

Auteur ou collectivité : Conservatoire national des arts et métiers (France)

Auteur : Conservatoire national des arts et métiers (France)

Titre : Catalogue du musée. Section H, Géodésie, levé des plans, photogrammétrie

Adresse : Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1953

Collation : 1 vol. (147 p.) : ill. ; 21 cm

Cote : CNAM-MUSEE AM5

Sujet(s) : Conservatoire national des arts et métiers (France) ; Musée des arts et métiers (Paris)

-- Catalogue ; Géodésie ; Arpentage ; Photogrammétrie ; Appareils et instruments scientifiques

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?M6126>

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

CATALOGUE DU MUSÉE

SECTION

H



GÉODÉSIE
LEVÉ DES PLANS
PHOTOGRAMMÉTRIE



P A R I S

1 9 5 3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GÉODÉSIE
LEVÉ DES PLANS
PHOTOGRAMMÉTRIE

SALLE 13

Classification décimale internationale 529 et 526.9

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

CATALOGUE DU MUSÉE

SECTION

H

GÉODÉSIE
LEVÉ DES PLANS
PHOTOGRAMMÉTRIE



1 9 5 3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits de traduction, d'adaptation et de reproduction
réservés pour tous les pays.

Copyright by CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS, 1953.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Table des gravures.....	7
Index des inventeurs	11
Index des constructeurs.....	13
Plan d'indexation.....	15
ÉVOLUTION DES INSTRUMENTS ET DES PROCÉDÉS.....	19
INSTRUMENTS DE MESURES LINÉAIRES..... H 1	25
Mesure directe des longueurs en topographie..... H 1-1	26
Mesure directe des longueurs en géodésie..... H 1-2	29
Mesure indirecte des longueurs, stadimètres..... H 1-3	31
Mesure indirecte des longueurs, télémètres..... H 1-4	36
INSTRUMENTS DE MESURES ANGULAIRES..... H 2	41
Mesures angulaires en topographie..... H 2-1	45
Boussoles	H 2-11 46
Équerres	H 2-12 49
Graphomètres, pantomètres.....	H 2-13 52
Planchettes et alidades.....	H 2-14 56
Cercles et divers.....	H 2-15 60
Mesures angulaires en topométrie.....	H 2-2 63
Mesures angulaires en géodésie.....	H 2-3 66
Détermination du point à la mer.....	H 2-4 75
INSTRUMENTS DE MESURES ALTIMÉTRIQUES..... H 3	81
Mesure directe des différences de niveau.....	H 3-1 82
Mesure indirecte des différences de niveau : éclimètres.....	H 3-2 94
Mesure indirecte des différences de niveau : clisimètres.....	H 3-3 97
Mesure indirecte des différences de niveau : baromètres	H 3-4 101

INSTRUMENTS MIXTES DE MESURES LINÉAIRES, ANGULAIRES ET ALTIMÉTRIQUES	H 4	103
PHOTOTOPOGRAPHIE	H 5	121
PHOTOTOPOGRAPHIE TERRESTRE.....	H 5-1	122
Métrophotographie terrestre.....	H 5-11	122
Stéréotopographie terrestre.....	H 5-12	129
Phototopographie aérienne.....	H 5-2	130
PLAN, DESSINS ET DIVERS.....	H 6	139



TABLE DES GRAVURES

	Pages
1. - Chaînage par portées horizontales.....	25
2. - Réduction à l'horizon par le calcul.....	25
3. - Appareils pour la mesure des bases géométriques..... 14.043	30
4. - Principe du stadimètre.....	31
5. - Mire parlante.....	32
6. - Principe du stadimètre à variation de pente.....	32
7. - Mire stadimètre de Paucellier et Wagner..... 7.750	33
8. - Lunette télémétrique d'Évrard (schéma de principe).....	34
9. - Principe du télémètre.....	36
10. - Télémètre stéréoscopique..... 13.425	37
11. - Télémètre stéréoscopique (schéma)..... 13.425	38
12. - Angle plan.....	41
13. - Angle dièdre.....	41
14. - Projection d'un angle de l'espace.....	41
15. - Principe des appareils de mesures angulaires..... 10.511	42
16. - Schéma de construction d'une lunette astronomique.....	42
17. - Schéma de construction d'une lunette astronomique (marche des rayons lumineux).....	43
18. - Schéma du vernier.....	43
19. - Boussole à prisme du Colonel Goulier..... 10.508	47
20. - Équerre octogonale..... 5.058	49
21. - Équerre Coutureau à deux miroirs..... 14.395	50
22. - Équerre Coutureau à miroirs (marche des rayons lumineux).....	50
23. - Principe des transversales (1 ^{er} modèle).....	52
24. - Principe des transversales (2 ^e modèle).....	52
25. - Graphomètre à deux lunettes et niveau à bulle d'air de Gourdin..... 926	54
26. - Déclinatoire par Bianchi..... 6.698	57

