	035	035	0,999	28,636	88
3	052	052	999	19,081	87
4	070	070	998	14,301	86
5	087	087	996	11,430	85
6	105	105	995	9,514	84
7	123	122	993	8,144	83
8	141	139	990	7,115	82
9	158	156	988	6,314	81
10°	0,176	0,174	0,985	5,671	**80°**
11	194	191	982	5,145	79
12	213	208	978	4,705	78
13	231	225	974	4,331	77
14	249	242	970	4,011	76
15	268	259	966	3,732	75
16	287	276	961	3,487	74
17	306	292	956	3,271	73
18	325	309	951	3,078	72
19	344	326	946	2,904	71
20°	0,364	0,342	0,940	2,747	**70°**
21	384	358	934	2,605	69
22	404	375	927	2,475	68
23	424	391	921	2,356	67
24	445	407	914	2,246	66
25	466	423	906	2,145	65
26	488	438	899	2,050	64
27	510	454	891	1,963	63
28	532	469	883	1,881	62
29	554	485	875	1,804	61
30°	0,577	0,500	0,866	1,732	**60°**
31	601	515	857	664	59
32	625	530	848	600	58
33	649	545	839	540	57
34	675	559	829	483	56
35	700	574	819	428	55
36	727	588	809	376	54
37	754	602	799	327	53
38	781	616	788	280	52
39	810	629	777	235	51
40°	0,839	0,643	0,766	1,192	**50°**
41	869	656	755	150	49
42	900	669	743	111	48
43	933	682	731	072	47
44	966	695	719	1,036	46
45	1,000	707	707	1,000	45
	Cotang.	Cosinus	Sinus	Tangentes	Angles.

De 45° à 90°, prenez les titres en bas.

324. Remarque. — La table ci-contre, page 180, est insuffisante pour les premiers degrés et pour les angles qui approchent de 90 degrés. C'est pourquoi nous donnons pour ces angles une table auxiliaire plus détaillée.

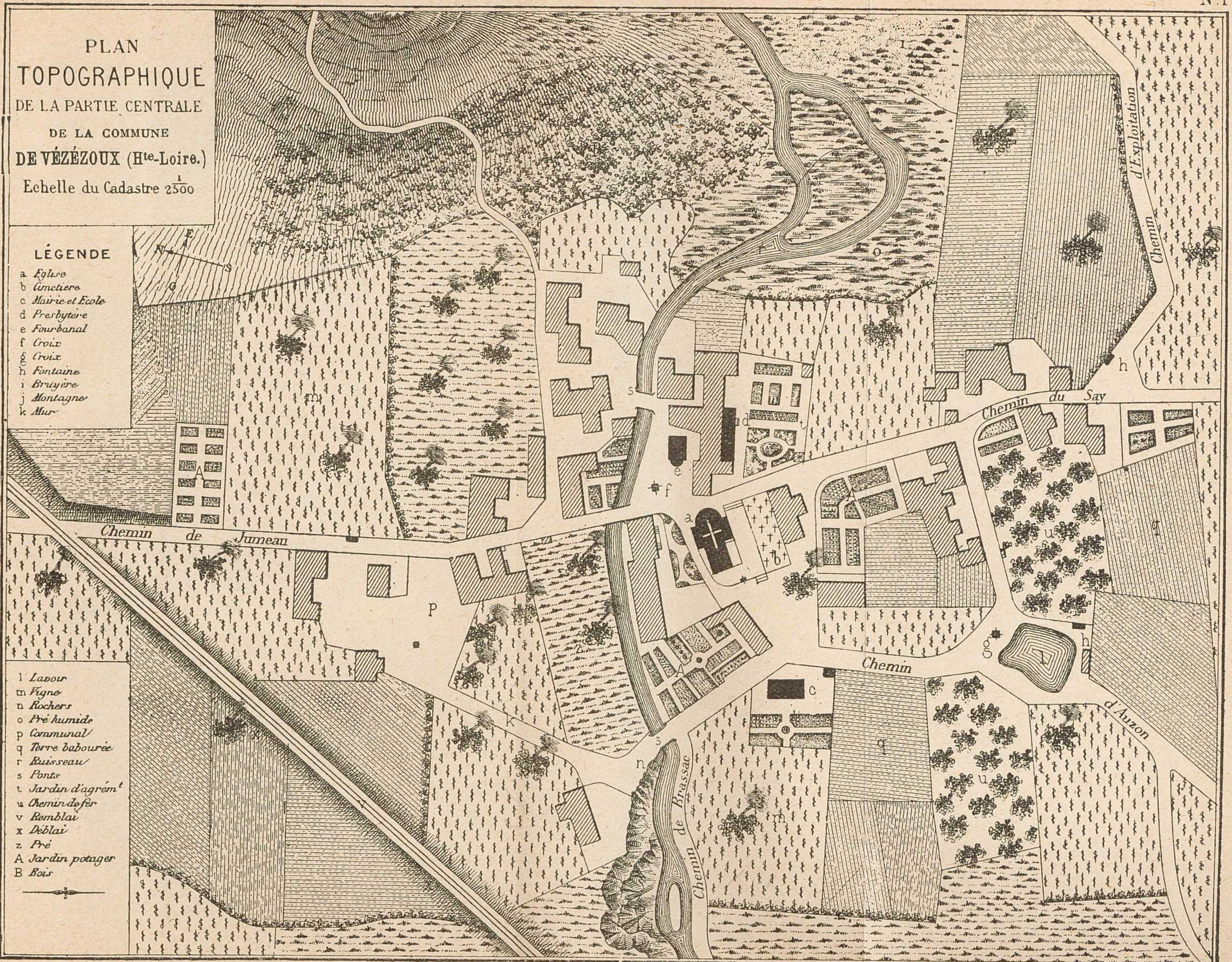
Table des fonctions trigonométriques de 10 en 10 minutes,

