

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

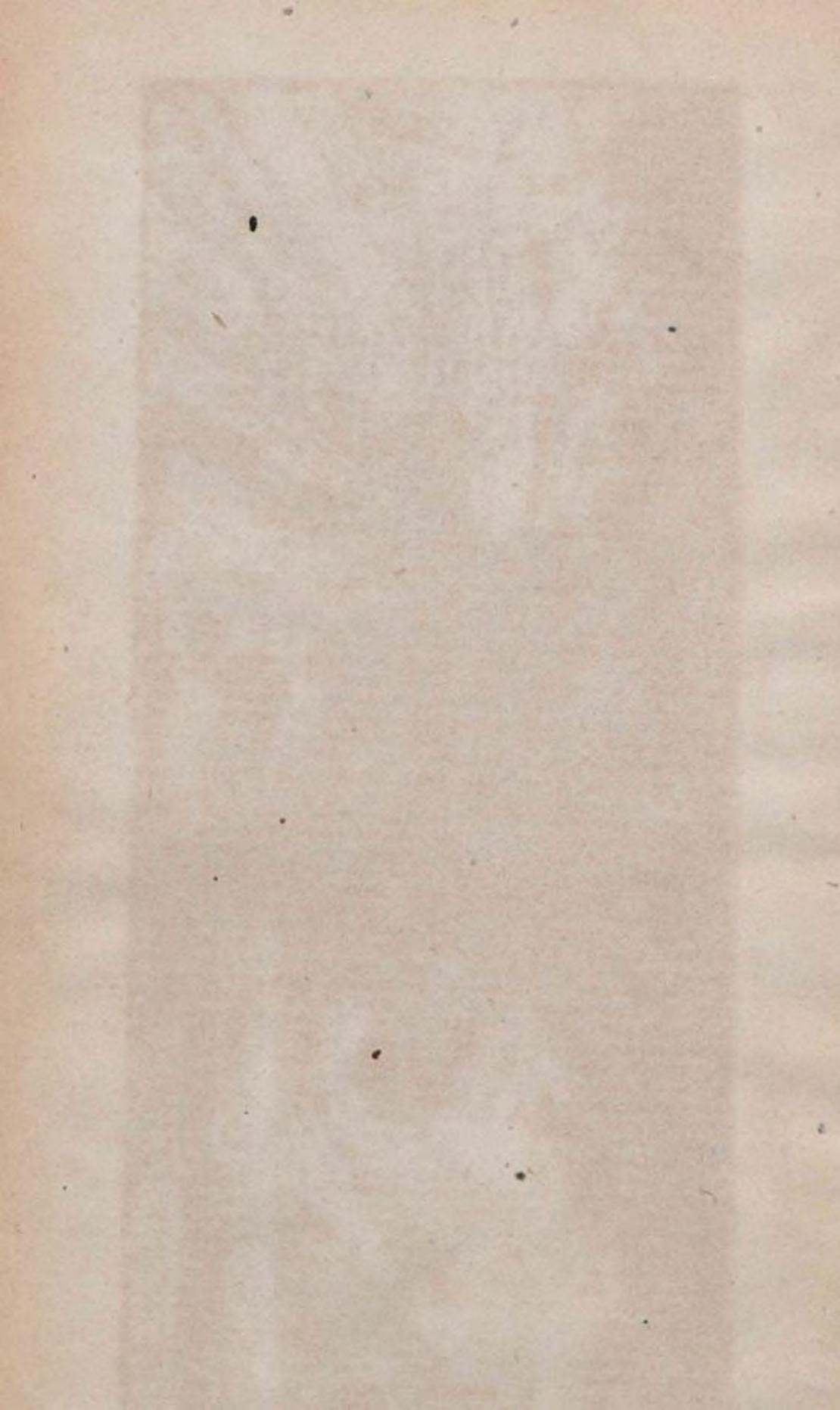
6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	France. Direction centrale du génie
Auteur(s) secondaire(s)	Exposition internationale (1878 ; Paris)
Titre	Notices sur les objets exposés par le Dépôt des fortifications dans la classe XV, Instruments de précision et dans la classe XVI, Géographie
Adresse	Paris : Imprimerie de A. Quantin et Cie ancienne maison J. Claye, 1878
Collation	1 vol. (64 p.) ; 22 cm
Nombre de vues	70
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 229
Sujet(s)	Dessin -- Matériel -- 19e siècle Appareils de levage -- 19e siècle Fortifications -- France -- 19e siècle Matériel militaire -- 19e siècle
Thématique(s)	Construction Expositions universelles
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/12/2017
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/025714694">https://www.sudoc.fr/025714694</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE229">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE229</a>







EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, A PARIS  
SECTION FRANÇAISE

---

MINISTÈRE DE LA GUERRE  
SERVICE DU GÉNIE

---

NOTICES

SUR LES OBJETS EXPOSÉS

PAR LE

DÉPÔT DES FORTIFICATIONS



9ao 1.V. in 8° 102

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, A PARIS  
SECTION FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA GUERRE  
SERVICE DU GÉNIE

8° 342

8° 9ao 229

## NOTICES

SUR LES OBJETS EXPOSÉS

PAR LE

# DÉPÔT DES FORTIFICATIONS

DANS LA

CLASSE XV. — INSTRUMENTS DE PRÉCISION

ET DANS LA

CLASSE XVI. — GÉOGRAPHIE

— 900 —



PARIS

IMPRIMERIE DE A. QUANTIN ET C<sup>IE</sup>

ANCIENNE MAISON J. CLAYE

RUE SAINT-BENOÎT

1878

CNAM. BIBLIOTHEQUE CENTRALE



1 7501 00211673 7



# TABLE DES MATIÈRES

## AVANT-PROPOS. Pages.

La topographie en France et le corps du génie.....	7
--	---

## EXPOSITION DANS LA CLASSE XV (INSTRUMENTS DE PRÉCISION).

### I. — Instruments pour les leviers à grandes échelles.

Nos des articles.

1	Règles à pieds du commandant Clerc.....	13
2, 3	Équerres à prismes.....	14
4, 5, 6	Planchette à calotte sphérique, alidade à lunette et déclinatoire.....	15
7, 8, 9	Boussole à viseur, boussole nivelaire du génie et sa stadia.....	16
10, 11, 12	Tachéomètre du génie, son euthymètre et ses pieds à mouvement de translation.....	19
13, 14	Nécessaire du topographe; règle à calculs du topographe.....	22
15, 16	Echelles de projection et de réduction à l'horizon.....	23
17, 18	Boussole nivelaire à lunette autoréductrice, et son stadiomètre .....	23
19, 20	Homolographe simple et homolographe à anneau.....	25
21	Niveau à collimateur.....	27
22	Niveau à lunette et à fiole indépendante.....	27
23	Mire à coulisse.....	28
24, 25, 26, 27	Mires parlantes diverses.....	29
28	Mire parlante sur laquelle on lit directement les altitudes.....	31

### II. — Instruments pour les leviers à petites échelles.

29, 30, 31, 32	Planchette légère, alidades nivelarices et petit déclinatoire.....	31
33	Alidade nivelarice à curseurs.....	33
34, 35	Règle à éclinomètre, et son jalon-mire à double voyant.....	33

### III. — Instruments de reconnaissance.

36	Appareil dit boussole de batterie.....	35
37	Boussole Burnier.....	36
38	Théodolite pour voyageur.....	36
39	Périscope instantané.....	37
40, 41	Niveau-lyre, et clismètre à collimateur.....	38

N <sup>o</sup> s des articles.		Pages.
42	Boussole et clisimètre de canne.....	39
43, 44	Clisimètre simple ou associé à la boussole Hossard.....	39
45, 46, 47, 48	Baromètres orométriques et altimétriques.....	40
49, 50	Jumelles-lorgnon pour officier monté.....	40
51	Longue-vue stadiométrique.....	41
52	Chambre claire pour la longue-vue stadiométrique.....	41
53, 54	Boussoles-breloques à bride ou à pince.....	42

#### IV. — Instruments divers.

55	Horizon artificiel niveau.....	42
56	Télomètre à prismes.....	43
57, 58	Chambres claires, ordinaire et mégaloptique, à planchette inclinée.....	44

#### V. — Instruments de dessin.

59	Rapporteur à double parallélogramme.....	47
60	Tire-ligne à pointiller.....	47
61	Compas pour cercles à grands rayons.....	48
62, 63, 65, 65	Équerres cyclographiques, et pistolets élastiques.....	48
	Note sur la chiffrage des divisions.....	49

### EXPOSITION DANS LA CLASSE XVI (GÉOGRAPHIE).

#### I. — Travaux de la brigade topographique du génie militaire.

1, 2, 3	Minutes de leviers au 1000 <sup>e</sup> , au 2000 <sup>e</sup> et au 10 000 <sup>e</sup> .....	51
4	Rédaction des leviers au 10 000 <sup>e</sup> .....	53
5, 6	Reproduction du 10 000 <sup>e</sup> et sa réduction au 20 000 <sup>e</sup> par la photozincographie .....	53

#### II. — Carte de France au 500 000<sup>e</sup> pour le service du génie militaire.

7 à 16	Carte assemblée, et spécimens divers du mode d'exécution et des feuilles imprimées dans les différents types.....	54
17	Carte hypsométrique de la France, à 1:500 000.....	56

#### III. — Travaux divers de topographie et de dessin topographique.

18	Carte murale, au 5000 <sup>e</sup> , du golfe de la Spezzia.....	56
19	Carte, au 20 000 <sup>e</sup> , des positions entre la Vésubie et la Roya.....	57
18 à 21	Spécimens divers de cartes topographiques à lumière oblique .....	57

#### IV — Reliefs de diverses sortes.

22 à 25	Plans-reliefs d'ouvrages de fortification.....	62
26, 27	Plans-reliefs de terrain. Échelle 1:10 000.....	63
28	Plan-relief d'un stand. Échelle 1:200.....	64

## NOTICES

### SUR LES OBJETS EXPOSÉS

PAR LE

# DÉPÔT DES FORTIFICATIONS

## AVANT-PROPOS

En organisant les ingénieurs militaires, desquels dérive le corps du génie, et en leur faisant exécuter les plans des 500 places fortes qu'il a créées ou améliorées, Vauban a jeté les bases de la topographie française. Cet art s'est perfectionné ensuite par les efforts tant des ingénieurs géographes, qui se sont occupés surtout des cartes aux petites échelles, que des ingénieurs militaires ou des officiers du génie, à qui l'on doit les principales méthodes pour les levés de précision aux grandes échelles.

C'est sous la direction de deux des leurs, Bourcet et d'Arçon, que les ingénieurs militaires levèrent, dans le siècle dernier, à l'échelle du 14 400<sup>e</sup>, tous les massifs montagneux de notre frontière orientale, depuis Nice jusqu'à Landau.

C'est à l'école du génie de Mézières que l'on perfectionna l'exécution des plans de détail, en y appliquant le même esprit de rigueur géométrique que Monge avait introduit, dans cette école, pour les épures de la géométrie descriptive.

C'est un ingénieur militaire, Millet de Mureau, qui, en 1748, proposa l'emploi des cotes de niveau, et c'est un autre ingénieur

militaire, de la Rochepiquet, qui, en 1761, en fit la première application pour définir sur les plans le relief du terrain (1).

Ce sont deux autres ingénieurs militaires, du Buat et Meusnier, qui créèrent la méthode géométrique des plans cotés, dont le génie fait de si fréquentes et si utiles applications dans la rédaction de ses projets. En effet, du Buat, en 1768, imagina de résoudre les questions de relief et de défillement en représentant les plans par leurs échelles de pente et par leurs horizontales, et Meusnier, en 1777, donna pour le défillement une méthode géométrique, qui suppose la forme du terrain définie par des sections horizontales, comme Ducarla le proposait dès 1771 (2).

Enfin c'est encore un ingénieur, le chef de bataillon du génie Haxo qui, dans ses projets de 1801 pour Rocca d'Anfo, fit la première *application régulière* des sections horizontales, à l'échelle de 500<sup>e</sup> et sur une superficie de quinze hectares (3).

(1) Augoyat: *Aperçu historique sur les fortifications et les ingénieurs*. Tome II, pages 439 et 542.

(2) Même volume, pages 567 à 569. — On sait que, dès 1729, l'arpenteur hollandais Cruquins avait défini le lit de la Merwede par des courbes *d'égales sondes*. Il avait donc devancé Philippe Buache, qui a appliqué la même idée à la représentation du fond de la Manche, seulement en 1737, et ne l'a publiée que dans les mémoires de l'Académie de 1752. Dans les mêmes mémoires, pour 1753, Buache dit qu'il voulait tracer, sur un globe en relief auquel il travaillait, des courbes de niveau montrant les hauteurs des terres. Mais on ne trouve, ni dans ce mémoire ni dans celui de 1752, rien qui fasse supposer que l'auteur ait songé à l'application de ces courbes à la *définition des formes du sol*. C'est Ducarla qui, dans un mémoire présenté en 1771 à l'Académie des sciences et édité en 1782 par Dupain-Triel, proposa expressément cet usage des courbes horizontales. L'éditeur de Ducarla fit, en 1791, l'application de cette idée à une ébauche de carte hypsométrique de la France. Puis, en 1796, il montra de quelle importance serait, pour les travaux publics, une carte de France, à grande échelle, sur laquelle le relief du sol serait défini par ces sections. Mais, même en 1804, lors d'une réédition plus ou moins modifiée du mémoire de Ducarla, il ne paraît pas soupçonner que l'on eût encore fait des déterminations sérieuses de ces sections horizontales.

(3) Le colonel Augoyat, qui avait compulsé toutes les archives du Dépôt des fortifications, a écrit, dans l'ouvrage cité ci-dessus, tome III, page 597: « Le chef de bataillon Liédot, chargé à son tour d'Anfo en novembre 1802, fit lever et niveler la position par courbes horizontales. » Les souvenirs du colonel l'ont mal servi dans cette circonstance; car la vue des projets des chefs de bataillon

Mais c'est au capitaine du génie Clerc que doit revenir l'honneur d'avoir vulgarisé cette définition géométrique du terrain, et d'avoir trouvé les méthodes qui ont permis de réaliser pratiquement les leviers nivelés de précision.

Ces méthodes, analogues à celles dont on fait usage dans certains arts industriels, peuvent se résumer comme il suit : *pour empêcher l'accumulation des inexactitudes, procéder du grand au petit, de l'ensemble aux détails; pour éviter les fautes, cette pierre d'achoppement des travaux topographiques, décomposer l'opération complexe en une succession d'opérations élémentaires, aussi simples que possible et d'ailleurs fréquemment vérifiées.*

Le capitaine du génie Clerc fit la première grande application de ses méthodes, de 1809 à 1811, pour le lever nivelé au 1000<sup>e</sup> du golfe de la Spezzia, lever dont une réduction au 5000<sup>e</sup>, dessinée en forme de carte murale, figure dans la classe XVI à l'exposition du Dépôt des fortifications (1).

En 1813, le commandant Clerc organisa la brigade topographique du génie militaire, qui, depuis lors, a exécuté un grand nombre de plans de précision spéciaux au service du génie et conservés dans ses archives.

