

La tachéométrie, par J. PONNO, officier supérieur du Génie italien (1858).

Cours de topographie, par A. LENOIRE, chef de bataillon du Génie, professeur de topographie (1880).

Traité de lever des plans et nivellement (1889) :

Opérations sur le terrain, par Ch.-L. DURAND-CLAYE, inspecteur général des Ponts et Chaussées, professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Nivellement de haute précision, par Ch. LALLEMAND, ingénieur en chef au corps des Mines, secrétaire du Comité du Nivellement général de la France.

Études sur les levers topométriques, par GOULIER, colonel du Génie en retraite (1892).

Traité de topographie, par A. PELLETAN, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale des Mines (1893).

Cours d'astronomie de l'École polytechnique, par H. FAYE, membre de l'Institut.

Notices accompagnant les Tables trigonométriques centésimales, par J.-L. SANGUET, ingénieur-géomètre, président de la Société de topographie parcellaire de France.

Cours de physique, par PICHOT et LECHAT.

Traité de physique, par Ch. DRON et E. FERNET.

Cours de Topographie de l'École d'application de l'Artillerie et du Génie.

(Voir, à la fin de l'ouvrage, le programme complet de la Bibliothèque du Conducteur.)

Les abaques hexagonaux par Ch. Lallemand 1.250 fr.
(C. L. Lallemand, éd. C. L. Lallemand, Paris 1886)

Traité de nomographie (théorie des abaques, applications pratiques) par M. J. Octave Fret P.C. (1899)

TOPOGRAPHIE

PAR

EUGÈNE PRÉVOT

CONDUCTEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES
CHEF DU BUREAU DU NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE
SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ DE TOPOGRAPHIE PARCELLAIRE DE FRANCE
OFFICIER D'ACADÉMIE

SUIVI D'UN APPENDICE RELATIF A

LA TOPOGRAPHIE EXPÉDIÉE

PAR

O. ROUX

CONDUCTEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES, OFFICIER D'ACADÉMIE

LIVRE I^{er}. — INSTRUMENTS

DESCRIPTION. — MANŒUVRE. — VÉRIFICATION
RÉGLAGE ET PRÉCISION

PARIS

V^{ve} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES CHEMINS DE FER

49, Quai des Grands-Augustins, 49

1898

Elle est formée de deux prismes ayant la section représentée par la figure 244. Les deux faces qui se coupent à 45° sont étamées, ce qui facilite beaucoup la réflexion. Ces prismes sont superposés, et leurs faces cd et $c'd'$ sont placées dans le même plan.

La boîte métallique qui contient les deux prismes est per-

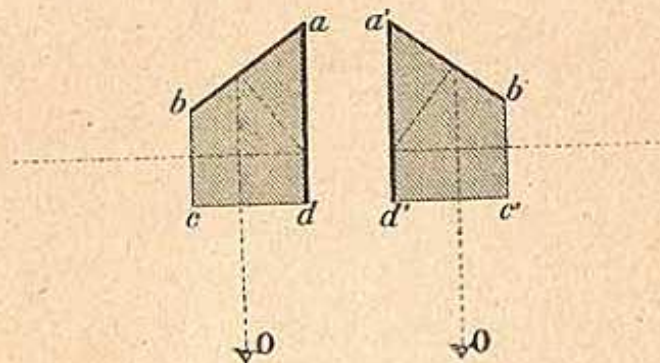


FIG. 244.

cée de fenêtres sur ses faces latérales et de trois trous de visée, ou œilletons, sur la face principale, parallèle au plan des faces cd et $c'd'$ des prismes. Ces trois œilletons sont, comme l'indique la figure 245, à la hauteur des lits des prismes.

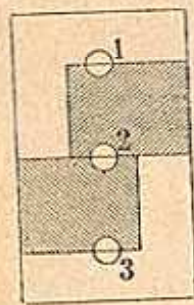


FIG. 245.

Si l'on veut se placer sur un alignement, il faut donc tenir l'équerre verticale, viser par l'œilleton n° 2 et se déplacer jusqu'à ce que l'on aperçoive à la fois dans les deux prismes et sur la même verticale les deux objets qui déterminent l'alignement.

Si l'on veut chercher le sommet d'un angle droit, on se sert de l'un des deux œilletons numérotés 1 et 3. On se déplace jusqu'à ce que l'on ait amené sur la même verticale l'un des buts vu directement par-dessus ou par-dessous le prisme, selon l'œilleton employé, et l'autre but vu au travers du prisme.