pour les 4 premiers et les 4 derniers degrés du quadrant.

De 0 à 4 degrés, prenez les titres en haut.

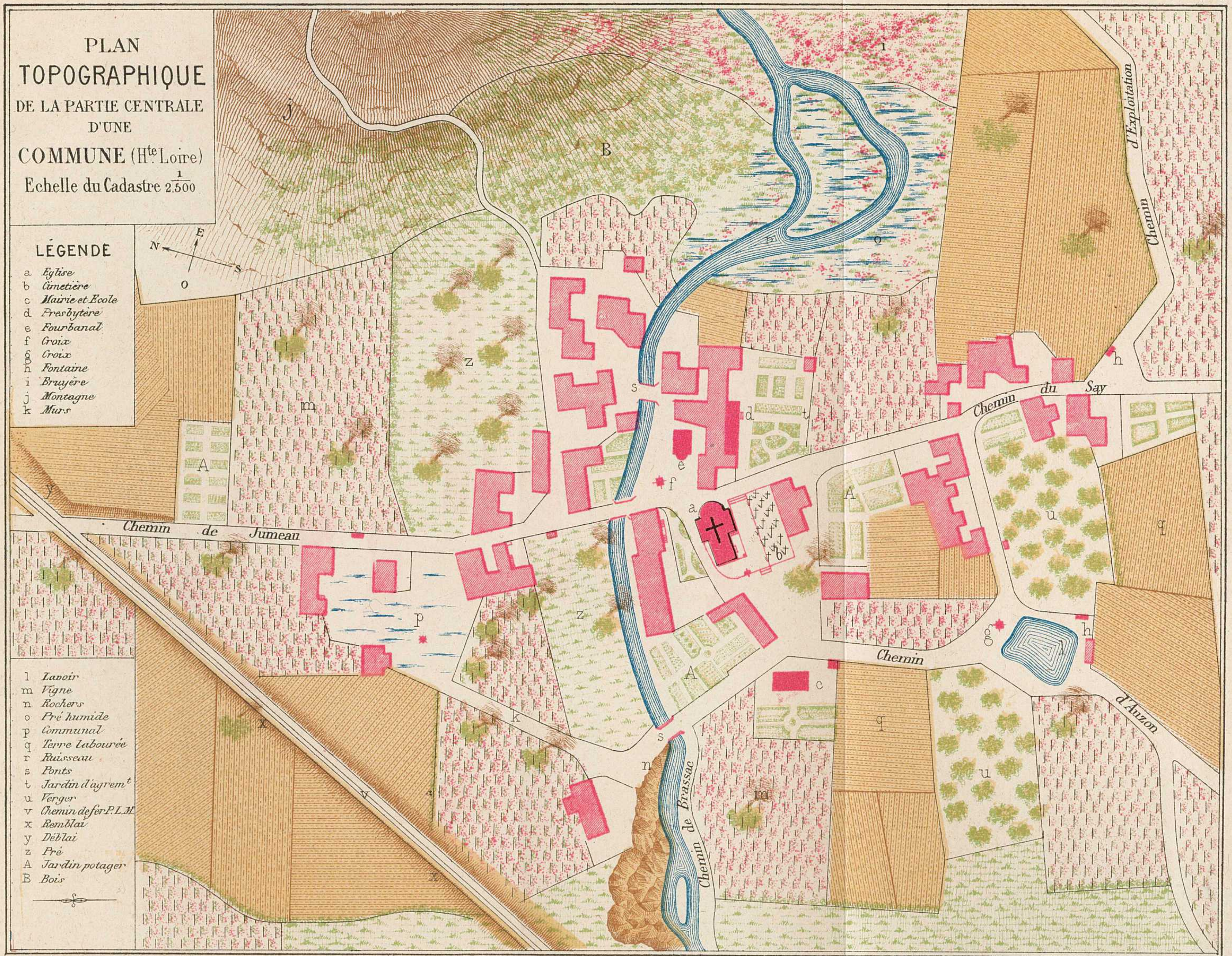
Angles	Tangentes	Sinus	Sécantes	Cosécantes	Cosinus	Cotang.	Angles
0°	0,0000	0,0000	1,00000	∞	1,00000	∞	**90°**
10'	0029	0029	00000	343,77	1,00000	343,77	50'
20'	0058	0058	00002	171,89	0,99998	171,88	40'
30'	0087	0087	00004	114,59	99996	114,59	30'
40'	0116	0116	00007	85,94	99993	85,94	20'
50'	0145	0145	00011	68,76	99989	68,75	10'
1°	0,0175	0,0175	1,00015	57,30	0,99985	57,29	**89°**
10'	0204	0204	00021	49,11	99979	49,10	50'
20'	0233	0233	00027	42,98	99973	42,96	40'
30'	0262	0262	00034	38,20	99966	38,19	30'
40'	0291	0291	00042	34,28	99958	34,37	20'
50'	0320	0320	00051	31,26	99949	31,24	10'
2°	0,0349	0,0349	1,00061	28,65	0,99939	28,64	**88°**
10'	0378	0378	00072	26,45	99928	26,43	50'
20'	0408	0407	00083	24,56	99917	24,54	40'
30'	0437	0436	00095	22,92	99905	22,90	30'
40'	0465	0465	00108	21,49	99892	21,47	20'
50'	0495	0494	00122	20,23	99878	20,21	10'
3°	0,0524	0,0523	1,00137	19,11	0,99863	19,08	**87°**
10'	0553	0552	00153	18,10	99847	18,08	50'
20'	0582	0581	00169	17,20	99831	17,17	40'
30'	0612	0611	00187	16,38	99813	16,35	30'
40'	0641	0640	00205	15,64	99795	15,61	20'
50'	0670	0669	00224	14,96	99776	14,92	10'
4°	0,0699	0,0698	1,00244	14,34	0,99756	14,30	**86°**
	Cotang.	Cosinus	Cosécantes	Sécantes	Sinus	Tangent.	

De 86 à 90 degrés, prenez les titres en bas.



F.C.Del^t

Gravé par Erhard



F. C. Delt

Gravé par Erhard

Table pour convertir les divisions sexagésimales en divisions centésimales.