Les instruments employés pour l'exécution de ces plans ont eu pour point de départ : le niveau de l'ingénieur des ponts et chaussées de Chézy, la boussole de l'ingénieur géographe Maissiat, l'altimètre de l'ingénieur géographe Joly (2). Depuis la mise en pratique de la méthode Clerc, les instruments ont été l'objet de

Haxo et Liédot suffit pour montrer que ce sont les mêmes courbes, levées en 1801 par le premier, qui ont servi dans l'un comme dans l'autre cas. Il est remarquable que, dans son mémoire de 1822 sur le figuré du terrain, le général Haxo ne fasse aucune allusion à ses droits de priorité. Toutefois dans ses biographies, rédigées en 1838 par le commandant G. Mengin et par M. Auberon, on n'a pas négligé de signaler cette priorité.

(1) Ne négligeons pas de signaler ici le lever, au 2 000<sup>e</sup>, de Corfou et de ses environs, exécuté en 1812 par les officiers placés sous les ordres du colonel du génie Baudrand; les sections horizontales de ce lever semblent avoir été déterminées avec une grande précision.

(2) Voir l'*Encyclopédie méthodique, dictionnaire de mathématiques*, article Lever des plans, par l'ingénieur géographe Joly.

perfectionnements successifs, dus surtout à quelques ingénieurs des ponts et chaussées, à des officiers du génie et à des constructeurs.

Ces perfectionnements ont entraîné des modifications de détail dans la méthode primitive; mais, chaque fois que l'on s'est trop écarté des principes de celle-ci, on a dû y revenir. C'est ainsi que l'esprit de la méthode Clerc, avec les simplifications que comporte l'échelle adoptée, dirige encore actuellement le travail des leviers au 10 000<sup>e</sup> qu'exécutent, autour de nos places fortes, soit des officiers du génie et de l'artillerie, soit des officiers d'infanterie.

Il est probable que ce sont ces méthodes que l'on devra emprunter au corps du génie, qui, seul en France, est obligé par son service à faire des *leviers nivélés de précision étendus dans tous les sens*<sup>(1)</sup>, quand on voudra réaliser une carte de France au 10 000<sup>e</sup><sup>(2)</sup>.

Cette carte est réclamée par beaucoup d'ingénieurs et de savants, auxquels elle permettrait d'étudier, non-seulement les tracés les plus avantageux au point de vue de l'économie, soit pour des voies de terre ou d'eau, soit pour des irrigations, soit pour des drainages, etc., mais encore des questions scientifiques relatives à la géologie locale ou à l'orographie. Ces ingénieurs trouvent que, si la carte au 80 000<sup>e</sup> et les minutes au 40 000<sup>e</sup> qui lui ont servi de base suffisent largement pour le but que l'on s'était proposé en fixant leur mode d'exécution et même pour l'étude d'avant-projets, cependant ces cartes ne sont ni assez précises ni assez détaillées pour les études dont il vient d'être question, études que rend si fréquentes le grand développement qu'ont pris de nos jours les travaux publics et les entreprises particulières.

(1) Ce corps fait aussi, au besoin, des leviers rapides à petites échelles et des cartes chorographiques, témoins : la carte au 20 000<sup>e</sup> des positions entre la Vésubie et la Roya, exposée dans la classe XVI (cette carte, de 343 kilomètres carrés, a été levée par le capitaine Wagner en quatre-vingts jours, c'est-à-dire à raison de plus de 4 kilomètres carrés par jour), et la carte de France au 500 000<sup>e</sup>, exécutée sous la direction du capitaine du génie Prudent.

(2) En se basant sur l'expérience de travaux semblables, exécutés par la brigade topographique du génie militaire, l'auteur d'une note autographiée, relative à ce sujet, montre que l'on pourrait exécuter cette carte en dix ans, pour une somme de trente millions.

Aussi beaucoup de pays qui ont commencé leurs cartes après la nôtre ont-ils adopté des échelles plus grandes, et, à mesure que l'on se rapproche de l'époque actuelle, a-t-on visé à plus de précision dans le figuré du terrain.

C'est ainsi que l'Angleterre publie, à l'échelle du 10 560<sup>e</sup>, une carte sur laquelle sont tracées des sections horizontales rigoureusement déterminées point par point, procédé qui seul est susceptible de donner de la correction dans les pays de collines<sup>(1)</sup>. C'est ainsi que la Belgique publie des minutes au 20 000<sup>e</sup>, sur lesquelles les sections horizontales, sans être irréprochables comme forme, sont au moins conclues de cotes assez nombreuses pour que l'on puisse en déduire, avec peu d'incertitude, l'altitude d'un point quelconque. C'est ainsi qu'en Suisse, après avoir levé les montagnes au 50 000<sup>e</sup> et les pays de collines au 25 000<sup>e</sup>, en prenant, dans le premier cas, trois à six fois et, dans le second cas, jusqu'à soixante à quatre-vingts fois plus de cotes qu'on ne l'a fait en France<sup>(2)</sup>, mais aussi en augmentant la durée du travail dans des proportions analogues, on en est venu, dans certains cantons, à commencer des leviers au 1 000<sup>e</sup>, dits cadastraux, avec des sections horizontales déterminées point par point, comme celles des leviers de précision de la brigade topographique du génie militaire, et à faire de ces leviers des réductions parfaites à l'échelle du 10 000<sup>e</sup>.

Des exemples analogues pourraient être fournis par le Danemark, par l'Italie, etc.

Ces diverses considérations sur les leviers de précision et sur

(1) C'est en même temps le procédé le plus expéditif pour définir le relief ; car, à cause de la loi de continuité qui lie les formes des sections horizontales successives,  $n$  points, convenablement espacés sur quelques-unes de ces courbes, définissent mieux la forme du terrain que  $2n$  ou  $3n$  points, à cotes arbitraires, distribués sur celui-ci. D'ailleurs, la détermination de chacun des points de la seconde espèce exige environ deux fois plus de temps que celle des points de la première espèce.

(2) D'après l'instruction de 1851, sur les travaux topographiques de la carte de France du Dépot de la guerre, les officiers devaient déterminer 10 à 15 cotes par carreau (16 kilomètres carrés). Il est vrai que, dans la pratique, beaucoup d'entre eux ont plus que doublé ces nombres.

la part que les ingénieurs militaires ont prise à la création des méthodes usitées en France pour leur exécution peuvent justifier le développement donné aux expositions du Dépôt des fortifications dans la classe XV (Instruments) et dans la classe XVI (Géographie). Sauf celles de la brigade topographique et de la galerie des plans en relief, ces expositions ne sont pas impersonnelles, parce qu'il a paru convenable de laisser aux officiers qui y ont participé la responsabilité et l'honneur de leurs travaux.

# NOTICES

SUR LES

## OBJETS EXPOSÉS DANS LA CLASSE XV

### INSTRUMENTS DE PRÉCISION

#### I. Instruments destinés aux leviers à grandes échelles.

1 (G. d. 1863) (1). Règles à pieds du commandant du génie Clerc, inventées vers 1818.

Construites par PORTIER, à Paris, d'après le modèle exécuté par BELLINI, à Metz.

#### EMPLOI.

Ces appareils servent pour les mesures de précision de la topographie. On emploie deux règles semblables, longues de 4 mètres, que l'on pose successivement l'une à la suite de l'autre, en les élevant à peu près au même niveau et en laissant entre elles un petit intervalle que l'on mesure avec la réglette mobile. L'opérateur doit avoir avec lui quatre aides, deux par règle. Il faut une minute pour placer chacune d'elles. L'erreur moyenne de la mesure peut être inférieure à un centimètre pour une longueur de 100 mètres.

(1) La lettre (G) entre parenthèses précède les titres des objets qui ont été soit perfectionnés, soit imaginés par le colonel du génie Goulier, pendant sa carrière de professeur de topographie à l'École d'application de l'artillerie et du génie. Ces objets ont été exécutés, soit d'après ses dessins d'exécution, soit seulement sous sa direction. Les premiers sont précédés de la notation (G. e.), et les seconds de la notation (G. d.), suivies, l'une et l'autre, quand il y a lieu, de l'année de la première exécution.

On a essayé, pour le même objet, plusieurs dispositions qui, pour une précision égale, ne sont ni aussi simples ni aussi commodes.

**2 (G. e. 1858). Équerre à prismes, ancien modèle.**

Exécutée, vers 1858, dans les ateliers de l'École de Metz.

Cette équerre se compose de deux prismes de Wollaston superposés. Elle peut servir à trouver le pied de la perpendiculaire abaissée d'un point C, que l'on regarde directement, sur une droite A B dont on voit les extrémités A et B par double réflexion. Cette opération se fait en tenant l'équerre à la main et par conséquent plus rapidement qu'avec l'équerre d'arpenteur.

L'instrument a plus de champ et il est d'un emploi plus commode que l'équerre à prismes de Bauernfeind. Il a sur l'équerre à miroirs l'avantage de ne jamais se dérégler; mais il a, comme les deux instruments que l'on vient de citer, cet inconvénient que le rayon visuel *n'est pas dirigé*, et, selon la manière dont on tient l'instrument devant l'œil, on peut obtenir des résultats soit exacts, soit passablement erronés.

**3 (G. e. 1873). Équerre à prismes à œilletons.**

Exécutée, en 1874, par TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

Dans cette équerre les prismes sont pentagonaux (les surfaces d'entrée et de sortie des rayons lumineux sont perpendiculaires l'une à l'autre, les surfaces réfléchissantes forment un angle de 45°). On l'emploie comme la précédente, à laquelle elle est préférable pour les motifs suivants :

1° Quand on vise librement, l'opération est plus commode parce que le champ est beaucoup plus considérable;

2° Si l'on redresse la paroi qui porte les œilletons et si l'on vise au travers de ceux-ci, l'opération est moins commode, il est vrai, mais elle est quatre à cinq fois plus précise.

**4. Planchette à calotte sphérique de l'École d'application de l'artillerie et du génie.**

Exécutée par BELLINI, à Nancy, d'après le modèle établi, vers 1825, dans les ateliers de l'École de Metz, par M. BODIN, adjoint à l'artiste mécanicien SAVART.

Les planchettes que l'on exécute pour les leviers de précision, soit en France, soit à l'étranger, tantôt manquent de stabilité, tantôt ne doivent cette qualité qu'à un poids exagéré. Celles dont on fait usage en Allemagne ont de plus des vis de calage et de rappel, dont on pourrait se passer, et qui nuisent à leur rigidité.

La planchette à calotte sphérique allie une très-grande stabilité à une légèreté relative et à des dispositions simples qui rendent son emploi à la fois commode et suffisamment exact.

Il suffit de desserrer un écrou pour avoir un mouvement de genou qui rend facile et prompt le *calage* de la planchette; puis de desserrer un second écrou pour obtenir: 1<sup>o</sup> le mouvement de translation qui sert à la *mettre au point* (mouvement indispensable pour les leviers à grande échelle), et 2<sup>o</sup> le mouvement de rotation qui sert à l'*orienter*.

Quand ces écrous sont serrés, la stabilité est parfaite.

**5 (G. e.). Alidade à lunette.**

Exécutée par BELLINI, à Nancy.

Les dispositions des pièces permettent de construire l'instrument avec une précision telle que l'on évite l'emploi de vis de rectification dont, à tort, on complique souvent les alidades. Ces dispositions ont permis d'allier la légèreté à une solidité convenable. Le dessous de la règle est nickelé, ce qui l'empêche de salir le papier. La règle porte un niveau sphérique, dont le verre a un rayon de courbure de 0<sup>m</sup>,50, et qui permet de faire le calage de la planchette avec une précision suffisante.

**6 (G. d. 1863). Grand déclinatoire (aiguille de 0<sup>m</sup>,11).**

Exécuté par BELLINI, à Nancy ; chape en saphir de Gindraux, à Paris.

On a augmenté la sensibilité de l'aiguille par la forme qu'on lui a donnée et par la légèreté et la nature de la chape. On a diminué considérablement la largeur du déclinatoire ordinaire et, par suite, la fragilité de l'instrument. Deux vis à large collet permettent de le fixer sur la planchette.

**7 (G. d. 1872). Boussole à viseur du génie.**

Exécutée par BROSSET frères, à Paris, d'après le modèle de l'École d'application de l'artillerie et du génie; chape en grenat de Gindraux, à Paris. — Adoptée par l'École d'application et par le service des parcs du génie.

Cette boussole diffère des boussoles dites d'arpenteur par les détails suivants, dont quelques-uns ont pour but d'assurer son bon fonctionnement malgré les intempéries et indépendamment des négligences des opérateurs.

Le genou est fixé au couvercle, ce qui permet de garantir la boussole de la pluie en la retournant sur ce couvercle. La nature des assemblages préserve la boîte des dislocations que l'humidité produit dans les instruments ordinaires. Un niveau sphérique (rayon de courbure de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25) permet de caler la boussole avec une exactitude suffisante. On peut décliner le limbe en agissant sur un pignon au moyen d'une clef fixée à la boussole. Une *bascule automatique* soulève et fixe l'aiguille dès que l'on donne une secousse à l'instrument ; elle assure ainsi la conservation de la sensibilité. A cause de la proximité de l'aiguille et du fond en métal, les courants d'induction, qui sont la conséquence des oscillations de cette aiguille, l'arrêtent promptement sans nuire à sa sensibilité.

## 8 (G. e. 1859-60). Boussole nivelaute, dite du Génie.

Construite : la boussole dans les ateliers de l'École de Metz, et la lunette chez BELLINI, à Metz. Chape en grenat de Gindraux, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 24, pages 266 à 315.)

Les boussoles nivelautes que l'on exécute en France sont de deux sortes : les unes sont montées sur des pieds à vis de calage, qui permettent de rendre leur axe de rotation exactement vertical ; les autres sont privées de ce calage stable. Avec ces dernières, après un calage grossier de l'instrument, on agit sur une vis de rappel pour caler rigoureusement le niveau dans le sens de la visée. Alors, outre le manque de stabilité, on a toujours à craindre le manque d'exactitude des pentes indiquées par l'éclimètre ; car, quelles que soient la sensibilité du niveau et la perfection de la division et du vernier, si le niveau n'est pas parallèle au plan de l'éclimètre (et les constructeurs ne se préoccupent guère de ce défaut de parallélisme), on est exposé à de grosses erreurs sur les valeurs des pentes quand, au moment de leur détermination, le plan de l'éclimètre est incliné, soit à droite, soit à gauche. De plus, alors même que ce défaut de parallélisme est évité, la boussole dont il vient d'être question se prête mal au filé des courbes horizontales, filé que l'on exécute pour les plans à grandes échelles. Pour lever commodément ces courbes, il faut faire usage d'un instrument qui puisse tourner autour d'un axe que des vis calantes permettent de rendre et de maintenir exactement vertical.

Dans les boussoles nivelautes qui satisfont à cette dernière condition, les constructeurs font habituellement correspondre l'axe vertical au pivot de l'aiguille. Cela oblige à excentrer beaucoup l'éclimètre et à faire usage, pour l'équilibrer, d'un contre-poids assez lourd, dont la présence exige d'ailleurs un excès de force dans le bâti. La masse exagérée de métal qui entre dans ces boussoles n'a pas seulement pour effet de rendre l'instrument

peu portatif, elle a en outre l'inconvénient grave d'augmenter les déviations de l'aiguille que peuvent produire ces métaux, qui, trop souvent, sont un peu magnétiques.