392. Équerre improvisée. — Pour fabriquer soi-même une équerre, il suffit de se procurer six épingles et un bout de

planche mince, tel le couvercle d'une boîte à cigares, ou, à défaut, un carton, le plat d'un livre par exemple, que l'on cloue sur l'extrémité d'un bâton de $1^m,50$ environ de longueur appointé à l'autre bout.

On pique sur la planchette les épingles disposées comme l'indique la figure 246, de telle sorte que l'on ait :

$$AB = AC = AD = BD$$

et

$$EF = CE = DE.$$

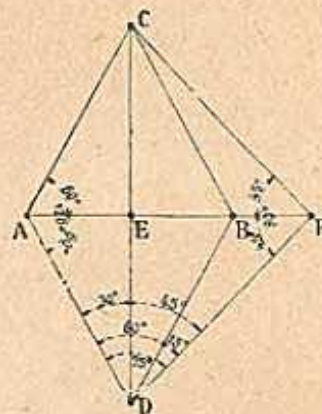


FIG. 246.

On peut avec cet instrument tracer des angles approximatifs de 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° et 120° , ou se servir d'eux comme termes de comparaison pour évaluer des angles quelconques à l'estime.

§ 5. — ÉCLIMÈTRES

393. Règle à éclimètre. — La règle à éclimètre du colonel du Génie Goulier réunit en elle plusieurs instruments.

Elle est à la fois un éclimètre à lunette mesurant les angles de pente, un stadimètre et une alidade.

Elle s'emploie avec la planchette déclinée.

C'est un instrument qui, bien manié, est susceptible de résultats d'une assez grande précision. Son emploi est très général, malgré qu'il présente le grand inconvénient d'exiger la réduction des distances à l'horizon. On peut s'en servir pour toute espèce de levés, jusques et y compris les levés chorographiques, les levés de régions non parcourables en pays de montagne.

La règle à éclimètre (fig. 247) se compose d'une règle à calcul biseautée, dont la réglette porte l'éclimètre à une de ses extrémités et un petit niveau sphérique à l'autre.

L'un des biseaux est divisé au $1/5.000$, l'autre au $1/10.000$. Sur ces biseaux sont, en outre, gravées des échelles des cotangentes pour les équidistances graphiques de 1 millimètre, 2 millimètres et $0^{\text{mm}},4$.

L'éclimètre comprend une lunette coudée solidaire d'un tambour mobile dit tambour-alidade, calé sur l'axe d'un tam-

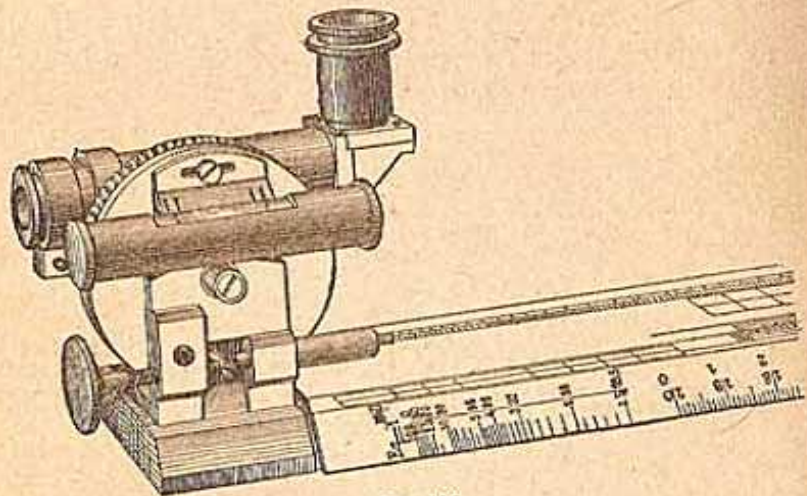


Fig. 247.

bour fixe appelé tambour-limbe, qui porte une nivelle que l'on peut régler au moyen d'une vis de rappel.