Degrés	GRADES	Degrés	GRADES	Degrés	GRADES	Degrés	GRADES
1	1,11111	24	26,66667	47	52.22222	69	76,66667
2	2,22222	25	27,77778	48	53,33333	70	77,77778
3	3,33333	26	28,88889	49	54,44444	71	78,88889
4	4,44444	27	30,00000	50	55,55556	72	80,00000
5	5,55556	28	31,11111	51	56,66667	73	81,11111
6	6,66667	29	32,22222	52	57.77778	74	82,22222
7	7,77778	30	33,33333	53	58,88889	75	83,33333
8	8,88889	31	34,44444	54	60,00000	76	84,44444
9	10,00000	32	35,55556	55	61,11111	77	85,55556
10	11,11111	33	36,66667	56	62,22222	78	86,66667
11	12,22222	34	37,77778	57	63,33333	79	87,77778
12	13,33333	35	38,88889	58	64,44444	80	88,88889
13	14,44444	36	40,00000	59	65,55556	81	90,00000
14	15,55556	37	41,11111	60	66,66667	82	91,11111
15	16,66667	38	42,22222	61	67,77778	83	92,22222
16	17,77778	39	43,33333	62	68,88889	84	93,33333
17	18,88889	40	44,44444	63	70,00000	85	94,44444
18	20,00000	41	45,55556	64	71,11111	86	95,55556
19	21,11111	42	46,66667	65	72,22222	87	96,66667
20	22,22222	43	47,77778	66	73,33333	88	97,77778
21	23,33333	44	48,88889	67	74,44444	89	98,88889
22	24,44444	45	50,00000	68	75,55556	90	100,00000
23	25,55556	46	51,11111				

Table pour convertir les divisions centésimales en divisions sexagésimales.

Grades	Degr. Min.	Grades	Degr. Min.	Grades	Degr. Min.	Grades	Degr. Min.
1	0° 54′	26	23° 24′	51	45° 54′	76	68° 24′
2	1° 48′	27	24° 18′	52	46° 48′	77	69° 18′
3	2° 42′	28	25° 12′	53	47° 42′	78	70° 12′
4	3° 36′	29	26° 6′	54	48° 36′	79	71° 6′
5	4° 30′	30	27° 0′	55	49° 30′	80	72° 0′
6	5° 24′	31	27° 54′	56	50° 24′	81	72° 54′
7	6° 18′	32	28° 48′	57	51° 18′	82	73° 48′
8	7° 12′	33	29° 42′	58	52° 12′	83	74° 42′
9	8° 6′	34	30° 36′	59	53° 6′	84	75° 36′
10	9° 0′	35	31° 30′	60	54° 0′	85	76° 30′
11	9° 54′	36	32° 24′	61	54° 54′	86	77° 24′
12	10° 48′	37	33° 18′	62	55° 48′	87	78° 18′
13	11° 42′	38	34° 12′	63	56° 42′	88	79° 12′
14	12° 36′	39	35° 6′	64	57° 36′	89	80° 6′
15	13° 30′	40	36° 0′	65	58° 30′	90	81° 0′
16	14° 24′	41	36° 54′	66	59° 24′	91	81° 54′
17	15° 18′	42	37° 48′	67	60° 18′	92	82° 48′
18	16° 12′	43	38° 42′	68	61° 12′	93	83° 42′
19	17° 6′	44	39° 36′	69	62° 6′	94	84° 36′
20	18° 0′	45	40° 30′	70	63° 0′	95	85° 30′
21	18° 54′	46	41° 24′	71	63° 54′	96	86° 24′
22	19° 48′	47	42° 18′	72	64° 48′	97	87° 18′
23	20° 42′	48	43° 12′	73	65° 42′	98	88° 12′
24	21° 36′	49	44° 6′	74	66° 36′	99	89° 6′
25	22° 30′	50	45° 0′	75	67° 30′	100	90° 0′