Ces divers inconvénients sont évités dans la *boussole nivellante du Génie*, qui présente d'ailleurs plusieurs dispositions avantageuses : le contre-poids est supprimé, et l'axe correspond au centre de gravité du système. Par suite, l'excentricité de la lunette est considérablement restreinte, et l'on a pu obtenir une légèreté qui n'exclut pas la solidité. On a luté le verre avec de la cire, ce qui empêche l'introduction de la pluie dans la boussole. Une bascule automatique garantit la sensibilité de l'aiguille, malgré les négligences de l'opérateur. Les rectifications de l'éclimètre sont très-stables. Un niveau à jambes, que l'on peut fixer sur la lunette, permet de faire le niveling direct avec la mire, et d'obtenir alors cinq fois plus d'exactitude qu'en calculant les différences de niveau en fonction des pentes et des distances. La lunette est anallatique et diastimétrique. Une combinaison spéciale, pour son oculaire, lui donne un grand champ et une grande netteté. Son angle stadiométrique a pour sinus  $1/50$ . En l'employant avec la stadia, on obtient les distances plus exactement que par le chaînage fait à chaîne traînante.

**9 (G. e. 1852). Stadia pour la boussole nivellante.**

Construite par PORTIER, à Paris, d'après le modèle exécuté dans les ateliers de l'École de Metz.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 16, pages 156 et suivantes.)

La charnière de cette stadia est très-solide, et elle permet de développer la règle en ligne droite. Une poignée en bois sert au porte-mire à la maintenir sans la couvrir avec ses doigts. Un niveau sphérique (un rayon de courbure d'un mètre est indispensable) assure la verticalité avec une exactitude suffisante. Les divisions et la chiffraison ont été disposées pour être lisibles jusqu'à

180 mètres dans une lunette grossissant huit fois, et jusqu'à 270 mètres dans la lunette de la boussole nivelaute du Génie.

Aucune des mires parlantes du commerce ne satisfait à ces diverses conditions, qui sont indispensables pour donner les distances avec le degré de précision que comporte le grossissement d'une lunette stadiométrique.

**10 (G. d. 1873). Tachéomètre portatif du Génie.**

Exécuté par TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

M. Porro a donné le nom de tachéomètre à un instrument goniométrique qu'on oriente avec un déclinatoire et qui porte un éclimètre et une lunette stadiométrique anallatique. Des ingénieurs ou des constructeurs ont cru perfectionner son premier modèle en rendant l'instrument très-massif, et en substituant à l'oculaire que Porro employait un oculaire ordinaire de Ramsden. Leur lunette, qui grossit trente fois, n'était plus achromatique, et son champ était si restreint qu'elle ne comportait plus qu'un angle stadiométrique de  $1/200$ ; de sorte qu'on était obligé de représenter les mètres, sur la stadia, par les divisions de cinq millimètres. Il est vrai qu'une stadia de deux mètres suffisait alors pour rayonner jusqu'à 400 mètres.

De cette diminution extrême de l'angle stadiométrique il résulte des erreurs considérables sur les distances et, par suite, un défaut d'harmonie, qui n'existe pas dans l'instrument primitif, entre la précision des mesures de longueur et celle des lectures sur les limbes. D'ailleurs, pour les distances un peu fortes, à l'incertitude qui les affecte se joint la difficulté, pour l'opérateur, de s'entendre avec son porte-mire et de juger sur quel point du terrain celui-ci est placé.

En fait, quand, dans un lever à grande échelle, on rayonne beaucoup au delà d'une centaine de mètres, on perd du temps et l'on s'expose à des fautes nombreuses. Si donc, avec les instruments que nous critiquons, on cherche à rayonner à des dis-

tances plus grandes, c'est uniquement parce que ces instruments sont si peu portatifs que, quand on est en station, on hésite à se déplacer.

Tous ces inconvénients sont évités dans le tachéomètre portatif du Génie. Les dimensions des limbes permettent d'y estimer les centigrades, ce qui suffit pour la topographie. Leur lunette est stadiométrique et anallatique, et, grâce à une disposition spéciale de son oculaire, elle comporte un grand champ, et elle est très-nette. Aussi, quoiqu'elle ne grossisse que douze fois (1), avec elle et l'euthymètre, on obtient les distances avec plus de précision qu'avec les lunettes des gros instruments. En fait, cette précision est égale à celle d'un mesurage à la chaîne traînante.

D'ailleurs, l'appareil comporte des détails importants : 1<sup>o</sup> par le retournement de la lunette, on vérifie facilement l'instrument, ou bien on compense ses défauts de rectification ; 2<sup>o</sup> quand les rectifications sont bien faites, elles sont très-stables ; 3<sup>o</sup> quand, au moyen de la lunette et du niveau mobile, on fait le niveling direct avec la mire, on obtient cinq fois au moins plus de précision qu'en calculant les différences de niveau en fonction des pentes et des distances ; 4<sup>o</sup> l'aiguille du déclinatoire est assez petite et assez légère pour se passer de bascule ; cependant, grâce à l'amplification produite par un oculaire, elle oriente aussi exactement qu'une grande aiguille dont on consulterait les deux pointes.

#### *Comparaison du tachéomètre avec la boussole nivelaute.*

Avec le tachéomètre, on obtient les orientements, les pentes, les distances et le niveling direct comme avec la boussole nivelaute ; pour ces déterminations ces deux instruments ont la même valeur. Mais le tachéomètre peut dans certains cas rem-

(1) Le même oculaire est applicable à de plus forts grossissements. On pourrait obtenir ceux-ci sans allonger la lunette, en remplaçant, comme on le fait dans les tachéomètres du commerce à l'imitation de Porro, l'objectif unique par un double objectif.

placer un théodolite. Dans les terrains où les déviations locales interdisent l'emploi de l'aiguille aimantée, on peut encore cheminer par orientements, en adjoignant à ce tachéomètre trois pieds à mouvements de translation (n° 12).

Avec le même instrument on constate très-facilement et très-sûrement si le métal qui le compose agit sur l'aiguille aimantée, tandis que, pour la boussole, cette vérification indispensable exige que l'on monte l'instrument sur un théodolite.

**11 (G. e. 1873). Euthymètre (1).**

Exécuté par PORTIER, à Paris.

Cet instrument est le complément du tachéomètre. Il comprend un cadre vertical sur lequel un excentrique peut fixer, à une hauteur quelconque, une embrasse en cuivre portant une rotule.

A celle-ci est reliée une stadia, qui peut être disposée perpendiculairement au rayon visuel de l'observateur et, à volonté, soit dans le sens horizontal, soit dans le plan vertical de visée. Le porte-mire est guidé, pour cette orientation, par un collimateur fixé dans la rotule. Un fil à plomb lui permet d'ailleurs de constater la verticalité du cadre, et un arc-boutant lui sert à éviter les oscillations latérales. Pour le transport, la stadia et l'arc-boutant sont remisés dans l'intérieur du cadre.

La position horizontale donnée à la stadia évite les deux inconvénients suivants, auxquels est exposée la stadia verticale : 1<sup>o</sup> la partie inférieure de celle-ci est souvent masquée par des broussailles ou des cultures ; 2<sup>o</sup> même quand cette partie est visible, les ondulations que l'insolation produit dans les couches d'air voisines du sol rendent souvent fatigante et très-incertaine la lecture faite sur cette partie inférieure de la stadia.

La stadia de l'euthymètre peut d'ailleurs être fixée verticalement sur l'embrasse d'une règle verticale et y servir, à la fois, de voyant et de stadia pour la détermination des points des sections horizontales.

(1) De εὐθὺς, en ligne droite.

**12 (G. d. 1874). Pieds à mouvements de translation pour tachéomètre.**

Exécutés par TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

Ces pieds permettent de placer facilement le centre d'un instrument goniométrique dans la verticale de l'axe d'un piquet. Leur emploi est indispensable pour faciliter les cheminements goniométriques et assurer leur exactitude.

Pour ces cheminements, on emploie à la fois trois pieds, l'un pour l'instrument et les deux autres pour les voyants avant et arrière, dont l'un peut être une stadia ; et on lève, au lieu du polygone ayant pour sommets les centres des têtes des piquets, celui dont les sommets sont les centres des voyants et de l'instrument.

Les deux pieds qui, dans la vitrine, flanquent le tachéomètre exposé ont la destination précédente, et ils portent, l'un, un voyant et, l'autre, la stadia horizontale d'un euthymètre.

**13 (G. d. 1875). Nécessaire du topographe.**

Exécuté par PORTIER, à Paris.

Ce nécessaire se fixe sous une planchette légère sur laquelle on veut construire immédiatement un lever à la boussole nivellante ou au tachéomètre. On y remise, dans des compartiments où ils sont maintenus par des ressorts, les objets suivants, dont quelques-uns sont en outre attachés par des ficelles : 1<sup>o</sup> la règle à calculs du topographe ; 2<sup>o</sup> un rapporteur complémentaire ; 3<sup>o</sup> une équerre ; 4<sup>o</sup> un compas ; 5<sup>o</sup> un canif ; 6<sup>o</sup> de la gomme élastique ; 7<sup>o</sup> des crayons. L'un des boulons de ce nécessaire fixe, sur la planchette, l'échelle de réduction à l'horizon.

**14 (G. d. 1873). Règle à calcul du topographe.**

Exécutée par TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

Avec cette règle on fait, facilement et avec sécurité, tous les calculs que comportent les opérations topographiques : 1<sup>o</sup> réduc-

tion à l'horizon ; 2<sup>o</sup> différences de niveau ; 3<sup>o</sup> espacement des points à cotes rondes ; 4<sup>o</sup> cordonnées rectangulaires ; 5<sup>o</sup> erreur du niveau apparent.

Tout en n'ayant qu'une longueur de 0<sup>m</sup>, 25, elle donne la même précision que les règles de 0<sup>m</sup>, 50, dites de tachéomètre ; cette précision est double de celle des règles à calcul ordinaires. La disposition des échelles facilite beaucoup les calculs. Au moyen de petits tableaux numériques imprimés sur la règle, on a évité l'emploi des caractéristiques, qui, avec les règles de tachéomètre, est une source si fréquente de fautes.

**15, 16 (G. e. 1852). Échelles de projection et de réduction à l'horizon.**

Exécutées par RICHER, à Paris, et TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 16, pages 165 et suivantes.)

Ces échelles donnent les longueurs à porter sur un plan pour représenter, soit les lectures faites sur une stadia verticale, soit les distances chaînées selon la pente du terrain. Les longueurs que l'on construit ainsi sont aussi exactes que celles que l'on obtiendrait en calculant numériquement la projection de la longueur mesurée ou lue, et en construisant ensuite cette projection avec le double décimètre divisé.

**17. Boussole nivelaute à lunette autoréductrice  
des capitaines du génie Peaucellier et Wagner (1866).**

Exécutée par BRUNNER frères, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 18, pages 257 et suivantes.)

L'appareil peut servir, à volonté, comme boussole et comme instrument goniométrique à *zéro arbitraire*. Entre l'objectif et l'oculaire de la lunette il existe une lentille divergente achromatique, qui est montée sur un coulant intérieur guidé par une coulisse longitudinale. Lorsque l'on incline la lunette sur l'horizon, cette lentille est déplacée par une bielle articulée sur

l'éclimètre. Le pouvoir et les déplacements de cette lentille sont réglés de telle sorte que la longueur d'une *stadia horizontale*, qui paraît interceptée entre les fils stadiométriques verticaux de la lunette, est toujours proportionnelle, non pas à la distance réelle de la stadia au centre de l'instrument, mais bien à la *projection horizontale de cette distance*. C'est le stadiomètre des mêmes auteurs que l'on emploie alors comme stadia.

### 18. Stadiomètre

des capitaines du génie Peaucellier et Wagner (1863).

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 18, pages 307 et suivantes.)

L'appareil est une stadia horizontale que l'on fixe, à volonté, à une hauteur quelconque sur un montant gradué, et que l'on fait maintenir sur un point A, immobilisé par un arc-boutant. Elle porte, peints sur fond noir, des traits blancs verticaux, séparés d'axe en axe par la longueur, qui représente 5 mètres. L'une des deux branches de la stadia peut être déplacée, dans le sens de sa longueur, au moyen d'un pignon qui engrène dans une crémaillère fixée sur cette branche. Pour lire la distance de la station au point A, l'opérateur fait signe au porte-mire de tourner le pignon jusqu'à ce qu'il constate que les deux fils stadiométriques de la lunette *bissectent* deux des traits blancs peints sur la stadia. Alors cet observateur y lit la distance de la manière suivante : le nombre des décamètres lui est donné par les chiffres peints près des traits bissectés ; le nombre des mètres est égal à celui des divisions égales que, dans son déplacement, la branche mobile a démasquées ; les fractions de mètre se concluent de la position qu'occupe, sur son cadran, une aiguille qui suit le mouvement de rotation du pignon.

Avec une stadia longue de 1<sup>m</sup>,20, le stadiomètre donne les distances jusqu'à 85 mètres ; au moyen de lames mobiles, articulées sur la stadia, on donne à celle-ci une longueur de 2 mètres environ et une portée de 145 mètres.

## 19. Homolographie

des chefs de bataillon du génie Peaucellier et Wagner (1872).

Exécuté par BRUNNER frères, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 23, pages 171 et suivantes.)

Cet appareil fait par rayonnement, automatiquement et avec économie de temps, le plan au 1000<sup>e</sup> et le nivellation d'un terrain. L'instrument proprement dit est porté par un cadre vertical qui embrasse une planchette ronde, de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre, sur laquelle est collée une feuille de papier. Cet appareil étant calé sur un point O, représenté sur la planchette ronde par son centre o, on obtient, de la manière suivante, les positions de points a, b, c....., qui représentent les points du terrain A, B, C.....

On fait porter, sur le point A, un stadiomètre à branches fixes, sur lequel on pointe la lunette de l'instrument, de telle sorte que le fil horizontal bissecte la stadia, et que le fil vertical stadiométrique fixe bissecte, sur cette stadia, un trait blanc portant un numéro convenable. On tourne ensuite le bouton molleté, placé au-dessus de la lunette, jusqu'à ce que le fil stadiométrique mobile bissecte le second trait blanc, qui porte le même numéro que le premier. On accroche alors le curseur de l'équerre-mire de l'instrument au bouton fixé sur celle des traverses d'un *gril articulé* qui porte le même numéro que les traits bissectés. Puis, on presse sur un piquoir, placé au bas de l'équerre, pour marquer le point a sur la planchette. Enfin, on lit l'altitude du point A sur l'échelle de l'équerre-mire, pourvu qu'on ait réglé convenablement cette échelle en se mettant en station.

D'une même station on peut rayonner ainsi dans un cercle de 140 mètres de rayon.

On ajuste ensuite, par un décalquage, toutes les planchettes qui ont été ainsi exécutées des stations O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, que l'on a eu

soin d'ailleurs de relier les unes aux autres par un cheminement nivélé, dont l'instrument peut fournir tous les éléments.

**20. Homolographe à anneau**

**des chefs de bataillon du génie Peaucellier et Wagner (1873).**

Exécuté par BRUNNER frères, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 23, pages 171 et suivantes.)

Cet appareil fait, automatiquement et avec économie de temps, le plan au 1000<sup>e</sup> et le niveling d'un terrain sur une bande de papier maintenue sur une planchette à rouleaux.

Pour cela on place et l'on cale l'instrument de telle sorte que son axe vertical corresponde au point  $o_1$  du dessin, qui représente le point  $O_1$  du terrain, situé dans la même verticale, et que d'ailleurs le dessin soit orienté parallèlement à la projection du terrain. Puis, on ajuste l'échelle verticale de l'équerre-mire de telle sorte qu'on y lise l'altitude de  $O_1$ .