La lunette (fig. 248) est formée d'un oculaire positif Oc_1, Oc_2 , du genre des oculaires orthoscopiques de Carl Kellner, se

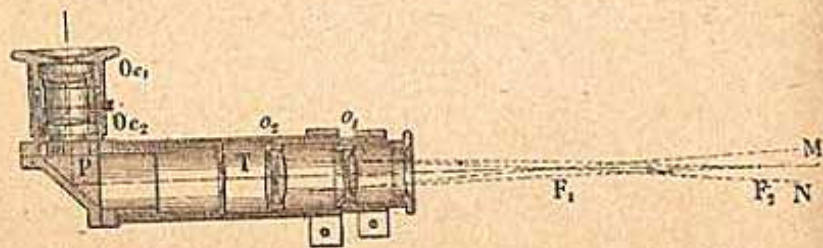


Fig. 248.

mouvant à frottement doux dans le tube de la lunette; d'un verre m à faces parallèles sur la face inférieure duquel sont photographiées diverses divisions micrométriques dont il

sera parlé plus loin; d'un objectif double composé de deux objectifs O_1, O_2 , individuellement achromatiques et non collés, dont l'écartement détermine l'angle micrométrique; d'un prisme isocèle rectangle dont la face hypothénuse est étamée. Le tube de l'objectif O_1 peut se mouvoir à frottement dur dans le tube de l'objectif O_2 , et celui-ci dans le tube T de la lunette.

F_1 étant ainsi le foyer conjugué par rapport à F_2 , pour régler l'angle micrométrique MF_1N d'après une division micrométrique donnée, il suffit de raccourcir ou d'allonger la distance qui sépare les deux objectifs, en faisant mouvoir le tube de O_1 dans celui de O_2 . Il est bon de laisser au constructeur le soin d'opérer ce réglage et de lui renvoyer l'instrument, quand, à la suite d'un accident, on pense qu'il doit être recommencé.

En variant la distance de l'objectif à la photographie micrométrique, on règle la mise au point.

Ce réglage se fait en visant un objet placé à 80 ou 100 mètres et en déplaçant le tube-objectif jusqu'à ce que l'image de l'objet soit vue, dans le plan du micromètre, nettement et sans parallaxe. Une fois ce réglage effectué, la mise au point proprement dite ne consiste plus qu'à enfoncer ou à sortir le tube oculaire de la lunette en le tournant entre les doigts, afin de lire nettement les divisions micrométriques.

Le tambour-alidade est pourvu de dents qui s'appliquent dans des entailles du tambour-limbe, et qui correspondent à une division de 5 en 5 grades inscrite sur la tranche. Si donc on incline la lunette à laquelle il est lié, le tambour-alidade marquera la pente en regard de l'index du tambour fixe, par un nombre de grades qui sera un multiple de 5.

Le complément de l'angle exact de la pente de la lunette est lu à l'intérieur de celle-ci sur l'une des échelles de la plaque micrométrique. On peut presque dire que cette échelle constitue le vernier de l'appareil.

L'accessoire indispensable de la règle à éclimètre est le jalon-mire de $2^{\text{m}},40$ de longueur, muni de deux voyants rectangulaires fixes, dont les lignes de foi sont espacées de 2 mètres exactement, et d'un voyant en losange, mobile. Ce

jalon-mire (fig. 249) a l'un de ses bouts façonnés en talon, de manière à pouvoir être utilisé comme une mire ordinaire; l'autre bout est appointé pour qu'on puisse planter le jalon en terre. Le voyant mobile possède un viseur à travers lequel le porte-mire regarde l'instrument, afin de placer le jalon dans une direction perpendiculaire au rayon visuel de l'opérateur.

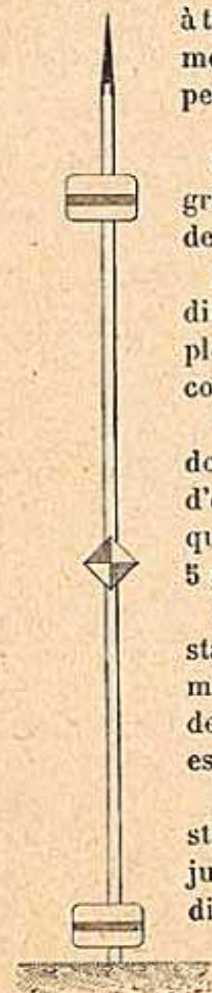


Fig. 249.

avec le trait marqué ∞ . On fait la lecture sur la ligne de foi de l'autre voyant. La figure 251 représente la mire placée à 72^m,50 de la station.

Si l'on veut mesurer des distances inférieures à 40 mètres, on peut encore se servir de l'échelle; mais alors il ne faut plus faire la lecture sur l'échelle stadimétrique. Il faut

394. La figure 250 donne la reproduction des graduations que l'on aperçoit dans la lunette de l'éclimètre.

Le trait vertical central sert au pointé en direction, quand la règle à éclimètre est employée comme alidade, le biseau étant appuyé contre l'épingle qui marque la station.