POUR LA CONSTRUCTION DES ANGLES

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′	D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
0	0	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	45	0,7654	0,7680	0,7707	0,7734	0,7761	0,7788
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	46	0,7815	0,7841	0,7868	0,7895	0,7922	0,7948
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	47	0,7975	0,8002	0,8028	0,8055	0,8082	0,8108
3	0,0523	0,0553	0,0582	0,0611	0,0640	0,0669	48	0,8135	0,8161	0,8188	0,8214	0,8241	0,8267
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	49	0,8294	0,8320	0,8347	0,8373	0,8400	0,8426
5	0,0872	0,0901	0,0931	0,0960	0,0989	0,1018	50	0,8452	0,8479	0,8505	0,8531	0,8558	0,8584
6	0,1047	0,1076	0,1105	0,1134	0,1163	0,1192	51	0,8610	0,8636	0,8663	0,8689	0,8715	0,8741
7	0,1221	0,1250	0,1279	0,1308	0,1337	0,1366	52	0,8767	0,8794	0,8820	0,8846	0,8872	0,8898
8	0,1395	0,1424	0,1453	0,1482	0,1511	0,1540	53	0,8924	0,8950	0,8976	0,9002	0,9028	0,9054
9	0,1569	0,1598	0,1627	0,1656	0,1685	0,1714	54	0,9080	0,9106	0,9132	0,9157	0,9183	0,9209
10	0,1743	0,1772	0,1801	0,1830	0,1859	0,1888	55	0,9235	0,9261	0,9287	0,9312	0,9338	0,9364
11	0,1917	0,1946	0,1975	0,2004	0,2033	0,2062	56	0,9389	0,9415	0,9441	0,9466	0,9492	0,9518
12	0,2091	0,2120	0,2148	0,2177	0,2206	0,2235	57	0,9543	0,9569	0,9594	0,9620	0,9645	0,9671
13	0,2264	0,2293	0,2322	0,2351	0,2380	0,2409	58	0,9696	0,9722	0,9747	0,9772	0,9798	0,9823
14	0,2437	0,2466	0,2495	0,2524	0,2553	0,2582	59	0,9848	0,9874	0,9899	0,9924	0,9950	0,9975
15	0,2611	0,2639	0,2668	0,2697	0,2726	0,2755	60	1,0000	1,0025	1,0050	1,0075	1,0101	1,0126
16	0,2783	0,2812	0,2841	0,2870	0,2899	0,2927	61	1,0151	1,0176	1,0201	1,0226	1,0251	1,0276
17	0,2956	0,2985	0,3014	0,3042	0,3071	0,3100	62	1,0301	1,0326	1,0351	1,0375	1,0400	1,0425
18	0,3129	0,3157	0,3186	0,3215	0,3244	0,3272	63	1,0450	1,0475	1,0500	1,0524	1,0549	1,0574
19	0,3301	0,3330	0,3358	0,3387	0,3416	0,3444	64	1,0598	1,0623	1,0648	1,0672	1,0697	1,0721
20	0,3473	0,3502	0,3530	0,3559	0,3587	0,3616	65	1,0746	1,0771	1,0795	1,0819	1,0844	1,0868
21	0,3645	0,3673	0,3702	0,3730	0,3759	0,3782	66	1,0893	1,0917	1,0941	1,0965	1,0990	1,1014