Pour marquer ensuite, sur le dessin, un point  $a$  qui représente un point  $A$  du terrain, on fait porter sur ce point un stadiomètre à branches fixes, sur lequel on pointe la lunette de manière que son fil horizontal bisseste la stadia et que le fil vertical stadiométrique fixe bisseste celui des traits blancs de cette stadia qui porte un numéro convenable. On tourne ensuite le bouton molleté, placé au-dessus de la lunette, pour faire en sorte que le fil stadiométrique mobile bisseste le second trait blanc qui porte le même numéro que le premier. On accroche alors le curseur de l'équerre-mire au bouton de celle des traverses du gril articulé qui porte le même numéro que les traits bissectés. Puis, on presse sur le piquoir placé au bas de l'échelle, pour marquer le point  $a$  sur le plan. Enfin, on lit sur l'échelle verticale l'altitude du point  $A$ .

On peut rayonner ainsi dans un cercle de 110 mètres de rayon; après quoi on change de station pour se porter sur un point  $O_2$ , qui a été déterminé de la station  $O_1$ , et sur lequel on installe l'instrument, en déplaçant, s'il y a lieu, le papier.

**21 (G. e. 1868). Niveau à collimateur.**

Exécuté par BROSSET frères, à Paris.

(Voir la *Mémorial de l'officier du génie*, n° 24, pages 224 et suivantes.)

Cet instrument est porté par un trépied. Il se compose d'un petit collimateur, fixé sur un pendule qui est suspendu, par une double articulation, dans une enveloppe de 0<sup>m</sup>,04 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,14 de hauteur, qui le préserve de l'action du vent. Il se cale de lui-même. Il est avec le niveau d'eau le seul instrument de niveling qui n'exige pas de rectifications; mais il a sur le niveau d'eau les avantages suivants: 1<sup>o</sup> son volume est infinitement moindre; 2<sup>o</sup> il est soustrait à l'action du vent; 3<sup>o</sup> son emploi est assez facile pour n'exiger aucun apprentissage; 4<sup>o</sup> avec lui la rapidité et l'exactitude des opérations sont trois à quatre fois plus grandes.

**22 (G. d. 1872). Niveau à lunette à fiole indépendante.**

Exécuté par BROSSET frères, à Paris.

La plupart des niveaux, soit à fiole fixe, soit à fiole indépendante, ont des rectifications peu stables. Avec eux ces rectifications ou les compensations des erreurs, par retournement, sont illusoires quand, ce qui arrive souvent, *l'objectif ballotte dans sa monture sans que l'opérateur s'en doute*.

A cause de ce défaut de stabilité des rectifications, les constructeurs ont été amenés à compliquer le niveau à fiole indépendante, pour le calage de sa bulle, d'une articulation et d'une vis spéciales, auxquelles pouvaient suppléer les vis calantes du trépied. Il en résulte que, quand on opère par rayonnement pour des nivelingments de détail, on est forcé, à chaque visée, de rectifier le calage de cette fiole. Il en résulte encore que beaucoup d'opérateurs croient, à tort, pouvoir se contenter d'effectuer ce calage *dans le sens de la visée*, sans avoir à se préoccuper du défaut de calage dans le sens transversal: pratique vicieuse qui suppose le

*parallélisme des projections horizontales de la fiole et de la lunette, parallélisme qui n'existe qu'accidentellement.*

Ces divers inconvénients et d'autres encore ont été évités dans le niveau exposé, qui est adopté par l'École d'application de l'artillerie et du génie, et qui, de tous les instruments analogues, est celui qui comporte le moins de vis d'assemblage.

L'objectif de la lunette est fixé dans son bâillet avec du mastic au caoutchouc, qui l'y colle, et qui empêche toute introduction de l'humidité entre les deux verres. Les rectifications ont une stabilité parfaite, qui est due tant à la solidité et à la simplicité de la construction qu'à des dispositions de détail, parmi lesquelles on doit remarquer les suivantes : 1<sup>o</sup> la fourche mobile se rectifie par le jeu de deux vis, l'une tirante et l'autre butante, qui sont *concentriques* l'une à l'autre. On évite ainsi les distorsions que produit souvent le jeu de vis parallèles, distorsions qui, résultant de l'élasticité des pièces, varient avec la température ; 2<sup>o</sup> la fiole est fixée, dans le tube de laiton qui l'enveloppe, avec des précautions particulières, qui empêchent sa déformation lors des dilatations inégales que la température produit dans le verre et le laiton. D'ailleurs, le tube de laiton est soudé sur les jambes du niveau, et la rectification de celui-ci s'obtient, non pas par une vis dont l'action mette en jeu l'élasticité du métal, variable avec la température, mais bien par le déplacement de l'échelle du niveau.

**23 (G. d. 1860). Mire à coulisse du commandant Clerc.**

(MODÈLE ADOPTÉ PAR L'ÉCOLE D'APPLICATION.)

Exécutée par BELLINI, à Nancy.

La mire à coulisse du commerce a les inconvénients suivants : 1<sup>o</sup> elle ne se prête pas aux mesures des hauteurs de mire négatives, ou *en contre-bas des points*, dont on fait un fréquent usage dans les nivelllements des fortifications ; 2<sup>o</sup> quand le voyant a été fixé au sommet de la réglette, il se dérange souvent dans les transports, ce qui fait commettre des erreurs sur les

hauteurs de mire ; 3<sup>o</sup> comme la règle est divisée en centimètres, que l'on fractionne au moyen d'une réglette divisée en millimètres, le porte-mire fait fréquemment des fautes de lecture de 0<sup>m</sup>,01, parce que, par inadvertance, il prend pour index le trait dix au lieu du trait zéro.

Ces inconvénients sont évités dans la mire du commandant Clerc, qui d'ailleurs est plus légère et moins coûteuse que l'autre. Cette mire étant divisée seulement en décimètres que l'on subdivise par des réglettes de même longueur, les fautes de lecture dont la cause vient d'être signalée, fautes que le mode de chiffrage rend d'ailleurs moins fréquentes qu'avec les premières mires, ont une valeur assez grande (0<sup>m</sup>,1) pour être facilement constatées lors de la fermeture du cheminement, tandis que les fautes de 0<sup>m</sup>,01 passent alors inaperçues.

**24, 25, 26, 27 (G. e. 1867). Mires parlantes.**

Exécutées par BELLIENT, à Nancy, et PORTIER, à Paris.

(Voir, sur les mires, le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 24, pages 242 et suivantes.)

Les mires parlantes ordinaires du commerce sont lourdes et offrent beaucoup de prise au vent. Leurs chiffres ont des formes vicieuses, et leurs contours touchent les bouts des divisions ; ces deux circonstances diminuent considérablement la distance à laquelle ils pourraient être lisibles. Quand, ce qui est le cas ordinaire, les chiffres des mètres sont remplacés par des points, ceux-ci ne sont lisibles qu'à des distances encore moindres. Lorsque les chiffres expriment les distances du pied de la mire au commencement des groupes de dix divisions, on est très-exposé à oublier que, dans la lunette, la mire est vue la tête en bas, et on lit alors, par exemple, 2<sup>m</sup>,43 pour 2<sup>m</sup>,37. Cette faute est extrêmement fréquente avec les mires sur lesquelles on écrit les chiffres la tête en bas pour qu'ils paraissent droits dans la lunette.

Les mires Bourdaloue n'ont pas ces inconvénients ; mais elles indiquent les moitiés des hauteurs de mire, et c'est sans doute principalement cette circonstance qui les a empêchées de se répandre davantage parmi les opérateurs.

Les mires exposées n'ont aucun de ces inconvénients : elles sont légères ; des charnières très-simples et très-solides, dues à M. Plassiard, permettent de les replier pour le transport. Les formes des chiffres, leurs dispositions ont été étudiées pour produire le maximum de visibilité, eu égard à la largeur de la mire, et pour faire éviter les fautes de lecture. Leurs dimensions sont choisies de telle sorte qu'ils cessent d'être lisibles à la distance à laquelle on ne peut plus fractionner suffisamment les divisions. La lecture n'exige pas, comme celle des mires Bourdaloue, des explications préalables. De plus, chaque mire a une poignée qui donne appui aux mains du porte-mire, et un fil à plomb, préservé de l'action du vent et long de 0<sup>m</sup>,15, qui assure la verticalité avec une *exactitude suffisante*.

Quatre dispositions différentes sont exposées :

1<sup>o</sup> Mire parlante à rallonge, divisée en centimètres. Elle est lisible jusqu'à près de 200 mètres avec une lunette de niveau grossissant dix-huit fois. Avec la rallonge elle a 4<sup>m</sup>,63 de longueur; sans la rallonge, que l'on peut laisser au bureau, elle n'a que 3<sup>m</sup>,20. (Cette rallonge est applicable à volonté aux autres mires.) Repliée pour le transport, cette mire, munie de sa rallonge, forme un colis de 1<sup>m</sup>,68 sur 0<sup>m</sup>,07 et 0<sup>m</sup>,07 qui ne pèse que 5 kilogrammes. (Voir dans l'angle de la vitrine la mire repliée.)

2<sup>o</sup> Mire parlante de 3<sup>m</sup>,20, divisée en doubles centimètres par des traits noirs ; les chiffres expriment les hauteurs réelles. Avec elle et la lunette grossissant dix-huit fois, la portée va jusqu'à 300 mètres.

3<sup>o</sup> Mire parlante de 3<sup>m</sup>,20, divisée en doubles centimètres, alternativement rouges et blancs ; les chiffres expriment les moitiés des hauteurs comme dans les mires Bourdaloue. La portée, avec une lunette grossissant dix-huit fois, est de 300 mètres.

4<sup>o</sup> La vitrine renferme encore une mire à charnière, de 3 mètres, pour instruments de nivellement à visée directe, tels que le niveau collimateur. Les divisions sont des décimètres de couleurs diverses, groupés cinq à cinq par des bandes de couleur. On les distingue jusqu'à 70 mètres et au delà. On lit, à

l'estime, selon la distance, les centimètres ou les doubles centimètres, et cela suffit pour les opérations auxquelles cette mire est destinée.

**28. Mire parlante de l'adjoint du génie Marc (1868) sur laquelle on lit directement les altitudes des points.**

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 23, pages 148 et suivantes.)

Sur cette mire, on fait les lectures au moyen de signes conventionnels, dont quelques-uns sont peints sur une languette mobile qui, par son déplacement longitudinal, change à volonté la valeur à attribuer aux chiffres exprimant les mètres. Ces lectures croissent en allant de haut en bas.

Pour niveler par rayonnement, on envoie la mire sur un point dont l'altitude est connue ( $64^m,27$  par exemple). On ajuste alors la mire pour que la lecture correspondant au fil horizontal de la lunette du niveau soit  $4^m,27$ . Pour cela on déplace la languette, et l'on élève la mire le long d'une réglette de 2 mètres de longueur, sur laquelle on la fixe ensuite au moyen d'une vis de pression. Si alors, sans rien déranger sur la mire, on la fait porter sur différents points, on y lit directement, par le fil de la lunette, les unités et les fractions de mètre qui entrent dans l'altitude de chacun d'eux. Exemple : on lit  $4^m,78$ ,  $6^m,23$ .... sur les points dont les altitudes sont  $64^m,78$ ,  $66^m,23$ .

**II. Instruments pour les leviers à petites échelles.**

**29 (G. d. 1872). Planchette légère et son pied.**

Exécutée par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

La planchette invariable (à trois couches) se fixe sur le pied au moyen d'un boulon dont la tête peut, à volonté, s'engager

dans le logement d'une platine métallique qui fait corps avec la planchette. Cette disposition rend facile l'orientation et assure la stabilité.

On se sert de cette planchette soit avec le nécessaire du topographe, soit avec la règle à éclimètre, soit avec l'alidade nivélatrice, soit avec la lunette olométrique.

**30 (G. e. 1857). Petit déclinatoire (aiguille de 0<sup>m</sup>,08).**

Exécuté par BELLINI, à Nancy.

Un boulon permet de le fixer sur la planchette. L'aiguille a été faite assez légère pour se passer de bascule. Sa longueur suffit pour les leviers à 1/5000 ou à échelles plus petites. Le verre, dont la largeur est de 18 millimètres seulement, n'est pas fragile; il est luté avec de la cire, ce qui empêche la pluie du déclinatoire de pénétrer dans l'intérieur du déclinatoire.

**31, 32 (G. e. 1857). Alidades nivélatrices simples et à rallonges.**

Exécutées par TAVERNIER, à Paris, et BELLINI, à Nancy.

Ces instruments sont d'un emploi simple et très-commode pour les opérations d'une demi-précision. Ils donnent les tangentes des pentes, le premier jusqu'à 0,40 et le second jusqu'à 0,70, avec une erreur qui dépasse rarement 1/1000 du rayon. Leurs excentriques de calage dispensent de rendre la planchette rigoureusement horizontale. L'emploi d'œilletons d'un diamètre convenable (1<sup>mm</sup>,0 pour les alidades de 0<sup>m</sup>,22, et 0<sup>mm</sup>,9 pour celles de 0<sup>m</sup>,20) rend la visée commode<sup>(1)</sup>. Cette visée est d'ailleurs sûre,

(1) Ce détail, en apparence insignifiant, et les excentriques de calage sont d'une importance majeure pour la facilité d'emploi de l'instrument.

Dans des instruments analogues inventés à diverses époques : l'altimètre de Joly (note de la p. 9), la dioptrre de Lehmann, la première alidade nivélatrice du capitaine du génie Livet, etc., la pinnule antérieure était mobile le long de la règle. Cela permettait d'y lire directement, non pas seulement les tangentes

parce que, en la faisant, on n'est pas exposé à déranger le calage, comme il arrive avec les instruments auxquels il faut toucher pendant la visée.

### 33. Alidade nivélatrice à curseurs (1877).

Exécutée par BELLINI, à Nancy, sous la direction du capitaine du génie BINY.

Deux curseurs ajoutés à l'alidade nivélatrice ordinaire portent des fils horizontaux et des verniers. Ils sont surtout destinés à la mesure de la distance comprise entre l'instrument et un point sur lequel un aide maintient verticale une règle dont la hauteur  $H$  est de deux ou de quatre mètres. On vise les deux extrémités de cette règle avec les curseurs ; la différence des lectures faites sur les verniers donne la grandeur apparente  $h$ , de laquelle on

$$\text{conclut la distance horizontale} = \frac{100 \times H}{h}$$

### 34. (G. d. 1875). Règle à éclimètre.

Exécutée par TAVERNIER, à Paris.

Dans cette alidade nivélatrice, l'éclimètre est constitué par un limbe denté de Porro, de 5 centimètres de diamètre, dont le centre n'est élevé que de 4 centimètres au-dessus de la planchette. La lunette grossit quatre fois ; elle est munie d'un prisme qui permet de faire les visées horizontales en regardant de haut en bas.