		Pages.
27. - Cercle hollandais à pinnules avec boussole.....	923	62
28. - Cercle d'alignement par Morin.....	14.394 ¹	63
29. - Cercle d'alignement (schéma).....		64
30. - Champ de la lunette du micromètre de Lugeol..		65
31. - Schéma de triangulation.....		66
32. - Quart de cercle en bois avec lunette simple.....	1.494	67
33. - Cercle répétiteur.....	8.604	69
34. - Schéma du cercle répétiteur.....		69
35. - Théodolite ancien construit par Jean Dupuis.....	14.363	71
36. - Astrolabe à prisme, système Claude et Driencourt...	13.809 ¹	72
37. - Schéma de l'astrolabe à prisme.....		73
38. - Schéma du sextant.....		75
39. - Sextant par Bianchi.....	6.692	77
40. - Sextant de poche de Elliot frères.....	6.622	78
41. - Cercle à réflexion de Borda.....	1.842	80
42. - Principe du nivellement direct.....		82
43. - Schéma du niveau d'eau.....		82
44. - Schéma du niveau de maçon.....		83
45. - Schéma de la nivelle à bulle d'air.....		83
46. - Niveau d'eau en cuivre avec pied par Bianchi.....	6.693	84
47. - Lunette de nivellement à double corps de Le Febvre.	7.481	86
48. - Niveau, type de la Commission du Nivellement Général de la France avec diastimomètre Sanguet.....	11.891	88
49. - Niveau, type de la Commission du Nivellement Général de la France (schéma).....		89
50. - Niveau-lyre.....	8.964	90
51. - Principe des éclimètres.....		94
52. - Niveau de Ciechansky.....	3.063	95
53. - Principe des clisimètres.....		97
54. - Niveau de pente de Chézy.....	5.060	98
55. - Clisimètre Goulier.....	13.039	99
56. - Théodolite à pinnules.....	5.480	104
57. - Instrument à lunette réductrice de Paucellier et Wagner	7.749 ¹	106
58. - Tachéomètre autoréducteur Sanguet.....	12.871 ¹	107
59. - Tachéomètre autoréducteur Sanguet (schéma).....		108
60. - Tachéographe Schröder.....	12.887 ¹	109

		Pages.
61. - Planchette de Kern.....	12.840	111
62. - Règle écliètre du Colonel Goulier.....	9.088 ¹	112
63. - Règle écliètre du Colonel Goulier, tableau focal....		112
64. - Alidade nivelatrice simple du Colonel Goulier.....	9.026	113
65. - Boussole directrice de marche du Commandant Delcroix.....	12.563	115
66. - Boussole rapporteur du Colonel Peigné.....	13.006	116
67. - Profilographe de Dumoulin et Froment.....	13.758	117
68. - Métrophotographie terrestre (schéma d'un cliché)...		122
69. - Métrophotographie terrestre (schéma de restitution).		122
70. - Télémétrographe du Colonel Laussedat.....	10.552	125
71. - Planchette photographique de A. Chevalier.....	10.778	126
72. - Stéréophototopographie terrestre (schéma de principe).		129
73. - Prise de vue aérienne (schéma par cliché isolé).....		130
74. - Prise de vue aérienne (schéma par couple de clichés).		130
75. - Stéréophotographie Poivilliers-SOM. type A.....	19.282	132
76. - Schéma du stéréophotographe Poivilliers.....		133
77. - Plan des environs de Metz avec courbes de niveau.	6.614 ² .	140
78. - Plan en relief du Mont-Blanc.....	8.316	141
79. - Plan-relief de la Ville de Paris.....	11.880	142



LISTE DES INVENTEURS

ABNEY, 95.
AMSLER, 23.
AREGGER, 23.

BAUERFELD, 23, 136.
BELLINI, 35.
BOLLES, 73.
BORDA, 79, 80.
BOSSHADT, 23.
BRANDER, 22.
BUREL, 90.