22	0,3816	0,3845	0,3873	0,3902	0,3930	0,3959	67	1,1039	1,1063	1,1087	1,1111	1,1136	1,1160
23	0,3987	0,4016	0,4044	0,4073	0,4101	0,4130	68	1,1184	1,1208	1,1232	1,1256	1,1280	1,1304
24	0,4158	0,4187	0,4215	0,4244	0,4272	0,4300	69	1,1328	1,1352	1,1376	1,1400	1,1424	1,1448
25	0,4329	0,4357	0,4386	0,4414	0,4442	0,4471	70	1,1472	1,1495	1,1519	1,1543	1,1567	1,1590
26	0,4499	0,4527	0,4556	0,4584	0,4612	0,4641	71	1,1614	1,1638	1,1661	1,1685	1,1709	1,1732
27	0,4669	0,4697	0,4725	0,4754	0,4782	0,4810	72	1,1756	1,1779	1,1803	1,1826	1,1850	1,1873
28	0,4838	0,4867	0,4895	0,4923	0,4951	0,4979	73	1,1896	1,1920	1,1943	1,1966	1,1990	1,2013
29	0,5008	0,5036	0,5064	0,5092	0,5120	0,5148	74	1,2036	1,2060	1,2083	1,2106	1,2129	1,2152
30	0,5176	0,5204	0,5233	0,5261	0,5289	0,5317	75	1,2175	1,2198	1,2221	1,2244	1,2267	1,2290
31	0,5345	0,5373	0,5401	0,5429	0,5457	0,5485	76	1,2313	1,2336	1,2359	1,2382	1,2405	1,2427
32	0,5513	0,5541	0,5569	0,5598	0,5625	0,5652	77	1,2450	1,2473	1,2496	1,2518	1,2541	1,2564
33	0,5680	0,5708	0,5736	0,5764	0,5792	0,5820	78	1,2586	1,2609	1,2632	1,2654	1,2677	1,2699
34	0,5847	0,5875	0,5903	0,5931	0,5959	0,5986	79	1,2722	1,2744	1,2766	1,2789	1,2811	1,2833
35	0,6014	0,6042	0,6070	0,6097	0,6125	0,6153	80	1,2856	1,2878	1,2900	1,2922	1,2947	1,2965
36	0,6180	0,6208	0,6236	0,6263	0,6291	0,6319	81	1,2989	1,3011	1,3033	1,3055	1,3077	1,3099
37	0,6346	0,6374	0,6401	0,6429	0,6456	0,6484	82	1,3121	1,3143	1,3165	1,3187	1,3209	1,3231
38	0,6511	0,6539	0,6566	0,6594	0,6621	0,6649	83	1,3252	1,3274	1,3296	1,3318	1,3339	1,3361
39	0,6676	0,6704	0,6731	0,6758	0,6786	0,6813	84	1,3383	1,3404	1,3426	1,3447	1,3469	1,3490
40	0,6840	0,6868	0,6895	0,6922	0,6950	0,6977	85	1,3512	1,3533	1,3555	1,3576	1,3597	1,3619
41	0,7004	0,7031	0,7059	0,7086	0,7113	0,7140	86	1,3640	1,3661	1,3682	1,3704	1,3725	1,3746
42	0,7167	0,7195	0,7222	0,7249	0,7276	0,7303	87	1,3767	1,3788	1,3809	1,3830	1,3851	1,3872
43	0,7330	0,7357	0,7384	0,7411	0,7438	0,7465	88	1,3893	1,3914	1,3935	1,3956	1,3977	1,3997
44	0,7492	0,7519	0,7546	0,7573	0,7600	0,7627	89	1,4018	1,4039	1,4060	1,4080	1,4101	1,4122