L'instrument n'est pas, comme les alidades ordinaires à éclimètre, exposé à être culbuté par le vent. Cependant il mesure les pentes avec autant de précision, et d'ailleurs dans une amplitude

des pentes, mais encore les différences de niveau entre la station et le point visé. Cette complication, que le capitaine Livet a évitée dans sa seconde alidade nivélatrice, de laquelle dérive l'instrument actuel, est peut-être une des causes du peu de succès qu'ont eu ces instruments à pinnule mobile. Il est probable que la mobilité de celle-ci ou de son curseur cessait promptement d'être suffisante, pour que l'action de la main pendant la visée n'exposât pas à déranger le calage ; peut-être encore, dans ses déplacements, par suite d'un jeu trop grand ou de défauts d'exécution, la pinnule ne restait pas parallèle à elle-même.

beaucoup plus grande, puisqu'il permet de viser aux inclinaisons, de 75 à 80 gr. au-dessous de l'horizon, et de 60 à 65 gr. au-dessus.

La denture du limbe est telle, que l'on peut donner à la lunette des inclinaisons variant de 5 en 5 gr. Une échelle micrométrique, placée au foyer de la lunette, permet de lire les fractions de 5 grades, à un centigrade près.

Pour mesurer la pente vers un point A, on met le limbe dans le cran convenable, et l'on cale le niveau. Puis, *sans toucher à l'instrument*, on lit dans la lunette, en regard de A, l'appoint du multiple de 5 grades, multiple indiqué par l'index sur le limbe denté. L'opération est incomparablement *plus rapide, plus sûre et plus commode*, et elle est *aussi exacte* qu'avec les grands éclimètres ordinaires.

Au foyer de la lunette on voit encore deux échelles sur lesquelles on peut lire, jusqu'à 250 mètres et avec une exactitude suffisante pour le remplissage des levers à petite échelle, la distance du point sur lequel un aide maintient un jalon-mire à double voyant (n° 35). Des traits stadiométriques permettent d'employer, au lieu du jalon-mire, une stadia convenablement divisée ; ce qui peut augmenter la précision des grandes distances.

La règle de l'alidade sert, en outre, à faire avec facilité les calculs des différences de niveau, des réductions à l'horizon, des distances correspondant à une différence de niveau donnée et de l'erreur du niveau apparent.

On remise la règle à éclimètre dans un étui qui est fixé sous la planchette, et qui reçoit aussi l'échelle de réduction à l'horizon, des crayons et, tenus par des ficelles, un compas, un canif et une gomme élastique. Des loquets à ressort assurent la fermeture de l'étui et permettent d'en sortir facilement la règle à éclimètre.

### 35 (G. e. 1874). Jalon-mire à double voyant.

Exécuté par PORTIER, à Paris.

Des mentonnets à ressort permettent de maintenir à volonté les deux voyants à l'écartement de deux mètres, qui est nécessaire

pour faire lire, dans la lunette de la règle à éclimètre, la distance à laquelle cette mire est placée. Les deux voyants peuvent d'ailleurs être fixés, par pression, en un point quelconque. Ils portent des crochets au moyen desquels, quand ils sont séparés du jalon, on les maintient opposés face à face; ce qui facilite leur transport au milieu des effets renfermés dans une malle.

### III. Instruments de reconnaissance.

#### 36 (G. e. 1875). Appareil dit Boussole de batterie.

Adopté par l'artillerie. Exécuté par TAVERNIER, à Paris.

Il comprend : 1<sup>o</sup> un trépied articulé; 2<sup>o</sup> une petite planchette plaquée d'une peau d'âne sur laquelle on peut faire des tracés que l'on efface facilement. On peut y fixer aussi une carte topographique collée sur toile, au moyen de pinces métalliques ou de bracelets en caoutchouc logés dans un tiroir; 3<sup>o</sup> sous la planchette, un fourreau dans lequel on remise une alidade nivélatrice, ainsi qu'un crayon et un canif attachés à des ficelles; 4<sup>o</sup> une boussole portative Goulier, que l'on peut fixer sur la planchette, soit pour mesurer les orientements, soit pour y servir de déclinatoire, ou sous la planchette, pour le transport.

L'aiguille de cette boussole n'a que 25 millimètres de longueur; cela a permis de se passer de bascule et de fermer *hermétiquement* sa boîte. Cependant, grâce au grossissement optique produit par le prisme à face convexe qui sert à la visée, cette boussole donne, portée sur un support, autant de précision qu'une boussole ordinaire d'arpenteur.

L'appareil qui sert à la visée est composé de deux prismes isocèles rectangles, dont l'un a une face convexe, et qui, collés par leurs faces hypothénuses, forment un cube qui fonctionne comme une loupe. Avant le collage, on a argenté l'une des faces hypothénuses; puis, on a enlevé l'argenture sur une surface elliptique

de deux millimètres de diamètre moyen. Il résulte de là que, quand on regarde verticalement à travers ce trou, on voit le limbe et l'aiguille comme au travers d'une lentille convexe. Lorsqu'on regarde horizontalement, on voit, à travers le trou, les objets que l'on vise, et en même temps, réfléchis verticalement et reportés au loin, l'aiguille et le limbe de la boussole, ainsi qu'un trait noir tracé sur le fond de celle-ci et qui sert de ligne de foi. On lit donc l'orientement pendant que l'on fait la visée.

On peut se servir de la boussole à la main; c'est alors la plus commode et la plus exacte des boussoles portatives.

### 37 (G. e. 1860). Boussole Burnier.

Adoptée pour le matériel des parcs du génie. Exécutée par BELLINI, à Nancy.

Cet instrument diffère des boussoles Burnier du commerce par plusieurs détails importants, dont les principaux sont: 1<sup>o</sup> une diminution considérable de volume (des 2/3 ou des 3/4 environ), et cependant une augmentation de sensibilité due tant à la forme de l'aiguille qu'à l'emploi de l'aluminium pour le limbe et du rubis pour la chape; 2<sup>o</sup> la substitution, pour l'éclimètre, d'une division en tangentes et en cotangentes à la division en degrés ou en grades.

### 38 (G. d. 1878). Théodolite pour voyageur.

En construction chez TAVERNIER-GRAVET, à Paris.

Cet instrument peut servir pour la topographie, la géodésie et l'astronomie. Il comprend le cercle denté, de 0<sup>m</sup>,05 de diamètre, de la règle à éclimètre, monté sur l'alidade d'un cercle horizontal, de 0<sup>m</sup>,06 de diamètre. Celui-ci tourne autour d'un axe qu'on peut rendre vertical au moyen de vis calantes. Sous ce limbe est un petit déclinatoire, semblable à celui du tachéomètre, et que l'on observe au moyen d'un oculaire.

Le limbe est divisé de 5 en 5 grades seulement; les sub-

divisions se lisent, à un centigrade près, sur une échelle placée au foyer d'un microscope fixé sur l'alidade. Le cercle vertical est un cercle denté de Porro, dont les dents ont une amplitude de 5 grades. Les fractions se lisent, à un centigrade près (1), au moyen de l'échelle placée au foyer de la lunette. Celle-ci est coudée, comme celle de la règle à éclimètre, de telle sorte que, pour les observations topographiques, on y regarde de haut en bas. Pour les observations astronomiques, on peut à volonté fixer sur l'oculaire un prisme qui permet d'observer les astres jusqu'au zénith, en regardant horizontalement.

### 39. Périgraphe instantané.

APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE DONNANT DES IMAGES PANORAMIQUES RAYONNANTES.

Par le lieutenant-colonel du génie MANGIN (1877).

Le capitaine du génie Prudent avait proposé de photographier les images rayonnantes qu'on aperçoit en regardant, de bas en haut, vers une demi-boule argentée à axe vertical, et il pensait corriger l'astigmatisme de ces images virtuelles au moyen d'un objectif photographique doué d'un astigmatisme inverse. Le lieutenant-colonel Mangin a réalisé cette conception d'une manière plus simple, au moyen d'un miroir convexe de révolution autour d'un axe vertical dont il a déterminé le profil générateur de manière à produire des images virtuelles sans astigmatisme; l'opération photographique est alors ramenée à celle de l'agrandissement d'un objet existant, à l'aide d'un objectif ordinaire à amplifications.

Les images panoramiques rayonnantes que l'on obtient au

(1) On ne peut guère espérer que, inclinée par ressauts successifs, la lunette reste bien parallèle à un plan vertical. Aussi doit-on craindre, sur les angles horizontaux, des erreurs qui croissent avec l'inclinaison de l'axe optique sur l'horizon. Mais il est à croire que, pour des inclinaisons de 50 grades, ces erreurs dépasseront rarement 5 centigrades.

moyen du périgraphie, peuvent être utilisées pour la topographie ou la géodésie; ainsi que pour la télégraphie optique et pour la défense des places, elles peuvent servir notamment à indiquer de nuit, aussi bien que de jour, la direction des points vers lesquels on veut diriger un instrument ou une bouche à feu.

On a exécuté le miroir de deux façons différentes : d'abord, on a pris pour ce miroir une surface torique convexe argentée, qui exigeait trois supports produisant des lacunes dans le panorama; puis, sur le conseil du commandant de La Noë, on a eu recours à la réflexion totale sur l'une des surfaces intérieures de l'anneau du verre, et l'on a pu alors supporter ce miroir torique de telle sorte que le support ne fit pas écran sur l'image. On a en outre établi, sous l'objectif, un prisme à réflexion totale pour redresser cette image.

Les miroirs toriques ont été exécutés par la maison Sautter et Lemonnier, de Paris; le système objectif de la chambre noire, les sertissures métalliques et la boîte photographique, par M. Bardou, opticien à Paris.

#### 40 (G. e. 1868). Niveau-lyre.

Exécuté par BELLINI, à Nancy.

(Voir *Mémorial de l'officier du génie*, no 24, page 239.)

C'est un niveau à collimateur, portatif, qui, replié sur lui-même, peut être porté dans le gousset du gilet. Son emploi est extrêmement commode; sa rectification est permanente. Par un temps calme, et quand il est suspendu à un point fixe, il donne autant d'exactitude que le niveau d'eau.

#### 41 (G. d. 1878). Clisimètre à collimateur.

Exécuté par TAVERNIER, à Paris.

(Voir *Mémorial de l'officier du génie*, no 24, page 238.)

C'est un autre niveau à collimateur, portatif, dans lequel on voit non-seulement un fil horizontal, comme dans le précédent.

dent, mais encore une échelle verticale, sur laquelle on lit immédiatement, de 0 à  $\pm 0,35$ , la tangente de l'inclinaison du rayon visuel qui aboutit au point visé. C'est le plus commode et le plus exact des clisimètres portatifs. La partie optique se composant d'un seul morceau de verre, dont une face convexe fait loupe, et dont la face opposée porte une photographie emprisonnée sous une calotte opaline, l'instrument est à l'abri des dérangements accidentels.

Le clisimètre à collimateur pourrait être, comme le niveau à collimateur, enfermé dans un étui que l'on fixerait sur un pied, de manière à le préserver de l'action du vent ; il donnerait alors les pentes à 1/2000 près.

**42 (G. d. 1878). Boussole et clisimètre de canne.**

En construction chez TAVERNIER, à Paris.

On peut construire la boussole Goulier, qui fait partie de l'appareil dit boussole de batterie (n° 36), avec un limbe de 0<sup>m</sup>,01 à 0<sup>m</sup>,015 de diamètre photographié sur verre, et le cube réflecteur placé au-dessous. Elle peut alors trouver place dans la pomme d'une canne. Un clisimètre à collimateur, placé immédiatement au-dessous, complétera les instruments nécessaires au voyageur scientifique ou au touriste.

**43, 44 (G. e. 1872). Clisimètre simple  
et clisimètre associé à la boussole Hossard.**

Exécuté par BALBRECK, à Paris.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 24, page 324.)

Un pendule indique, sur des arcs gradués, la tangente ou la cotangente de la pente. On vise en bornoyant le long des côtés de la boîte de l'instrument. Pendant la visée, on rend le pendule mobile en poussant, avec le doigt, un bouton qui, lâché, fixe ce pendule. On lit encore sur l'instrument les écartements des sections horizontales pour diverses équidistances.

On associe facilement ce clisimètre à la boussole Hossard.

**45, 46, 47, 48 (G. d. 1873-76). Baromètres orométriques et altimétriques.**

Exécutés par NAUDET et C<sup>ie</sup>, à Paris, et par PÉRILLAT, à Paris.

Sur le cadran du baromètre sont gravées deux échelles contiguës exprimant, l'une, les pressions en millimètres de mercure, l'autre, les nombres orométriques, calculés en supposant que la température de l'air soit de 20° au niveau de la mer, et qu'elle diminue de 1° par 165 mètres d'altitude. Ce sont là des conditions moyennes pour nos latitudes et pendant la belle saison.

Dans le cadran orométrique, l'échelle des pressions est en parties égales, et l'autre échelle est fixe par rapport à elle. Avec cet instrument, on obtient la différence de niveau de deux stations A et B en faisant la différence des deux nombres orométriques qu'on y a lus sur le cadran. Par l'addition ou la soustraction de cette différence, on peut ensuite conclure l'altitude de B de celle de A.

Dans le baromètre altimétrique, l'échelle orométrique est mobile et en *parties égales*, et le mécanisme du baromètre a été accommodé à l'échelle des pressions, qui est en *parties inégales*. On peut lire directement les altitudes sur cet instrument si, à la station A, dont l'altitude est supposée donnée, on a tourné l'échelle des altitudes de telle sorte que l'aiguille y indique cette altitude connue. De même, pour lire l'heure d'une localité sur une montre qui marche régulièrement, il suffit de régler cette montre par comparaison avec un cadran solaire ou une horloge réglée.

Les erreurs à craindre, avec ces instruments, sont environ doubles de celles que comporte le nivelllement barométrique *ambulant* fait avec un Fortin.

**49, 50 (G. d. 1873). Jumelles-lorgnon pour officier monté.**

Exécutées par CLERMONT, à Paris.

Ces jumelles-grossissent trois fois ; le champ de la grosse est de 8° 20', celui de la petite est de 5° 30'.

Les qualités optiques de la première sont identiques à celles de la jumelle qu'une circulaire ministérielle a recommandée pour les officiers montés. Mais la jumelle-lorgnon est deux fois moins volumineuse que celle-ci. Elle ne coûte que 20 fr., tandis que l'autre coûte 35 fr. La jumelle-lorgnon est d'ailleurs munie d'un cordon, avec porte-mousqueton, qui permet de la porter suspendue au cou et de la remiser toute développée entre deux boutons du vêtement.

*Pour que ces jumelles aient toute leur valeur, il faut qu'elles soient construites pour l'écartement réel des yeux de leur possesseur. Le constructeur s'assujettit à cette condition.*

**51 (G. e. 1875). Longue-vue stadiométrique.**

Construite par AVIZARD, à Paris.

Elle grossit quinze fois. Son champ utile est de  $1^{\circ} 45'$  (0, 03). Quand l'observateur a ajusté, une fois pour toutes, l'oculaire à sa vue, il lui suffit de développer entièrement la longue-vue pour qu'elle lui permette de voir nettement les objets éloignés. L'instrument est muni d'un bouchon à charnières, qui fait garde-soleil, et d'une vrille, qui permet de le fixer dans un arbre, un poteau, une roue de voiture, etc. Un micromètre sur verre, placé au foyer, donne alors les grandeurs apparentes des objets. Un abaque gravé sur le corps donne les distances en fonction de ces grandeurs apparentes et des grandeurs réelles.