L'échelle à gauche, marquée « Grades » donne les dix minutes centésimales et permet d'estimer la minute. C'est sur cette échelle qu'on lit le complément des angles de 5 en 5 grades marqués sur le tambour-alidade.

Les deux autres échelles sont des échelles stadimétriques sur lesquelles se projette la mire. On se sert indifféremment de l'une ou de l'autre de ces échelles, suivant que le jalon est tenu verticalement ou horizontalement.

Pour mesurer les distances avec l'échelle stadimétrique horizontale, on incline la lunette jusqu'à ce que la mire soit couverte par les divisions. A défaut de vis de rappel, on rend le pointé précis en déplaçant insensiblement la lunette par de petits chocs qu'on lui donne avec l'ongle ou le crayon, jusqu'à ce que la ligne de foi d'un voyant coïncide

apprécier la longueur sur le jalon-mire. Cela ne présente aucun inconvénient, puisque l'opérateur et l'aide sont à portée de la voix; mais on est obligé d'avoir un aide sachant lire sur la mire.

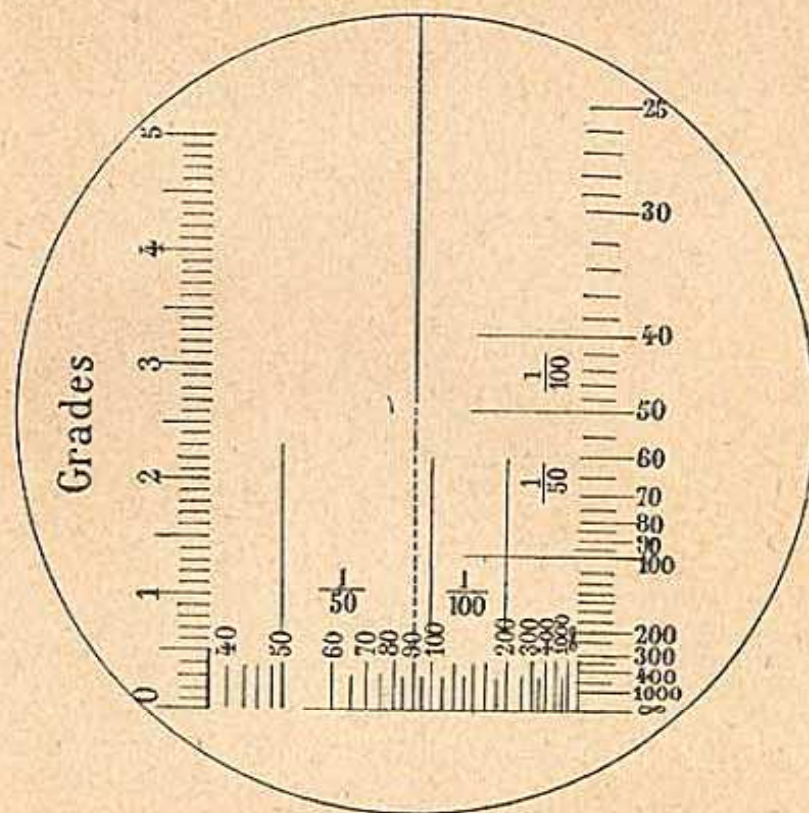


Fig. 250.

On choisit donc un trait dans l'un des groupes marqués $\frac{1}{50}$ ou $\frac{1}{100}$ et on le pointe sur le voyant fixe, puis on signale à l'aide de déplacer le voyant mobile (le voyant en losange) jusqu'à ce que sa ligne de foi coïncide avec un autre trait de la même échelle. La longueur lue sur la mire entre les deux voyants est le $\frac{1}{50}$ ou le $\frac{1}{100}$ de la longueur cherchée, selon l'échelle que l'on aura choisie.

Avec l'échelle verticale on peut lire dans la lunette à partir de 25 mètres. Pour s'en servir, on désorienté un peu

l'instrument de manière à placer l'échelle sur le jalon-mire, et on incline la lunette jusqu'à ce que la coïncidence de la ligne de foi d'un voyant rectangulaire et du trait ∞ soit établie (fig. 252).