(La colonne D indique les degrés ; les autres colonnes indiquent les minutes.)

Table des cordes

POUR LA CONSTRUCTION DES ANGLES

D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′	D.	0′	10′	20′	30′	40′	50′
90	1,4142	1,4163	1,4183	1,4204	1,4224	1,4245	135	1,8478	1,8489	1,8500	1,8511	1,8522	1,8533
91	1,4265	1,4285	1,4306	1,4326	1,4348	1,4367	136	1,8544	1,8554	1,8565	1,8576	1,8587	1,8598
92	1,4387	1,4407	1,4427	1,4447	1,4467	1,4487	137	1,8608	1,8619	1,8630	1,8640	1,8651	1,8661
93	1,4507	1,4527	1,4547	1,4567	1,4587	1,4607	138	1,8672	1,8682	1,8692	1,8703	1,8713	1,8723
94	1,4627	1,4647	1,4667	1,4686	1,4706	1,4726	139	1,8733	1,8744	1,8754	1,8764	1,8774	1,8784
95	1,4745	1,4765	1,4785	1,4804	1,4824	1,4843	140	1,8794	1,8804	1,8814	1,8824	1,8833	1,8843
96	1,4863	1,4882	1,4902	1,4921	1,4940	1,4960	141	1,8853	1,8863	1,8872	1,8882	1,8891	1,8901
97	1,4980	1,4998	1,5018	1,5037	1,5056	1,5075	142	1,8910	1,8920	1,8929	1,8938	1,8948	1,8957
98	1,5094	1,5113	1,5132	1,5151	1,5170	1,5189	143	1,8966	1,8976	1,8985	1,8994	1,9003	1,9012
99	1,5208	1,5227	1,5246	1,5265	1,5283	1,5302	144	1,9021	1,9030	1,9039	1,9048	1,9057	1,9065
100	1,5321	1,5340	1,5358	1,5377	1,5395	1,5414	145	1,9074	1,9083	1,9091	1,9100	1,9109	1,9117
101	1,5432	1,5451	1,5470	1,5488	1,5506	1,5525	146	1,9126	1,9134	1,9143	1,9151	1,9160	1,9168
102	1,5543	1,5561	1,5579	1,5598	1,5616	1,5634	147	1,9176	1,9185	1,9193	1,9200	1,9209	1,9217
103	1,5652	1,5670	1,5688	1,5706	1,5724	1,5742	148	1,9225	1,9233	1,9241	1,9249	1,9257	1,9265
104	1,5760	1,5778	1,5796	1,5814	1,5832	1,5849	149	1,9273	1,9280	1,9288	1,9296	1,9303	1,9311
105	1,5367	1,5885	1,5902	1,5920	1,5938	1,5955	150	1,9318	1,9326	1,9334	1,9341	1,9348	1,9356
106	1,5973	1,5990	1,6007	1,6025	1,6042	1,6060	151	1,9363	1,9370	1,9377	1,9384	1,9391	1,9399
107	1,6077	1,6094	1,6112	1,6129	1,6146	1,6163	152	1,9406	1,9413	1,9420	1,9427	1,9434	1,9441
108	1,6180	1,6197	1,6214	1,6231	1,6248	1,6265	153	1,9447	1,9454	1,9461	1,9467	1,9474	1,9481
109	1,6282	1,6299	1,6316	1,6333	1,6350	1,6366	154	1,9487	1,9494	1,9500	1,9507	1,9513	1,9519
110	1,6383	1,6400	1,6416	1,6433	1,6449	1,6466	155	1,9526	1,9532	1,9538	1,9545	1,9551	1,9557
111	1,6482	1,6499	1,6515	1,6536	1,6548	1,6564	156	1,9563	1,9569	1,9575	1,9581	1,9587	1,9593