CARBONNEL, 85.
CHEVALLIER, 126.
CHEZY (de), 97, 98, 100.
CLAUDE, 72.
CLERC, 29.
CORADI, 23.
CORET, 92.
COUTUREAU, 50.

DANFRIE, 22.
DAVIS, 96.
DELCROIX, 114, 119.
DEVILLE, 23.
DIGGES, 22.
DOU, 22.
DRIENCOURT, 72.
DUMOULIN, 86, 118.

EGAULT, 93.
EVRARD, 34.

FERBER, 23, 135.
FLEURIAIS, 79.

GACOIGNE, 22.
GALILÉE, 22.
GALLAND, 101.

GAUSS, 22.
GAVARD, 62.
GILLIO, 100.
GOULIER, 36, 47, 100, 112, 113,
116, 120.
GREEN, 22.
GUETTIER, 85, 91.

HADLEY, 76.
HATT, 23.
HONARD, 48.
HOOKE, 22.
HUGERSHOFF, 23.
HUYGENS, 22.

JORDAN, 22.

KATER, 48.
KERN, 56, 110, 114.

LALANNE, 23.
LAUSSEDAT, 20, 22, 23, 122, 123,
124, 126, 128, 129, 130, 131.
LEBLANC, 85, 90.
LEBOULANGE, 39.
LUGEOL, 65.

MONTANARI, 22.

NADAR, 124.
NISTRI, 23.
NUNEZ, 22.

OCAGNE (d'), 23.
OHREL (Von), 23.

PEAUCELLIER, 33, 105, 108, 119.
PEIGNÉ, 110, 115.
PODIO, 37.
POIVILLIERS, 23, 131.

PORRO, 22.
PULFRICH, 23.
QUINEMANT 37,.
RICHTER, 22.
ROUSILHE, 23, 136.
SAMAIN, 85.
SANGUET, 22, 87, 106, 109, 118.
SAPIA, 38.
SCHRÖDER, 109, 119.
SOUMILLE, 96.

THOUVENIN, 38.
TIXÈDRE, 110.
TRINQUIER, 118.
TUREAU-DANGIN, 21.
TYCHO-BRAHE, 22.

VALLÉRY, 51.
VERNIER, 22.
VAUSSIN-CHARDANNE, 28.

WAGNER, 33, 105, 108, 119.
WILD, 23.



LISTE DES CONSTRUCTEURS

- | | |
|---|---------------------------------------|
| Adams, 27, 76. | Ferat, 55, 100. |
| Balbrech, 109, 110, 119. | Fortin, 70. |
| Baradelle, 93. | François, 38. |
| Bardin, 140, 141, 144, 145. | Froment, 86, 118. |
| Bardou 126. | Gaggini, 37. |
| Barthélemy, 51, 87. | Gallus, 135. |
| Berthoud, 48. | Gambey, 70, 72, 80. |
| Bellet, 69. | Gourdin, 53, 56. |
| Bellieni, 35, 51, 54, 56, 58, 90, 99. | Gravet, 90. |
| Bianchi, 33, 50, 51, 52, 56, 58, 76,
83, 114, 120. | Hurliman, 78, 79. |
| Bird, 68. | Jecker, 93. |
| Bourdaloue, 114. | Kirchner, 34. |
| Brander, 59. | Langlois, 46, 55. |
| Brosset, 90, 92. | Lavalier, 96. |
| Brunner, 33, 89, 105, 108, 119. | Lefebvre, 87. |
| Bunten, 91. | Lefevre, 98, 99. |
| Butterfield, 84, 87. | Legey, 96. |
| Canivet, 56, 59. | Lemaire, 58, 61, 117. |
| Carpentier, 30. | Lennel, 55, 68. |
| Ciechansky, 86, 95. | Lenoir, 79, 80, 92, |
| Coignet, 61. | Lerebour, 93. |
| Clair, 91. | Lorieux, 65, 91. |
| Delagrave, 110, 115. | Mailhat, 129, 131. |
| Deleuil, 39. | Marœul, 49. |
| Delure, 64. | Martin, 87, 125. |
| Demichel, 114. | Menant, 55. |
| Dollond, 27, 78, 92. | Merchant, 76. |
| Drivet, 141. | Meuran, 53. |
| Dubois, 46. | Meuris, 60, 62. |
| Duboscq, 126. | Moissette, 37. |
| Ducretet, 123, 124. | Morin, 47, 48, 64, 65, 100, 105, 119. |
| Dupuis, 70. | Muret, 141, 145. |
| Elliot, 78, 95. | Nairne. 104. |
| Ernst, 90. | |

Okermans, 125.