NOTA. — *Les jumelles-lorgnon multiplient la portée de la vue par 2,8. Les très-grosses jumelles, qui grossissent six à sept fois, la multiplient par 4,5 à 5. La longue-vue la multiplie, par 6 quand elle est tenue à la main, et par 15 quand elle est fixée. La longue-vue et la jumelle-lorgnon se complètent donc l'une l'autre.*

**52 (G. d. 1877). Chambre claire pour longue-vue.**

Exécutée par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

C'est un prisme de Wollaston, fixé dans une monture que l'on substitue à l'œilleton de la longue-vue, ainsi que cela a été fait,

dès 1809, par R.-P. Bate. Quand la lunette est fixée par sa vrille, ce prisme permet de dessiner, sur une planchette, tous les objets que l'on voit dans le champ de la lunette. Avec la longue-vue à vrille et cet accessoire, qui coûte 10 fr., on a donc l'équivalent d'un téléconographe.

**53, 54 (G. d. 1868). Boussoles-breloques à bride ou à pince.**

Construites par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

L'appareil le plus simple, le plus commode pour exécuter des leviers de reconnaissance, se compose du carton-portefeuille à bretelle, du capitaine du génie Pierre, sur lequel on fixe, soit par une bride, soit par une pince à ressort, une boussole-breloque de 16 à 20 millimètres de diamètre. La pince permet encore de fixer la boussole sur un carnet, sur un carton, sur une planchette, sur une carte repliée. Voici comment on exécute sur ces objets les opérations que l'on ferait sur une planchette orientée.

On fait exactement face au point sur lequel on veut prendre une direction ; on oriente le carton, en faisant correspondre l'aiguille avec la ligne Nord-Sud de la boussole, et en faisant en sorte que le point qui, sur le dessin, représente la station *soit bien en regard du milieu du corps* (condition indispensable). Alors, *sans bornoyer*, on trace la direction, soit à main levée, soit le long d'une règle ou d'un crayon couché sur le dessin. On obtient ainsi la direction avec une rapidité incomparablement plus grande, et cependant avec autant d'exactitude que pourrait en avoir la direction que l'on conclurait d'une observation faite avec une boussole portative. Cette manière de faire de la topographie est à la portée de toutes les bourses et de toutes les intelligences.

#### IV. Instruments divers.

**55 (G. e. 1855). Horizon artificiel niveau.**

Exécuté dans les ateliers de BELLINI, à Metz.

L'instrument est un niveau sphérique, monté sur des vis calantes, et dans lequel la face supérieure du verre est parfaite-

ment plane. Des repères, tracés sur cette surface, indiquent la position dans laquelle il faut amener la bulle pour que cette surface soit horizontale. Un fond flexible obéit aux variations de volume que les changements de la température font éprouver au liquide, de sorte que ces variations n'affectent pas la planéité de la glace d'une manière sensible et ne produisent pas de tension intérieure capable d'expulser le liquide.

En fait, depuis 1855, époque de la construction de l'instrument exposé (il a figuré à l'Exposition de 1855 dans la vitrine de Bellieni), le liquide renfermé dans cet instrument n'a pas diminué d'une manière sensible, puisque la bulle a conservé les dimensions indiquées par les repères gravés à cette époque.

Or, on sait avec quelle rapidité les niveaux sphériques à fond rigide perdent leur liquide !

#### 56 (G. e. 1863). Télomètre à prismes.

Exécuté par TAVERNIER-GRAVET, à Paris. Adopté, par le service de l'artillerie, pour la détermination rapide des distances.

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 18, pages 204 et suivantes.)

L'appareil se compose de deux instruments A et B que portent deux observateurs. (L'un d'eux peut être un simple trompette.) Dans une bobine, fixée au premier, est enroulé un fil métallique, de quarante mètres, qui fixe la longueur de la base. Pour déterminer la distance à un objet C, les observateurs A et B s'éloignent, perpendiculairement à A C, à la distance fixée par la longueur du fil, et se regardent mutuellement. Chacun voit alors, dans l'instrument qu'il porte, une image doublement réfléchie de l'objet C. Puis, chacun d'eux manœuvre pour amener cette image en coïncidence avec le voyant de l'autre : pour cela, A se déplace latéralement, et B tourne un bouton molleté tenant à l'instrument qu'il porte. Les coïncidences obtenues, B lit la distance sur cet instrument.

Deux à trois minutes suffisent pour une opération. Une se-

conde mesure, servant de contrôle à la première, peut ensuite être faite en quelques secondes.

L'instrument est utilement applicable jusqu'à 4000 mètres. A 2000 mètres, l'erreur maximum à craindre est de 50 à 60 mètres.

L'appareil est invariable; il n'a jamais besoin d'un réglage. Il est d'un transport facile : il se loge dans un sac qu'un trompette peut porter à cheval.

Un seul opérateur pourrait faire l'observation avec l'instrument B, et en visant un point de direction D, situé dans le prolongement de la base. Cette pratique ne doit pas être conseillée pour les motifs suivants : 1<sup>o</sup> l'opération ainsi faite exige deux fois plus de temps que l'autre; 2<sup>o</sup> elle rate une fois sur quatre ou cinq, parce que, quand on arrive à la seconde station, l'un des points C ou D est masqué, soit par des obstacles, soit par suite de la forme du terrain, ou bien même parce qu'on ne reconnaît plus l'objet D, que l'on a pris pour jalon de direction.

#### 57 (G. e. 1878). Chambre claire à planchette inclinée.

Exécutée par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

Les chambres claires de Wollaston, telles qu'on les construit en France, sont d'un emploi incommodé et ne peuvent pas servir dans des intérieurs sombres. Ces inconvénients n'ont pas lieu avec la nouvelle chambre claire. En outre, elle présente l'avantage qu'elle permet de dessiner la perspective sur une planchette inclinée à 18°, ce qui diminue considérablement la fatigue que l'on éprouve avec les chambres claires ordinaires, qui obligent à dessiner sur un plan horizontal. On donne à la planchette une inclinaison convenable en agissant sur les pieds et en se guidant sur les indications d'un petit niveau sphérique, à base inclinée, qu'on pose sur le dessin.

Le champ de l'instrument est de 80° dans le sens horizontal, et de 60° ou même indéfini dans le sens vertical.

Trois creusures, en forme de demi-calottes sphériques, comme

celle employée par le capitaine du génie Laussedat, sont pratiquées sur la face supérieure du prisme, et trois œilletons y correspondent. On détruit la parallaxe optique en visant par celui des œilletons qui convient à la distance actuelle du dessin. Des ventelles mobiles peuvent alors fermer les deux autres œilletons.

On obtient une visibilité égale, pour l'objet visé et pour le crayon, en déplaçant l'œilletton d'avant en arrière ou réciproquement, et en s'aidant, au besoin, d'un verre coloré pour atténuer l'éclat trop grand soit de l'objet, soit du dessin.

L'instrument est muni de trois plaques d'œilletons de diamètres gradués, que l'on emploie respectivement, soit *en pleine lumière*, soit *dans des intérieurs plus ou moins sombres*. Avec ces œilletons, on évite les éclipses alternatives du crayon et de l'objet que produisent, avec les chambres claires ordinaires, les oscillations involontaires de la tête, et qui sont si gênantes.

Au besoin, on peut déterminer le point de vue de la perspective en déplaçant, sur la planchette, un petit miroir circulaire, jusqu'à ce que l'image de l'œilletton, vue à travers celui-ci, paraisse correspondre au centre du miroir. Ce centre est alors le point de vue, parce qu'il est le pied de la perpendiculaire abaissée de l'œilletton sur le tableau.

Il y a lieu de remarquer, sur l'instrument exposé, que l'on a rattaché le prisme au côté droit de la planchette par *deux haubans*, *faits d'un brin de soie*, et dont l'effet est d'empêcher les vibrations qu'imprime à l'instrument soit le vent, soit un contact involontaire.

#### 58 (G. e. 1878). Chambre claire mégaloptique, à planchette inclinée.

Exécutée par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

L'oculaire mégaloptique (breveté s. g. d. g.) de la petite lunette montre les objets grossis quatre fois et redressés, et fait fonction de chambre claire. On peut, avec cet instrument, placé à des distances du papier variant de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,50, dessiner des perspectives qui seraient faites sur un plan de tableau distant de 1<sup>m</sup>,20 à 2 mètres du point de vue. C'est la solution d'un problème qui

avait été résolu d'une manière bien imparfaite par l'association d'un prisme de Wollaston avec une lunette de Galilée. La solution du même problème par le *téléiconographe* admet des grossissements de quinze à vingt fois, que l'on peut obtenir, sans instrument spécial, en associant, comme l'avait fait dès 1809 R.-P. Bate, le prisme de Wollaston avec une longue-vue (voir au n° 52, page 41).

Avec la *chambre claire mégaloptique à planchette inclinée*, on dessine, sur une planchette inclinée à 18°, la perspective dont le plan du tableau serait vertical. L'inclinaison de la planchette s'obtient en agissant sur les pieds, qui sont à coulisse, et en se guidant sur les indications d'un petit niveau sphérique. Cette inclinaison a pour effet de diminuer la fatigue que l'on éprouve en dessinant, comme avec les instruments ordinaires, sur une planche horizontale.

Si, pour installer l'instrument, on a égard aux divisions chiffrées tracées sur les trois tiges cylindriques qui le portent, on peut mettre entre le dessin et l'œil telle distance que l'on veut, variant de centimètre en centimètre. Le point de vue est alors à peu près constant, à la rencontre de deux droites amorcées sur le cadre de la planchette.

Pour obtenir que le crayon et l'objet soient également visibles, il suffit de déplacer latéralement l'œilleton mobile.

Pour détruire la parallaxe optique, il suffit de tourner l'objectif de la lunette, ce qui allonge ou raccourcit celle-ci et, par suite, permet d'amener l'image virtuelle de l'objet visé en coïncidence avec la surface du dessin.

Quand l'instrument est ainsi ajusté, les oscillations involontaires de la tête ne causent pas les éclipses alternatives de l'objet et du crayon, éclipses qui sont si fatigantes avec les chambres claires ordinaires, telles qu'on les exécute en France.

Le champ amplifié de la lunette est de 25°, comme celui des lunettes d'instruments. Quand la distance de l'œilleton au dessin est de 0<sup>m</sup>,50, ce champ y est représenté par un cercle de 0<sup>m</sup>,20 de diamètre.

Quand on veut faire un dessin d'une plus grande étendue, il faut, sans changer la position de la planchette, déplacer d'abord la lunette, puis le papier sur la planchette, pour raccorder les dessins des champs de vue successifs, ou, plus simplement, dessiner ces champs séparément et les raccorder ensuite par l'intermédiaire d'un papier transparent.

## V. Instruments de dessin.

### 59. Rapporteur à double parallélogramme (1875).

Du capitaine du génie DE LA NOË.

C'est un rapporteur ordinaire en métal auquel on a ajouté une réglette divisée, faisant partie d'un double parallélogramme articulé et disposé de telle sorte que la réglette reste constamment parallèle à la ligne  $0^\circ - 180^\circ$  du rapporteur.

Cette disposition a pour but d'éviter le double tâtonnement qu'exige l'emploi du rapporteur complémentaire, quand on construit à l'aide des lignes du quadrillage.

*Emploi.* — On place le centre du rapporteur sur l'une des lignes du quadrillage ; on lui fait marquer l'angle voulu. Puis, sans changer sa position, on amène la réglette mobile en contact avec le point à partir duquel on doit tracer l'orientement. Quand on doit porter sur cet orientement une longueur donnée, on a soin d'amener une division pleine de la réglette en regard du point considéré.

Ce rapporteur est surtout avantageux pour reporter des cheminements aux petites échelles, au  $10\ 000^\circ$  par exemple.

### 60. Tire-ligne à pointiller (1876).

Du capitaine du génie DE LA NOË.

Le tire-ligne qui sert à cet usage est celui du compas ordinaire à ressort, dont l'aiguille est remplacée par une tige en laiton.

Dans l'emploi, celle-ci s'appuie sur une crémaillère également en laiton, fixée près du bord d'une règle plate ordinaire, pendant que le tire-ligne proprement dit porte sur le papier, en s'appuyant contre la tranche verticale de la règle.

Lorsqu'on opère comme pour tracer une ligne à la manière ordinaire, les dents soulèvent successivement le tire-ligne par l'intermédiaire de la tige, ce qui produit dans le trait les interruptions voulues.

En faisant varier la longueur de la tige de façon à l'engager plus ou moins entre les dents de la crémaillère, on obtient des interruptions plus ou moins longues, ce qui permet de varier la nature du pointillé.

Une seconde crémaillère, à dents plus serrées, fixée près du bord opposé de la règle plate, sert exclusivement à faire les lignes ponctuées.

#### 61. Compas pour cercles à grands rayons (1874).

Exécuté par BRUNNER frères, à Paris, sous la direction du colonel du génie PEAUCELLIER.

Ce compas est une des applications des principes démontrés dans le mémoire sur « *les systèmes articulés à liaison complète* » auquel l'Académie des sciences a décerné le prix de mécanique de la fondation Montyon, pour 1874. (Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 25, p. 366.)

En fixant l'une des articulations en des points différents de la coulisse dans laquelle elle peut être déplacée, on fait varier à volonté, jusqu'à l'infini, le rayon du cercle décrit par le crayon.

#### 62, 63, 64, 65. Équerres cyclographiques du capitaine du génie Prudent et pistolets élastiques divers (1877).

Exécutés par PARENT, successeur de BARABAN, à Paris.

Ces appareils sont basés sur la théorie géométrique de la flexion. Ils comprennent :

1<sup>o</sup> Les équerres cyclographiques, qui sont destinées au tracé

des méridiennes et des parallèles sur les cartes géographiques ou à d'autres usages analogues. Ces équerres portent une règle flexible dont le profil est formé de deux demi-paraboles du troisième degré. Quelle que soit la flèche qu'on lui donne, la tranche de cette règle prend toujours la forme d'un arc de cercle.

Quand on fait glisser la crosse de l'un des instruments, soit sur une règle droite, soit sur la courbure d'un second cyclo-  
graph, on peut tracer des arcs de cercle, soit parallèles, soit divergents ;

2° Le *pistolet élastique*, avec lequel on emploie des verges de profils divers, que l'on encastre par l'une de leurs extrémités, et que l'on infléchit plus ou moins. Ces verges donnent, l'une, des arcs de cercle et, les autres, des courbes à courbures variées, que l'on accommode facilement au tracé de courbes à asymptotes ;

3° Le *pistolet spiral*, dans lequel un ressort d'acier donne des courbes, que l'on fait varier à volonté en enroulant plus ou moins l'une de ses extrémités autour d'un axe, et en éloignant plus ou moins l'autre extrémité de ce même axe ;

4° Les *verges en arc*, bandées par une corde, et qui ne diffèrent de celles qui sont connues que par la simplicité de l'arrêt de la corde et par les variations de l'épaisseur de la règle flexible, qui permettent d'obtenir des courbes à courbures variées.

#### Note sur la chiffraison des divisions.

1. Dans les notices qui précédent, on n'a indiqué qu'accidentellement les précautions de détail prises dans le but de faire éviter les *fautes* aux opérateurs. Or, une condition essentielle de sécurité pour l'emploi des instruments de topographie, c'est que l'observateur puisse opérer avec eux *sans être obligé de réfléchir* ; car, dans le cas contraire, la contention d'esprit non-seulement produit la fatigue, mais encore est une source de *fautes*, par suite des *causes nombreuses de distraction auxquelles l'opérateur est exposé sur le terrain*. Sous ce rapport, certains détails d'organisation, qu'on serait tenté de regarder comme indifférents pour des instruments d'astronomie ou de géodésie, peuvent cependant avoir une importance majeure pour des instruments de topographie. On va le montrer à propos de la chiffraison des divisions, objet trop négligé par les constructeurs, et qui servira d'exemple relativement aux précautions pratiques auxquelles on a eu égard pour la conception des instruments exposés.