112	1,6581	1,6597	1,6613	1,6629	1,6645	1,6662	157	1,9598	1,9604	1,9610	1,9616	1,9621	1,9627
113	1,6678	1,6694	1,6710	1,6726	1,6742	1,6758	158	1,9632	1,9639	1,9644	1,9649	1,9654	1,9660
114	1,6773	1,6789	1,6805	1,6820	1,6836	1,6852	159	1,9665	1,9670	1,9676	1,9681	1,9686	1,9691
115	1,6868	1,6883	1,6899	1,6915	1,6930	1,6945	160	1,9696	1,9701	1,9706	1,9711	1,9716	1,9721
116	1,6961	1,6976	1,6991	1,7007	1,7022	1,7038	161	1,9726	1,9730	1,9735	1,9739	1,9744	1,9749
117	1,7053	1,7068	1,7083	1,7098	1,7113	1,7128	162	1,9754	1,9758	1,9763	1,9767	1,9772	1,9776
118	1,7143	1,7158	1,7173	1,7188	1,7203	1,7218	163	1,9780	1,9784	1,9789	1,9793	1,9797	1,9801
119	1,7233	1,7247	1,7262	1,7277	1,7281	1,7306	164	1,9805	1,9809	1,9813	1,9817	1,9821	1,9825
120	1,7320	1,7335	1,7350	1,7364	1,7378	1,7393	165	1,9829	1,9832	1,9836	1,9840	1,9844	1,9847
121	1,7407	1,7421	1,7436	1,7450	1,7464	1,7478	166	1,9851	1,9854	1,9858	1,9861	1,9865	1,9868
122	1,7492	1,7506	1,7520	1,7534	1,7548	1,7562	167	1,9871	1,9875	1,9878	1,9881	1,9884	1,9887
123	1,7576	1,7590	1,7604	1,7618	1,7632	1,7646	168	1,9890	1,9893	1,9896	1,9899	1,9902	1,9905
124	1,7659	1,7673	1,7686	1,7700	1,7713	1,7727	169	1,9908	1,9911	1,9913	1,9916	1,9919	1,9921
125	1,7740	1,7754	1,7767	1,7780	1,7794	1,7807	170	1,9924	1,9926	1,9929	1,9931	1,9934	1,9936
126	1,7820	1,7833	1,7846	1,7860	1,7873	1,7886	171	1,9938	1,9941	1,9943	1,9945	1,9947	1,9949
127	1,7899	1,7912	1,7924	1,7937	1,7950	1,7963	172	1,9951	1,9953	1,9955	1,9957	1,9959	1,9961
128	1,7976	1,7989	1,8001	1,8013	1,8026	1,8039	173	1,9963	1,9964	1,9966	1,9968	1,9969	1,9971
129	1,8052	1,8064	1,8077	1,8090	1,8102	1,8114	174	1,9973	1,9974	1,9975	1,9977	1,9978	1,9980
130	1,8126	1,8138	1,8151	1,8163	1,8175	1,8187	175	1,9981	1,9982	1,9983	1,9985	1,9986	1,9987
131	1,8199	1,8211	1,8223	1,8235	1,8247	1,8259	176	1,9988	1,9989	1,9990	1,9991	1,9992	1,9992
132	1,8271	1,8283	1,8294	1,8306	1,8318	1,8330	177	1,9993	1,9994	1,9994	1,9995	1,9996	1,9996
133	1,8341	1,8353	1,8364	1,8374	1,8387	1,8399	178	1,9997	1,9997	1,9998	1,9998	1,9999	1,9999
134	1,8410	1,8421	1,8433	1,8444	1,8455	1,8466	179	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999	1,9999
							180	2,0000					