Parent, 26, 28, 58, 59, 113, 116.

Pellin, 129.

Portier, 29, 33, 91, 120.

Ramsoen, 76.

Renaud, 51.

Richard, 124.

Richer, 93, 100.

Rochette, 93, 117, 118.

Secretan, 93.

Sevin, 53.

Simms, 80.

Société des lunetiers, 47, 48, 119.

Société d'optique et de mécanique
de haute précision, 131.

Tavernier-Gravet, 36, 47, 59, 100,
105, 112, 116, 119, 120.

Troughton, 80.

Volet, 79.

Wagner, 28.

Zeiss, 38.



PLAN D'INDEXATION

Le catalogue du Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers comporte des volumes distincts qui correspondent chacun à une science ou à une technique bien déterminée.

Chaque volume est désigné par une lettre conformément au tableau ci-dessous :

INSTRUMENTS ET MACHINES A CALCULER.	A
MÉCANIQUE, ESSAIS DE MATÉRIAUX	B
MACHINES MOTRICES ET RÉCEPTRICES.	C
LOCOMOTION ET TRANSPORTS	D
ÉLECTRICITÉ, MAGNÉTISME	E
TÉLÉCOMMUNICATIONS	F
PHYSIQUE	G
GÉODÉSIE, LE VÉ DES PLANS, PHOTOGRAMÉTRIE.	H
ASTRONOMIE, MESURE DU TEMPS	J
POIDS ET MESURES, MÉTROLOGIE	K
PHOTOGRAPHIE, CINÉMATOGRAPHIES.	L
ARTS GRAPHIQUES.	M
VERRERIE.	N
CHIMIE	P
MINES, MÉTALLURGIES.	R
CÉRAMIQUE	S
INDUSTRIES TEXTILES, TEINTURES ET APPRÊTS	T
MACHINES ET OUTILLAGE AGRICOLES.	U
CONSTRUCTION ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	V
ÉCONOMIE DOMESTIQUE ET HYGIÈNE	X
MATHÉMATIQUES	Y

Chaque volume est divisé en sections et sous-sections qui sont désignées par un nombre par exemple : H 1-2.

Le premier chiffre 1 indique la section, ici : instruments de mesures linéaires le deuxième chiffre indique la sous-section : Mesure directe des longueurs de géodésie. Dans chaque sous-section, chaque objet est désigné par un numéro d'ordre.

La désignation de chaque modèle comporte le numéro d'ordre, le

titre de l'objet, le nom du donateur, la description de l'objet, le numéro d'inventaire, la date d'entrée au Musée sous la forme :

1. *JEU DE RÈGLES A MESURER LES BASES* du Commandant Clerc, construit par Portier.

Règles en bois de 4 mètres de longueur, portant un niveau et dont la hauteur au-dessus du sol et l'inclinaison peuvent être modifiés par glissement le long de deux barres de bois verticales s'appuyant sur le sol.

8.955. — E. 1878

Les tableaux ou dessins, qui sont exposés sont numérotés sous la forme suivante : 8 t ou 24 T ;

Une collection de dessins représentant les principales inventions du XIX^e siècle, donnée par la Commission du Musée centennal du groupe IV de l'Exposition Universelle de Paris en 1900, est exposée sous le numéro 13.397.

Les dessins portant le numéro collectif 13.571 placés dans les meubles de la salle 53, sont communiqués aux personnes qui en reçoivent l'autorisation écrite préalable.

Les problèmes de topographie qui se sont présentés dès l'Antiquité, surtout dans les civilisations non nomades, en Égypte, en Assyrie, en Chine, ont donné lieu presque immédiatement à l'emploi d'un certain nombre d'instruments de topographie, d'abord très rudimentaires, puis de plus en plus précis et compliqués.

Ces appareils ont été, jusqu'au XVII^e siècle, les mêmes que ceux qu'utilisaient les astronomes, ou bien ils ne s'en différenciaient que par quelques détails.

Les problèmes de géodésie proprement dits, au sens moderne de l'étude de la forme et de la dimension de la terre n'ont été vraiment abordés qu'au XVIII^e siècle lorsque la découverte de la terre fut suffisamment avancée et que les premières observations faites par les savants les conduisirent à se préoccuper d'augmenter la précision de leurs connaissances ; c'est à ce moment que les appareils modernes d'une haute précision apparurent.