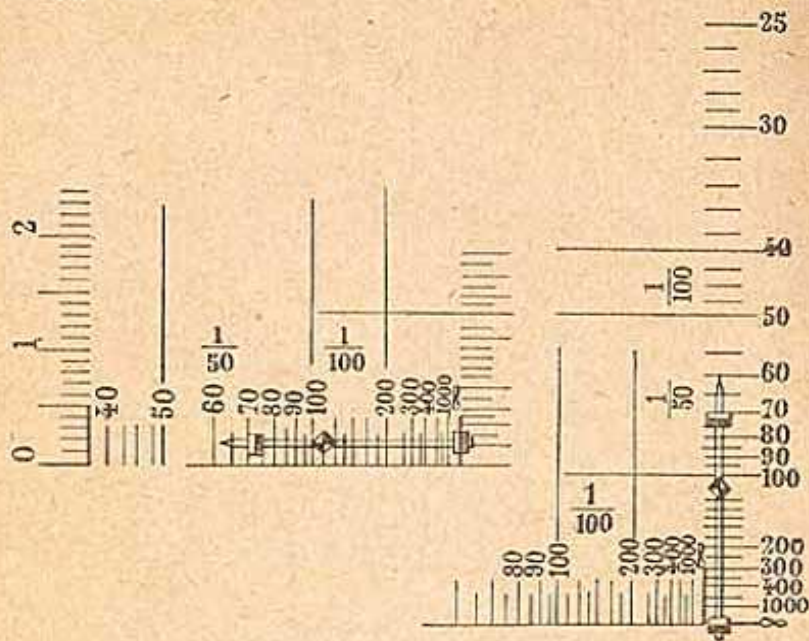


Fig. 251.

Fig. 252.

Au-dessous de 25 mètres, la distance est donnée par le jalon-mire avec les groupes $\frac{1}{50}$ ou $\frac{1}{100}$ de l'échelle verticale.

Pour mesurer les pentes, on commence, à chaque station, par placer le voyant mobile du jalon-mire à la hauteur de l'axe de l'éclimètre, afin que la ligne de visée soit parallèle à la ligne du terrain; puis on fait porter le jalon au point caractéristique que l'on veut relever.

On se place à gauche de l'éclimètre, on amène la bulle entre ses repères au moyen de la vis de rappel; puis, mettant l'œil à l'oculaire, on place l'échelle en grades sur l'image de la mire, on lit sur la ligne de foi du voyant en losange le complément de l'angle que marque le tambour-alidade; puis on se reporte à ce tambour pour connaître le nombre de grades multiples de 5, que comprend l'angle de

la pente, et que l'on doit ajouter à la lecture sur l'échelle.

En supposant que le tambour-alidade accuse 15 grades, la mire, vue comme l'indique la figure 253, marquerait un angle de $2^{\circ},18 + 15^{\circ},0 = 17^{\circ},18$.

Les pentes ascendantes sont données par leur angle zénithal, les pentes descendantes par leur angle nadiral, c'est-à-dire par le complément à 100 grades du premier, afin d'éviter l'emploi des + et des -.

Le signe de la pente est toujours celui de la visée directe, quand on opère par visées directe et inverse.

Le réglage de l'éclimètre comporte, indépendamment de celui de la lunette, dont il a été question ci-dessus, la réalisation du parallélisme de la nivelle et de la visée que donne la lunette quand le zéro du tambour-alidade est en face de l'index du limbe, puis du parallélisme entre la nivelle et le dessous de la règle.

Pour déterminer l'horizontale qui passe par le centre de rotation de la lunette et des tambours, on opère par visées réciproques.

Rappelons ce procédé en quelques mots.

Sur un terrain sensiblement horizontal, on plante deux piquets à 140 ou 150 mètres d'intervalle. On stationne sur le piquet 1 en envoyant le jalon-mire sur le piquet 2, et l'on en fait mouvoir le voyant mobile jusqu'à ce que la ligne de foi coïncide avec le zéro de l'échelle en grades, la bulle étant exactement entre ses repères et le tambour-alidade marquant zéro.