Sur les cadans des montres et des pendules, dans les tables numériques,

par exemple dans les tables de logarithmes et dans la plupart des énumérations analogues, nous voyons les nombres croître *de la gauche à la droite* (pour l'observateur qui voit les chiffres droits) et *de haut en bas*. *L'habitude ainsi acquise nous expose à des fautes de lecture, sur les instruments dont les chiffraisons suivent un ordre inverse*. Ainsi, quand sur le limbe d'un instrument goni-

metrique les chiffres croissent, comme ci-contre, de la droite à la gauche, si, pour la lecture en regard de l'index I, les yeux se portent uniquement sur le nombre 30, on est tenté de lire, et on lit effectivement souvent 32 au lieu de 28.

Cette faute est surtout fréquente si, comme sur les baromètres anéroïdes, le constructeur écrit la moitié de la chiffraison dans un sens : 69 70 71.... 79, et l'autre moitié en sens inverse : 69 68 67 66.... En fait, dans de très nombreuses observations exécutées avec des baromètres anéroïdes ainsi chiffrés, l'auteur de cette note a commis au moins une faute sur 10 lectures faites dans la chiffraison inverse, quoiqu'il connût parfaitement le danger et qu'il fit attention à l'éviter. Combien de fautes font donc les observateurs non prévenus?

Dans les baromètres à siphon, au lieu de chiffrer l'échelle à partir d'un zéro, placé *au-dessous du ménisque inférieur*, on met habituellement le zéro au milieu de l'échelle, que l'on chiffre moitié en montant, moitié en descendant. Il en résulte, pour les lectures, sur la deuxième moitié, comme dans le cas des baromètres anéroïdes, des fautes fréquentes auxquelles s'ajoutent celles qui tiennent aux causes suivantes : dans les baromètres, les constructeurs font correspondre les index, destinés aux lectures, aux tranches inférieures des curseurs ; de plus, pour le curseur inférieur, l'index est accompagné du nombre 10 de son vernier. Or, comme on est habitué, dans les autres instruments, à employer pour index *un trait accompagné du chiffre zéro*, on fait parfois la lecture, par inadvertance, au moyen du *trait* du vernier qui suit l'index véritable et en regard duquel se trouve un zéro gravé, et cela fait commettre des fautes de 1 millimètre. Ou même encore, sur le curseur inférieur, une distraction fait prendre pour index le trait chiffré réellement zéro, et alors on commet une faute de 9 millimètres. Qui pourrait dire combien de fautes ont fait commettre ces vices dans la disposition des verniers et des chiffraisons !

Il est bien facile d'éviter ces diverses causes de fautes : pour les goniomètres, il suffit de changer les sens de la chiffraison, ce qui conduit à compter les orientations lus sur les limbes, dans le sens nord, ouest, sud..., comme on le faisait autrefois. Pour les sextants et la partie mal chiffrée des baromètres anéroides, il suffit d'inscrire les chiffres de telle sorte que leurs pieds soient du côté du centre, comme cela a lieu sur les cadrants de montre. Pour les baromètres à mercure, les thermomètres, etc., il faut écrire les chiffres de côté, de telle sorte que leurs pieds s'appuient sur une génératrice du cylindre; il faut d'ailleurs mettre les traits zéro des verniers au-dessus des tranches des viseurs, etc., etc.

Il importe, de plus, de proscrire les trois ainsi faits, 3, on les confond trop facilement avec des 5, et de proscrire aussi les chiffres de fantaisie mal dessinés. Les meilleurs sont les chiffres inégaux, ou au moins des chiffres dont les volutes soient peu fermées et dont les déliés aient une largeur égale à la moitié des pleins, comme ceux des mires parlantes (N°s 24, 25 et 26).

# NOTICES

SUR LES

## OBJETS EXPOSÉS DANS LA CLASSE XVI

### GÉOGRAPHIE

#### I. Travaux de la brigade topographique du génie militaire.

Sous la direction du chef de bataillon du génie DE LA NOË.

##### 1. Minute d'un lever à 1 : 1000.

Ce genre de lever donne une représentation exacte du terrain sur lequel on doit construire des ouvrages de fortification. Il est exécuté par les adjoints du génie attachés à la brigade topographique.

Les instruments employés sont la boussole à lunette autoréductrice et le stadiomètre.

Un canevas général assure l'exactitude de l'ensemble. Des sommets de ce canevas on détermine ensuite les détails en opérant par rayonnement. En même temps on file les courbes de niveau de mètre en mètre.

##### 2. Minute d'un lever à 1 : 2000.

Ce genre de lever est employé, dans quelques cas particuliers, pour le même objet que celui à 1 : 1000.



On l'exécute avec les mêmes instruments et de la même manière.

**3. Minutes d'un lever à 1 : 10 000.**

Ces minutes sont exécutées soit par des officiers de toutes armes, détachés momentanément à la brigade topographique, soit par les adjoints du génie de cette brigade. Leur ensemble constitue le *plan directeur* de chaque position fortifiée.

Ce plan, pour une place comme Dijon, par exemple, comprend environ 100 000 hectares. Il est exécuté de la façon suivante :

A l'aide des données fournies par les registres d'observations du Dépôt de la guerre, on calcule les coordonnées rectangulaires de tous les points de la triangulation de la France compris dans la région, en les rapportant à un point central du lever choisi pour origine.

Entre ces points on exécute, avec la boussole, des cheminements passant par les routes et les chemins principaux. Ces cheminements, bridés, à chaque extrémité, entre des points fournis par les sommets de la triangulation, servent à leur tour à l'assemblage des plans parcellaires du cadastre, réduits par la photographie, à l'échelle de 1 : 10 000. Ils servent, en outre, de base aux topographes chargés de l'achèvement du lever.

Avant d'être transportée sur le terrain, chaque planchette présente donc une planimétrie à peu près complète, entourée d'un cheminement fournissant de nombreux points de repère. Le topographe n'a plus qu'à reviser la planimétrie en la complétant, s'il y a lieu, et à définir le relief du terrain à l'aide de sections horizontales équidistantes de cinq mètres et filées partiellement.

Pour achever ce travail, on emploie la petite planchette munie du déclinatoire et l'alidade nivéatrice.

Les altitudes sont d'ailleurs rapportées au niveling de précision de la France (niveling Bourdaloue), auquel on a rattaché les cheminements exécutés à la boussole.

#### 4. Rédaction manuscrite des levers à 1 : 10 000.

Il est fait deux rédactions manuscrites des levers à 1 : 10 000, sur feuilles de papier collées sur toile et présentant une longueur de 1 mètre sur une hauteur de 0<sup>m</sup>,60.

Ces feuilles sont destinées, l'une, au Dépôt des fortifications et, l'autre, à la place intéressée.

Elles sont exécutées par les dessinateurs de la brigade topographique, à l'aide des minutes du lever.

Les teintes employées sont : pour les cours d'eau, le bleu ; pour les maisons, le carmin ; pour les courbes horizontales, le brun ; pour les arbres et les haies, le vert ; et pour les chemins et les écritures, l'encre de Chine.

Enfin, les prairies, les friches, les bois et les vignes sont indiqués par des teintes plates. On exécute ces teintes au moyen d'un semis à la brosse, pour ne point déformer le papier ni délaver les traits du dessin.

#### 5. Reproduction photozincographique des levers à 1 : 10 000.

Outre la rédaction manuscrite, les levers à 1 : 10 000 sont l'objet d'un tirage spécial à cinquante exemplaires destinés aux directeurs et aux commandants de l'artillerie et du génie pour leurs études de défense.

Ce tirage s'exécute à l'atelier de photolithographie du Dépôt des fortifications, placé sous la direction du commandant de la brigade. A cet effet, au fur et à mesure que les levers sont achevés, ils sont envoyés à la section centrale, qui comprend des dessinateurs. Là on en fait, suivant le format adopté, des calques, d'après lesquels on exécute des clichés photographiques, qui servent au report sur plaque de zinc pour le tirage zincographique.

Ce report se fait par le procédé dit au *bitume de Judée*.

Les teintes de culture sont posées, sur les épreuves, au patron et à la brosse.

**6. Reproduction photozincographique à 1 : 20 000, des levers  
à 1 : 10 000.**

Les calques qui ont servi à la reproduction des levers à 1 : 10 000 servent également, assemblés par quatre, à l'exécution d'une seconde édition des plans directeurs à échelle moitié, c'est-à-dire à l'échelle de 1 : 20 000.

Les procédés de tirage sont les mêmes.

Cette édition, plus commode pour les études d'ensemble, sera tirée en plusieurs couleurs. (Le temps a manqué pour donner un spécimen du tirage définitif. L'épreuve exposée est simplement en noir.)

**II. Carte de la France du Dépôt des fortifications  
à l'échelle de 1 : 500 000.**

Exécutée, sous la direction et avec la participation du capitaine du génie PRUDENT, et avec l'aide du capitaine du génie PETIT, par MM. DUMAS-VORZET, MOEBS, CONSTANS et LALOY; gravée par EHRARD.

**7. Carte assemblée.**

**8, 9. Deux feuilles : type routier et type orohydrographique.**

**10. Quart de feuille, nouveau mode de publication.**

**11, 12, 13. Minute, au crayon, du figuré du terrain. — Sa traduction manuscrite et sa reproduction en héliogravure.**

**14, 15, 16. Albums des feuilles publiées suivant les trois types.**

Cette carte est destinée à remplacer la carte de France, à 1 : 864,000, pour le service du génie militaire, éditée en 1825 par le Dépôt des fortifications, et sur laquelle le figuré du terrain n'est pas à la hauteur des connaissances actuelles. Elle a été commencée en 1871.

Elle s'étend d'Ouessant à Francfort, et de La Haye à l'embouchure de l'Èbre. Les pays étrangers y sont traités avec les mêmes détails que la France elle-même. Elle est divisée en quinze feuilles.

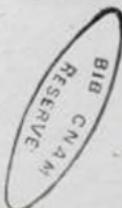
L'impression polychrome a permis de multiplier les détails et de publier, en variant les tirages, trois types : N° 1 complet, N° 2 routier (sans hachures, mais avec courbes de niveau de 100 mètres en 100 mètres), N° 3 orographique, qui ne donne que le figuré du terrain, les eaux et les noms se rapportant soit à l'orographie, soit aux anciens pays de France (Pagi), dont un grand nombre spécifient des régions ayant des caractères particuliers.

La planimétrie a pour base la carte de France à 1 : 80 000, corrigée et complétée par des renseignements divers fournis principalement par les administrations publiques.

On n'a admis à figurer sur la carte que les localités, chefs-lieux de communes ou annexes, qui présentent un intérêt spécial, à cause soit de l'importance de leur population, soit de leur position sur des voies de communication, soit de leur notoriété au point de vue commercial, agricole, industriel ou historique. On a en outre fait figurer, comme sur la carte orographique, les noms des anciens pays de France.

Le figuré du terrain, dont les minutes ont été dessinées au crayon par le capitaine Prudent, soit en lumière oblique pour les surfaces anguleuses, soit en lumière zénithale pour les pays de plateaux, a été fait, pour la France, d'après la carte à 1 : 80 000, contrôlée par la recherche de courbes de niveau de 100 mètres en 100 mètres et par les cartes géologiques les plus récentes, et, pour les régions étrangères, d'après les meilleurs documents topographiques, géologiques et hypsométriques, ainsi que par la discussion d'ouvrages spéciaux et de panoramas de montagnes.

Jusqu'ici le figuré du terrain a été fait au moyen de hachures gravées sur pierre. On espère arriver à une interprétation plus fidèle par la reproduction, en gravure héliographique, d'un dessin à la plume fait sous les yeux du capitaine Prudent d'après sa minute au crayon. Comme spécimens de cette nouvelle manière, on a exposé : 1<sup>o</sup> la minute du quart sud-ouest de la feuille III ; 2<sup>o</sup> sa transcription en hachures par M. Dumas-Vorzet, et 3<sup>o</sup> sa reproduction en héliogravure par M. Dujardin.



**17. Carte hypsométrique de la France à 1 : 500 000.**

Les sections horizontales de 100 mètres en 100 mètres, que l'on a déterminées pour la carte à 1 : 500 000, ont permis d'établir, à la même échelle et par des teintes mises au pinceau, un essai de carte hypsométrique. En vue de la simplification des tirages d'une impression polychrome, on a adopté : le jaune pour les zones au-dessous de 500 mètres, le vert pour les zones de 500 à 1,000 mètres et le brun pour les altitudes plus grandes. Chacune de ces nuances a d'ailleurs été divisée en zones dont les intensités croissent avec les altitudes, et l'on a fait correspondre les limites de ces subdivisions aux altitudes qui caractérisent le mieux les reliefs des diverses régions de la France; ainsi avec l'altitude 300 mètres, qui caractérise la Bretagne, avec l'altitude 500 mètres, qui caractérise la Côte-d'Or, avec l'altitude 700 mètres, qui convient au Morvan, etc.

L'augmentation progressive des intensités avec les hauteurs met bien en évidence l'élévation au-dessus de la mer, en même temps qu'elle accuse toutes les vallées principales et les points de passage, soit dans les montagnes, soit même dans les pays de hautes collines.

**III. Travaux divers de topographie et de dessin topographique.**

**18. Carte murale à 1 : 5 000 du golfe de la Spezzia.**

Par le capitaine de génie CLERC.

Cette carte, exécutée pour être mise sous les yeux de Napoléon 1<sup>er</sup>, d'après les minutes à 1 : 1000 levées de 1809 à 1811 par le capitaine du génie Clerc, le créateur, en France, des méthodes qui conviennent aux leviers nivélés à grande échelle, offre

un des premiers exemples de sections horizontales rigoureusement déterminées sur un terrain étendu.

Les minutes à 1 : 1000 sont conservées au Dépôt des fortifications. Un plan-relief à la même échelle, exécuté par le capitaine Clerc, existe dans la galerie des plans-reliefs aux Invalides.

**19. Carte des positions entre la Vésubie et la Roya.**

Minute d'un lever de 24 kilom. et demi sur 14 kilom., à l'échelle de  $\frac{1}{20000}$ , faite et dessinée par le capitaine du génie WAGNER (1865).

Le lever a été exécuté uniquement avec une planchette légère, un petit déclinatoire et une alidade nivélatrice. (Voir ces instruments à l'exposition du Dépôt des fortifications, classe XV, instruments de précision.)

Le travail sur le terrain a été fait sans triangulation préalable et sans l'aide de leviers antérieurs, en quatre-vingts jours de présence, sur ce terrain et, par conséquent, à raison de plus de quatre kilomètres carrés par jour.

SPÉCIMENS DIVERS

DE CARTES TOPOGRAPHIQUES À LUMIÈRE OBLIQUE.