La section de Géodésie et de Topographie du musée comporte une série très complète des appareils employés depuis le XVII^e siècle ; cet ensemble d'appareils provient de dons qui ont été faits au musée depuis sa création, certains offerts par les administrations qui ont eu la charge, depuis la révolution, d'étudier et de vérifier les étalons de mesures de longueurs et de dresser le cadastre. Quelques-uns des appareils sont entrés au musée aux environs de 1800 ; les plus récemment reçus sont des appareils automatiques de tracé des cartes d'après des photographies aériennes.

ÉVOLUTION DES INSTRUMENTS ET DES PROCÉDÉS DE LA GÉODÉSIE ET DU LEVÉ DES PLANS

Un plan ou carte est la projection orthogonale sur une surface horizontale d'une partie plus ou moins grande de l'espace terrestre. Cette projection permet le dessin en plan des objets qui existent à la surface de la section horizontale considérée.

Cette représentation est faite en réduisant les dimensions naturelles suivant une proportion nécessaire pour la figuration dans les limites obligées d'une feuille de papier. Cette proportion est appelée échelle.

Si la surface de la terre était plane, cette représentation serait relativement simple et ramènerait à la figuration sur la feuille de papier de tracés géométriquement semblables à ceux des détails qui se présentent sur le sol. Mais il n'en est pas ainsi. La forme de la terre est très voisine d'un ellipsoïde de révolution assez peu différent d'une sphère. En outre ce volume est localement déformé par les mouvements de l'écorce terrestre : mers, montagnes, vallées.

Il y a donc nécessité de considérer dans la représentation planimétrique des objets qui existent à la surface de la terre deux causes de déformation des figures : le relief et la forme spiroïdale de la terre.

Celle qui résulte de la courbure générale de la terre ne se considère que sur des étendues assez grandes, selon la précision cherchée au-delà de 10 à 30 km environ.

A ce moment la représentation ressortit à la science appelée « Géodésie ».

C'est de cette science que dépendent les mesures du méridien, l'astronomie de position et l'étude des systèmes de projection.

La construction d'une carte plus ou moins étendue ou d'un plan nécessite le plus souvent la représentation des inégalités superficiels des sols, deuxième cause de déformation de la projection des objets qui s'y trouvent. On y parvient en effectuant le nivellement, opération qui consiste à définir les diverses altitudes des sols par rapport à un plan horizontal de compa-

raison, le plus souvent le niveau moyen des mers qu'on prolonge par hypothèse sous les continents.

On représente généralement les altitudes par une ligne continue dont tous les points sont au même niveau au-dessus du plan de comparaison. On appelle cette ligne *courbe de niveau*. L'ensemble des courbes de niveau exprime sur un plan le modelé du terrain avec ses crêtes, ses thalwegs, croupes, selles, etc.

L'ensemble des opérations nécessaires à la figuration sur la carte et le plan des objets au sol se nomme :

Géodésie pour les opérations primordiales qui mettent en cause la courbure de la terre;

Topométrie pour les opérations qui prétendent déterminer numériquement les éléments linéaires et angulaires de la représentation des points du canevas dans les levés des plans et cartes;

Topographie pour la construction graphique des plans et cartes qui comportent toujours la planimétrie et l'altimétrie;

Arpentage lorsqu'il s'agit de plans de détail et de petites étendues, (on dit encore mesurage ou mensuration).

Les instruments de géodésie, de topométrie, de topographie, levés des plans font l'objet d'une classification ainsi définie :

- Instruments de mesures linéaires,
- Instruments de mesures angulaires,
- Instruments de mesures altimétriques.

Les instruments de mesures linéaires peuvent permettre la détermination directe ou indirecte des distances. Ils peuvent être mixtes et permettre simultanément la détermination des angles et des distances, celles-ci indirectement.

Les instruments de topométrie sont utilisés en même temps qu'au lever du détail des plans, à obtenir la connaissance d'éléments numériques dont la précision est indépendante de l'échelle et limitée uniquement par la valeur des instruments, méthodes et procédés mis en œuvre.

Depuis les travaux du colonel Laussedat une nouvelle catégorie d'instruments s'est introduite dans la classification ci-dessus. Ce sont ceux à l'aide desquels on utilise les photographies qu'on en tire et qui conditionnent la phototopographie ou photogrammétrie.