On se transporte ensuite au piquet 2, où l'on place la planchette à la même hauteur qu'au piquet 1, hauteur que

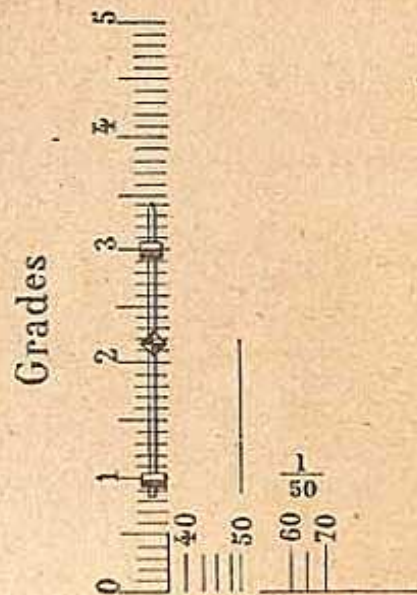


Fig. 253.

l'on a précédemment mesurée, et l'on fait dans les mêmes conditions une visée sur le ja'l'on-mire placé sur le piquet 1.

La visée horizontale correspondra à la hauteur de l'éclimètre au-dessus du piquet augmentée de la moitié de la différence des hauteurs lues sur la mire. On place donc le voyant à cette hauteur, on envoie la mire sur le piquet où l'on ne stationne pas et on met le zéro de l'échelle en coïncidence avec la ligne de foi du voyant en agissant sur la vis de rappel. Pour terminer, on desserre légèrement la vis de la plaque qui porte la bulle, on déplace cette plaque jusqu'à ce que la bulle soit au centre de la fiole, et on resserre fortement la vis.

Quant au parallélisme entre la nivelle et le dessous de la règle, on l'obtient de la manière suivante :

Tout d'abord, rendre la planchette sensiblement horizontale, puis y poser la règle, dans un sens quelconque, mais tel que la bulle soit à peu près au centre de la nivelle quand le renfort qui maintient le ressort antagoniste est à sa bonne place. Tracer sur la planchette cette position de la règle.

Cela fait, marquer par un trait a le milieu du renfort. Faire au dessous, au crayon, sur le bâti, un trait b en prolongement du trait a . Retourner la règle bout pour bout en la replaçant bien au même endroit de la planchette. Ramener la bulle entre ses repères au moyen de la vis de rappel de la lunette et marquer à côté de b un autre trait c correspondant à la nouvelle position du milieu a du renfort. Il ne reste plus qu'à prendre la moitié de la distance qui sépare ces deux traits et d'y graver l'index définitif avec lequel doit coïncider le trait axial du renfort. Le plus souvent ce trait est gravé par le constructeur. Il est bon, néanmoins, que l'on puisse le vérifier.

Quand la visée, faite lorsque le limbe-alidade marque zéro, n'est pas absolument horizontale, il se produit une erreur de collimation que l'on peut négliger si l'on opère par cheminement avec visées directe et inverse, et si la différence entre 100 grades et la somme des lectures qui devraient donner 100 grades exactement ne dépasse pas dix minutes. Comme cette différence est le double de l'erreur de collimation, on

se borne à diminuer chaque lecture de la moitié de la différence constatée.

Mais, si l'on n'opère pas par visées directe et inverse, ou si l'on procède par relèvement ou par intersection, on devra établir la moyenne des discordances constatées sur les divers côtés, dont la moitié, prise avec un signe contraire, donnera la *correction moyenne constante* qui devrait être ajoutée algébriquement, pour les compenser, à toutes les lectures faites avec un tel éclimètre.

D'une manière générale, si l'on désigne par A la visée directe, par R la visée inverse, et par c l'erreur de collimation, on doit toujours avoir l'une des valeurs :

$$A + R = 2c = 2c + 100^{\circ} = 2c + 200^{\circ}.$$

La règle à éclimètre donnant les longueurs suivant les pentes, la différence de niveau est égale à la longueur multipliée par le sinus de l'angle de pente. Si cette longueur avait été réduite à l'horizon, la différence de niveau serait égale à la longueur réduite multipliée par la tangente du même angle.

Ces calculs se font avec la règle à laquelle est fixé l'éclimètre.

395. Pour éviter de les effectuer sur le terrain, et borner les opérations à une construction graphique, le colonel Goulier a fait construire une échelle de réduction et une échelle de projection qui prennent place dans la boîte de l'appareil.

Voici comment se justifie la première de ces échelles :

On sait que, P étant une longueur chaînée suivant la pente, et φ l'angle de pente, la longueur réduite à l'horizon L est donnée par :

$$L = \cos \varphi.$$

Dessignons en AB l'échelle du plan (*fig. 254*), traçons un arc de cercle tangent à AB en son milieu, avec un rayon CD égal à $3/2$ de AB , afin que les rayons CA et CB coupent les lignes qui vont constituer l'échelle sous un angle peu prononcé ; puis marquons, à partir de DC , un angle ω qui détermine l'arc DK .