**18. Carte au 5000<sup>e</sup> du golfe de la Spezzia**, par le capitaine Clerc.

**19. Carte au 20 000<sup>e</sup> des positions entre la Vésubie et la Roya**, par le capitaine Wagner.

**20. Carte au 80 000<sup>e</sup> des environs de Toulon**, selon la méthode du capitaine de la Noë.

**21. Carte au 50 000<sup>e</sup> des environs du Saint-Gothard**, selon la méthode du lieutenant-colonel Goulier.

L'hypothèse dite de la lumière zénithale, pour l'expression des formes du terrain, est simple et suffisante pour les pays de collines; mais elle est impuissante pour rendre les crêtes aiguës des hautes montagnes. Aussi les ingénieurs qui ont surtout opéré dans celles-ci ont-ils été conduits invinciblement à faire usage de la lumière oblique. Le Dépôt de la Guerre lui-même, malgré sa fidélité absolue au principe de la lumière zénithale, ne laisse pas

que d'employer la lumière oblique pour l'expression de toutes les crêtes rocheuses, qui, sans cela, seraient inintelligibles.

Pour cette lumière oblique, on a généralement admis : 1<sup>o</sup> que l'on devait supposer le terrain éclairé par de la lumière diffuse (sans ombres portées), et 2<sup>o</sup>, sauf de rares et malheureuses exceptions, que cette lumière devait venir de l'angle supérieur gauche du cadre (le nord-ouest). Cette dernière convention est la conséquence forcée de la position que le dessinateur donne à sa table de travail, près d'une fenêtre, de manière à éviter d'être gêné par les ombres que porte son crayon ou son pinceau.

En général, dans le service du génie, on fait la mise à l'effet des cartes topographiques dans l'hypothèse de l'éclairage zénithal. On a pensé qu'il était peu utile d'en exposer des spécimens, mais qu'il convenait de mettre en évidence les effets de lumière oblique obtenus par diverses méthodes.

#### LUMIÈRE OBLIQUE ARTISTIQUE, AVEC EFFET DE PERSPECTIVE AÉRIENNE.

Appliquée dans la carte murale du golfe de la Spezzia, levée et dessinée par le capitaine du génie CLERC (1811).

Dans cette méthode, qui était suivie par certains ingénieurs géographes militaires, on adopte les vieilles règles du lavis d'architecture. On met sur les surfaces des teintes d'encre de Chine dont les intensités sont d'autant plus faibles que ces surfaces sont plus directement exposées aux rayons lumineux, de sorte que les versants exposés au nord-ouest sont les plus pâles et que ceux qui regardent le sud-est sont les plus foncés. Mais, sur les versants situés du côté de la lumière, on renforce les demi-teintes en descendant vers le fond des vallées; du côté opposé, au contraire, on dégrade la teinte foncée depuis la crête jusqu'au pied du versant. Il en résulte que les versants nord-ouest sont brillants seulement à leur sommet, et que les fonds des vallées sont noyés dans une demi-teinte grise qui rappelle les lointains vaporeux et qui produit une certaine sensation de perspective aérienne. (Voir la note au bas de la page 60.)

## LUMIÈRE OBLIQUE ARTISTIQUE, SANS EFFET DE PERSPECTIVE AÉRIENNE.

Appliquée dans la carte des positions entre la Vésubie et la Roya, levée et dessinée par le capitaine du génie WAGNER (1863).

Cette méthode ne diffère de la précédente que parce que l'on y a fait abstraction des effets de la perspective aérienne et que les intensités des teintes ne dépendent que des inclinaisons des rayons lumineux sur les surfaces. Elle se rapproche, plus que l'autre, de l'aspect que présente la photographie d'un relief éclairé obliquement par de la lumière diffuse.

## LUMIÈRE OBLIQUE GÉOMÉTRIQUE.

Méthode du capitaine du génie DE LA NOË, appliquée dans la carte des environs de Toulon, à 1 : 80 000 (1868-69).

(Voir le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 25, pages 329 et suivantes.)

Dans cette méthode, on imagine une série de tranches faites, dans le terrain, par des plans inclinés équidistants et perpendiculaires à la direction admise pour les rayons lumineux. Les projections des sections produites par ces plans sont plus écartées pour les surfaces exposées à la lumière, et plus serrées pour les surfaces opposées. Ces projections servent de guide au modelé, que l'on produit en posant, sur chaque élément de la surface, des teintes d'autant plus foncées que ces courbes auxiliaires sont plus rapprochées les unes des autres. L'effet obtenu est analogue à celui que produit la machine Collas, dans la gravure mécanique des médailles, en rabattant, autour de leurs traces comme charnières, des *profils* équidistants.

## LUMIÈRE OBLIQUE TOPOGRAPHIQUE.

Appliquée dans la carte des environs du Saint-Gothard, levée par le capitaine du génie PETITBON, d'après la méthode géométrique du lieutenant-colonel du génie GOULIER (1875).

Dans les méthodes précédemment indiquées, les surfaces les plus pâles sont celles des versants exposés à la lumière. Ces mé-

thodes sont applicables à toute espèce de terrains, pourvu que, conformément à leur principe, on teinte assez fortement toutes les surfaces horizontales : lacs, étangs, plaines ou plateaux. Cette teinte sur les surfaces horizontales est souvent une gêne, qui est évitée avec le système adopté, pour les régions montagneuses, dans la carte de Suisse du général Dufour. Dans cette magnifique carte, les pentes qui ont la même orientation sont modelées, comme dans l'hypothèse dite de la lumière zénithale, par des teintes d'autant plus foncées que ces pentes sont plus raides. Mais la gamme des tons employés varie d'intensité avec l'orientation des pentes : faible pour les pentes exposées au nord-ouest ; elle est plus forte pour celles qui regardent le sud-ouest ou le nord-est, et plus forte encore pour celles qui descendent vers le sud-est. Une conséquence de ces conventions, c'est que les surfaces horizontales doivent rester blanches (1). Cela rend les effets

(1) Les conventions ainsi formulées sont très-simplement applicables non-seulement au dessin topographique, mais encore aux dessins d'architecture et de machines, quand on veut y éviter les ombres portées tout en modelant les formes des corps. Elles sont suivies d'instinct par les dessinateurs de machines. Toutefois, faute de les avoir formulées, ces dessinateurs se laissent trop guider par des ressouvenirs des effets des dessins artistiques. Ainsi ils font usage de quelques ombres portées ; ainsi la génératrice des cylindres qu'ils laissent sans teinte n'est pas celle dont le plan tangent est parallèle au plan du tableau, et cependant ils laissent sans demi-teintes tous les plans parallèles à ce tableau ; ainsi ils font usage de reflets, au lieu de faire fuir les surfaces par une simple atténuation de l'intensité de leur teinte ; etc.

D'ailleurs, ces dessinateurs, tout aussi bien que les architectes qui font du lavis artistique, commettent un contre-sens, quand, sur le dessin d'un objet qui se détache sur un fond blanc, ils cherchent à faire fuir les plans éclairés en augmentant progressivement l'intensité de la demi-teinte d'encre de Chine sur les parties qui s'éloignent de l'œil. Les uns et les autres, pour produire des effets de perspective aérienne, doivent atténuer progressivement les *ombres*, les *demi-teintes* et les *couleurs*, à mesure que les surfaces auxquelles elles se rapportent s'éloignent de l'œil. En un mot, ils doivent, *comme cela a lieu dans la nature*, faire converger toutes les nuances des objets qui s'éloignent vers celle du ciel, *c'est-à-dire vers le blanc, puisque dans les dessins graphiques le ciel est formé par le blanc du papier*.

Si exceptionnellement on voulait peindre ce ciel, on compléterait l'effet de la perspective aérienne en dégradant la couleur de ce ciel sur les corps représentés, depuis les plus éloignés jusqu'aux plus voisins. L'effet produit ne serait pas de l'*art*, mais il serait *rationnel* et, par suite, *très-satisfaisant pour l'œil*.

auxquels elles conduisent peu satisfaisants quand on les applique aux pays de plateaux. Aussi a-t-on adopté, en Suisse, pour ces derniers terrains, l'hypothèse de la lumière zénithale. Il en résulte un défaut d'unité ; mais ce défaut est *inappréhensible* dans la carte de Suisse, car on y passe sans effort aucun, et sans qu'on s'en aperçoive, de la lumière oblique, admise dans les parties montagneuses à crêtes vives, à la lumière zénithale, appliquée dans les pays de collines.

Les conventions dont il vient d'être question n'ont été appliquées qu'au sentiment dans la carte gravée au 100 000<sup>e</sup>. Pour le lavis de la carte des environs du Saint-Gothard, exécuté sur des reproductions des minutes au 50 000<sup>e</sup> de la carte de la Suisse, le lieutenant-colonel du génie Goulier a étendu à cette lumière oblique conventionnelle la méthode géométrique de lavis, qu'il avait créée, dès 1844, pour le lavis à lumière zénithale. Pour exécuter cette carte, on a fait d'abord un lavis, dans l'hypothèse de la lumière zénithale, avec des couleurs exprimant les diverses indications fournies par le trait de cartes imprimées ; à cet effet on a employé : la sépia pour les surfaces couvertes de terres végétales, le bleu de Prusse pour les neiges, les névés et les glaciers, la teinte neutre pour les surfaces rocheuses dénudées, et un mélange de teinte neutre et de terre de Sienne calcinée pour les rochers. Ce modelé, qui eût pu être exécuté avec une couleur unique, est obtenu par la superposition *méthodique* de trois à quatre teintes, dont les intensités sont réglées par un diapason. Puis, pour obtenir l'effet de lumière oblique, on superpose à ce premier lavis, sur les versants autres que ceux qui sont exposés au nord-ouest, et méthodiquement, quatre à cinq teintes d'encre de Chine, dont les intensités sont aussi réglées par le diapason.

En employant ainsi l'encre de Chine pour ombrer, on obtient un effet plus expressif que celui qui résulterait du simple renforcement des couleurs.

Pour passer de ce genre de modelé à celui de la lumière zénithale, qui convient aux pays de collines, il suffit, dans ceux-ci, d'employer les couleurs sans superposition d'encre de Chine, et en

se guidant sur un diapason d'une intensité double de celui qui a servi pour le modelé des couleurs des pays de montagnes.

Avec cette méthode, *pas d'hésitation, pas de retouches, pas de repentirs, identité des effets obtenus par différents dessinateurs.*

On aurait pu donner à ce travail un aspect artistique, très agréable à l'œil, en y ajoutant des effets de perspective aérienne, produits par une teinte légère de bleu outremer placée dans les vallées et dégradée en montant sur leurs berges. On a préféré montrer le résultat brut de la méthode géométrique.

#### IV. Reliefs de diverses sortes.

Exécutés par l'atelier de la galerie des plans-reliefs, dirigé par le lieutenant-colonel du génie en retraite LE BEURRIÉE.

##### 22. Plan-relief de fortification, en plâtre.

Ce plan-relief, qui représente un des forts du camp retranché d'Anvers, a été exécuté à la galerie des plans-reliefs, d'après les dessins fournis par le Dépôt des fortifications. Ce genre de travail, qui s'exécutait autrefois entièrement à la main, se fait aujourd'hui au moyen d'une petite raboteuse mécanique mue par une machine à gaz de la force d'un cheval. Grâce à ce procédé, les modèles se font cinq à six fois plus vite et avec une précision beaucoup plus grande.

##### 23, 24, 25. Reproduction de plans-reliefs de fortification, en staff.

Le dépôt expose trois types différents : le front avec ravelin de la place d'Anvers, le front de la nouvelle enceinte de Königsberg et le fort demi-permanent de Ca-Vecchia, du camp retranché de Vérone. Le modèle de chacun de ces ouvrages a été exécuté à la galerie des plans-reliefs par le procédé ci-dessus décrit ; puis, il a été livré à un mouleur, qui en a tiré un creux en gélatine au

moyen duquel il a reproduit ensuite, en *staff* (1), le nombre voulu d'exemplaires; enfin, ces exemplaires ont été revêtus des teintes conventionnelles adoptées dans le lavis de la fortification.

L'emploi, d'une part, de la machine-outil pour la confection des modèles, et, d'autre part, du procédé de reproduction qui vient d'être décrit, va permettre de doter, rapidement et relativement à bon marché, d'une collection de plans-reliefs d'ouvrages de fortification, toutes les écoles militaires et les bibliothèques de garnison. Déjà les plans-reliefs de six ouvrages ont été livrés à ces établissements.

**26, 27. Plans-reliefs de terrain.**

Les deux plans-reliefs exposés, l'un à gradins, l'autre à surface continue, représentent la même portion du plan directeur à 1:10 000 de la place de Dijon.

Dans le plan à gradins, l'équidistance des courbes est de cinq mètres; on a pris l'échelle des hauteurs égale à celle du plan; la hauteur de chaque gradin est donc d'un demi-millimètre. Pour ce genre de travail, la machine-outil, dont il a été parlé ci-dessus, permet d'opérer avec une grande rapidité et beaucoup de précision. Elle donne du premier coup et sans retouches un relief en plâtre parfait. Le procédé est donc supérieur au système Bardin, dans lequel on arrive à un résultat à peu près semblable, en superposant un certain nombre de feuilles de carton découpées suivant les courbes du terrain. Avec ce dernier système, l'équidistance est rarement correcte. Son emploi exige, d'ailleurs, des moulages délicats et des râgréments.

Le procédé employé à l'atelier de la galerie des plans-reliefs, pour la première fois, à ce que nous croyons, constitue une véritable innovation, et il permettra de faire rapidement, si l'on veut, des plans directeurs en relief de nos principales places fortes et de leurs environs.

(1) Couches minces alternatives de plâtre encollé et de toile claire.

Le plan-relief à surface continue a été obtenu au moyen d'un plan-relief à gradins, dont on a abattu les arêtes. On y a ensuite appliqué les teintes conventionnelles de la topographie.

**28. Plan-relief à 1 : 200 d'un stand d'instruction à l'usage de l'armée, à trois créneaux et de 200<sup>m</sup> de portée.**

Exécuté en bois à l'atelier de la galerie des plans-reliefs, d'après les projets du général de brigade TEISSIER.

(Voir l'*Étude sur l'organisation des stands à l'usage des militaires*, par le général TEISSIER. In-8° et 10 pl., Paris, Imprimerie nationale, 1877.)

Le but qu'on s'est proposé est de pouvoir installer un champ de tir, économique et inoffensif, dans le voisinage des lieux habités ou très-fréquentés, et en même temps de laisser au tireur la faculté de juger la valeur de son tir.

Placé à la station derrière un créneau, ce tireur aperçoit, par une première fenêtre large de 0<sup>m</sup>,25, une partie de la butte, sur une largeur de 4 mètres et sur une hauteur suffisante. La cible est placée dans l'axe de ce champ de visibilité.

Le dispositif a pour effet d'arrêter : 1<sup>o</sup> toutes les balles dont les trajectoires n'iraient pas rencontrer directement cette partie visible de la butte, 2<sup>o</sup> toutes celles qui pourraient éprouver un ou plusieurs ricochets sur les écrans ou paraballes, 3<sup>o</sup> toutes celles qui, tirées trop bas, mais passant au-dessus du paraballe inférieur, tendraient à ricocher sur le sol. Pour cela, ce sol a été excavé, en avant de la butte, de telle sorte que sa face supérieure soit parallèle à la direction de la trajectoire la plus inclinée des balles capables de ricocher.

La probabilité qu'une balle puisse échapper aux paraballes et à la butte est du même ordre que la fraction (1/10)<sup>9</sup>.