(La colonne D indique les degrés; les autres colonnes indiquent les minutes.)

35 879. — Tours, impr. Mame.

EXTRAIT DU CATALOGUE

ARITHMÉTIQUE

ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

2e SÉRIE (Nouvelle)

ARITHMÉTIQUE — COURS ÉLÉMENTAIRE; in-18.
ARITHMÉTIQUE — COURS MOYEN; in-16.
ARITHMÉTIQUE — COURS SUPÉRIEUR; in-12.

1re SÉRIE (Ancienne)

PETITE ARITHMÉTIQUE, ou les quatre règles, in-18.
ABRÉGÉ D'ARITHMÉTIQUE DÉCIMALE, contenant les définitions, les règles de calcul, des exemples de calcul mental et le système métrique; in-18.
EXERCICES DE CALCUL sur les quatre opérations; in-18.
RECUEIL DE PROBLÈMES sur les quatre règles; in-18.
LES FRACTIONS ET LES PROBLÈMES résolus par l'unité; in-18.
PETIT SYSTÈME MÉTRIQUE, avec figures et problèmes; in-18.
NOUVEAU TRAITÉ D'ARITHMÉTIQUE et du système métrique, contenant plus de 2000 problèmes; in-12.
RECUEIL DE PROBLÈMES; in-12.

MATHÉMATIQUES

ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

ABRÉGÉ DU COURS DE GÉOMÉTRIE appliquée au dessin linéaire; in-18.
GÉOMÉTRIE — COURS ÉLÉMENTAIRE; in-12.
GÉOMÉTRIE — COURS MOYEN; in-12.
GÉOMÉTRIE — COURS SUPÉRIEUR; in-12.
MANUEL D'ARPENTAGE; in-12.
MANUEL D'ALGÈBRE ET DE TRIGONOMÉTRIE; in-12.

ENSEIGNEMENT PRIMAIRE SUPÉRIEUR
ET ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

ÉLÉMENTS D'ARITHMÉTIQUE; in-12.
ÉLÉMENTS D'ALGÈBRE; in-12.
ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE, contenant des notions sur les courbes usuelles et de nombreux exercices; in-12.
ÉLÉMENTS DE TRIGONOMÉTRIE RECTILIGNE; in-12.
ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE; in-12.
ÉLÉMENTS DE COSMOGRAPHIE; in-12.
ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE; in-12.
TABLES DE LOGARITHMES à cinq décimales; in-12.
COURS D'ALGÈBRE ÉLÉMENTAIRE (Programmes de 1902); in-8°.
COURS DE GÉOMÉTRIE ÉLÉMENTAIRE (Programmes de 1902); in-8°.

Tours. — Impr. Mame.