On a :

$$CE = CK \cos \omega;$$

mais :

$$CK = CD,$$

d'où :

$$CE = CD \cos \omega;$$

or :

$$\frac{ab}{AB} = \frac{CE}{CD}.$$

On a donc :

$$\frac{ab}{AB} = \frac{CD \cos \omega}{CD} = \cos \omega,$$

d'une manière générale $\frac{mn}{MN} = \cos \varphi$

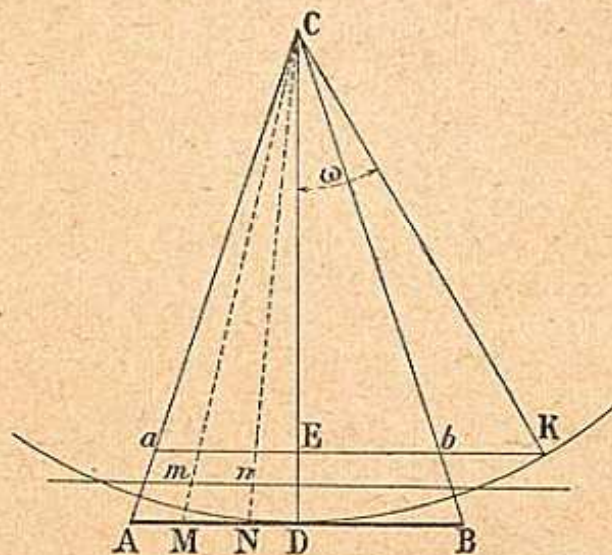


FIG. 254.

Donc, toute longueur mn prise sur une parallèle à AB correspondant à un angle donné φ sera, à l'échelle du dessin, la longueur réduite à l'horizon de la longueur MN chaînée suivant la pente lue sur l'échelle AB .

La figure 255 représente l'échelle de réduction à l'horizon.

396. Quant à l'échelle de projection (fig. 256), on la construit, au début, comme l'échelle de réduction; mais on divise en

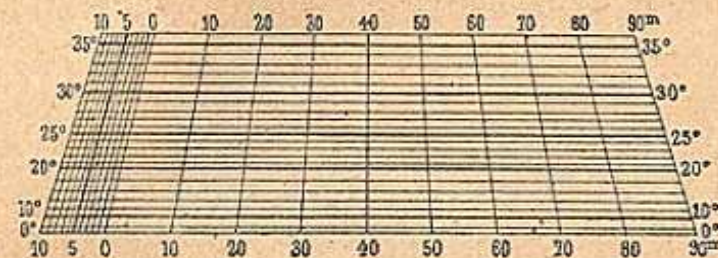


FIG. 255.

doubles grades, à partir de D , l'arc tangent à AB qui est tracé avec O , milieu de CD , comme centre. Par ces points on mène des parallèles à AB que l'on désigne par un nombre de grades moitié du nombre de grades de l'arc correspondant, et l'on joint au point C les divisions de l'échelle AB .

On a :

$$\frac{ab}{AB} = \frac{CE}{CD}.$$

Si l'on fait :

$$CD = 2R,$$

il vient :

$$CE = R + R \cos^2 \omega,$$

$$\text{et } \frac{ab}{AB} = \frac{R + R \cos^2 \omega}{2R},$$

d'où :

$$ab = AB \frac{1 + \cos^2 \omega}{2} = AB \cos^2 \omega,$$

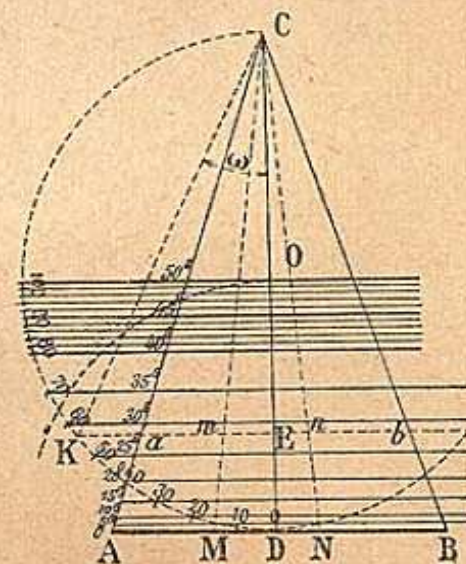


FIG. 256.

et, d'une manière générale,

$$mn = MN \cos^2 \varphi.$$

On emploie cette échelle exactement comme l'échelle de réduction.

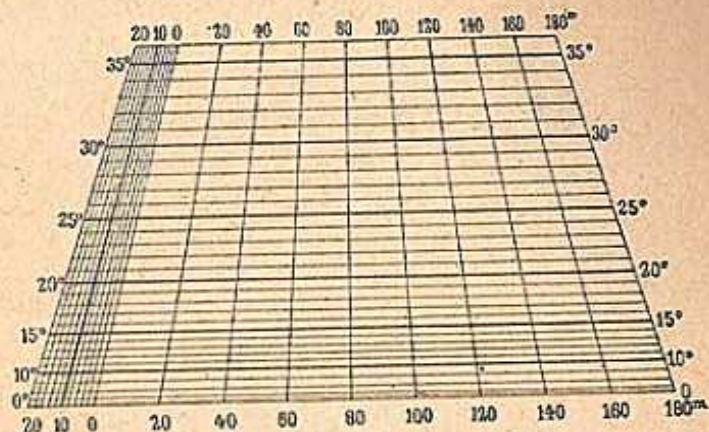


FIG. 257.

Ces deux échelles peuvent se réunir en une seule, que représente la figure 257.

Leur emploi ne va pas sans présenter quelques difficultés. Le pointé de la branche du compas sur la division que l'on doit en même temps interpoler à vue est rendu peu aisé par l'inclinaison des lignes. Aussi le colonel Goulier a-t-il proposé de substituer aux échelles ci-dessus des échelles à points de convergence multiples.

Dans le second volume de cet ouvrage nous aurons l'occasion de revenir sur cette question; nous donnerons alors ces nouvelles échelles.

§ 6. — CLISIMÈTRES

397. Alidade nivelatrice. — En tête des clisimètres doit prendre place l'alidade nivelatrice (fig. 258).

Elle est composée d'une règle de buis de 0^m,20 ou 0^m,25 de

longueur, biseautée, aux extrémités de laquelle sont fixées, d'une part, une pinnule à trois œillets, d'autre part, une pinnule-fenêtre graduée. Au milieu de la règle est enchâssée une nivelle, et deux excentriques de calage sont disposées près les extrémités.

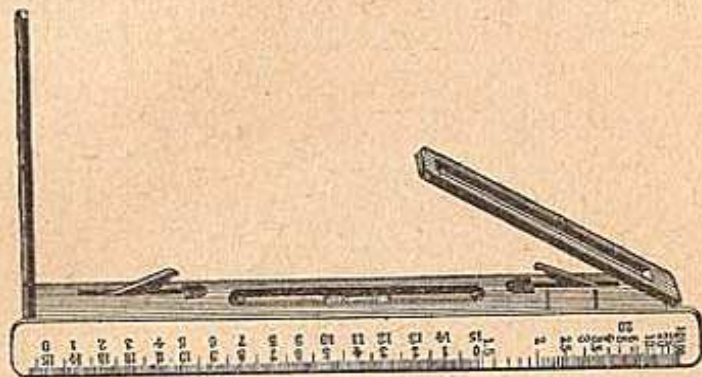


FIG. 258.

Sur le biseau sont gravées deux échelles : une échelle en millimètres et une échelle des cotangentes qui correspond aux pentes exprimées en divisions de l'alidade. Cette graduation se lit à partir d'un trait marqué ∞ , et elle permet de calculer, d'après l'échelle du plan, l'écartement des courbes pour l'équidistance graphique 1 millimètre.

Dans l'axe de la pinnule-fenêtre est tendu un crin de visée. Les côtés de cette fenêtre sont divisés en centièmes de la longueur qui sépare les pinnules; à droite, la graduation est ascendante; à gauche, elle est descendante. La différence de niveau entre le point visé et l'alidade est donc égale à la distance horizontale qui les sépare, multipliée par le nombre de divisions lu sur l'échelle et divisé par 100. On lui donne le signe + ou le signe - selon le sens de la déclivité.

Les alidades nivelatrices ne donnent généralement cette graduation que jusqu'à 40, c'est-à-dire ne permettent de mesurer que les déclivités inférieures à 0^m,40 par mètre. On construit des alidades à coulisse (fig. 259), avec lesquelles on peut relever les pentes ayant jusqu'à 0^m,70 par mètre. La