HISTOIRE SOMMAIRE DE L'ART DE LEVER LES PLANS

Il s'agit d'un art très ancien dont on retrouve des traces près de 3.000 ans avant l'ère chrétienne. On attribue à la civilisation sumérienne, qui se situe dans les plaines basses du Tigre et de l'Euphrate, les premières observations astronomiques, la division du cercle en 360 parties. On a retrouvé à Goudea une statue portant sur les genoux un plan et sur les bords du plan une échelle de proportion. A Telloh, tout

proche, Thureau-Dangin a retrouvé une tablette d'argile datant de 2300 ans avant notre ère et comportant la description littérale et numérique d'un groupe de parcelles cultivées manifestant la compréhension du carré, du rectangle et du triangle rectangle dans la détermination des surfaces. De même les canaux d'irrigation dans cette plaine et plus à l'ouest, à Damas, manifestent la connaissance et la pratique du nivellement. On leur attribue une existence de 4 à 5 millénaires.

Hérodote attribue la naissance de la géométrie aux Égyptiens en conséquence de l'obligation de rétablir les limites après les inondations du Nil. Il est probable qu'il y a eu interpénétration des connaissances sumériennes et égyptiennes quoique les premiers documents égyptiens que l'on retrouve, soit dans les hypogées, soit par les écrits grecs soient postérieurs à la civilisation sumérienne.

On note également que les civilisations hindoues et chinoises où l'on retrouve des éléments de l'art de relever les plans paraissent les avoir puisés dans les sciences chaldéennes et égyptiennes.

On connaît de la science égyptienne le fameux papyrus de Rhind écrit par un scribe du nom d'Amès. C'était un manuel du calculateur à l'usage des marchands et des arpenteurs. Il date de 1700 à 2000 ans avant l'ère chrétienne. Les instruments de l'époque étaient la canne et le cordeau. On retrouve dans la Bible l'évocation de la canne, ancêtre de la perche, des lattes et double-mètres. On retrouve dans les fresques des hypogées des vues de géomètres au travail avec leur cordeau, ancêtre des chaînes d'arpenteur. Le géomètre s'appelait d'ailleurs « harpedonapte », tendeur de cordeau.

Les Grecs avec l'école d'Alexandrie recueillirent les éléments de la géométrie des Égyptiens et tirèrent des notions d'arpentage les principes de la géométrie spéculative. Au point de vue de l'art de lever les plans on trouve chez eux le *dioptré* décrit par Héron d'Alexandrie pour le relevé ou le tracé des angles et la *chorobate* le premier connu des appareils de nivellement. Il n'est pas défendu de penser que les restitutions qui nous sont données du dioptré semblent fallacieuses en ce qu'elles présument connus des principes mécaniques assez modernes.

Par contre il n'est pas interdit de penser que les propriétés du carré étant connues comme celles du triangle rectangle avec la relation $3^2 + 4^2 = 5^2$ on a pu concevoir un instrument pour le tracé de l'angle droit en même temps que pour le tracé de la verticale et de l'horizontale, c'est le niveau de maçon avec fil à plomb et précédant cela le niveau d'eau dont l'ancêtre est la *chorobate*.

Les Romains avec les agrimensores ont développé la technique des Grecs, pendant que les Arabes développaient celles des sumériens avec la boussole et l'astrolabe. Les Romains ont repris la *groma*, ancêtre de l'équerre d'arpenteur, dont on a trouvé le dessin sur la tombe des agrimensores ces ancêtres de l'arpenteur appelés encore *decempedatores* parce qu'ils employaient une canne de dix pieds.

On dit que les Aztèques ont connu l'arpenteur — amantèque — et même le vérificateur des poids et mesures.

En consultant l'œuvre de Laussedat qui fut non seulement l'inventeur de la photogrammétrie, mais aussi un remarquable historien de l'art du lever des plans nous poursuivrons notre revue sommaire. Le moyen âge vit sur les procédés et instruments de l'antiquité romaine et arabe. Au x^e siècle un moine d'Auvergne, Gerbert, épris de la science géométrique, qui a vécu en Espagne et est devenu pape, a créé un instrument, dont la description montre qu'il s'apparente à l'astrolabe et au gnomon, qui comportait des miroirs et lui permettait de « résoudre sur le terrain devant ses nombreux disciples les problèmes de la géométrie pratique ».

La Renaissance introduit dans l'art topographique un bouquet d'inventions neuves : Arbalestrille ou bâton de Jacob du catalan Levi ben Gerson; le quarré ou quadrant géométrique, quart de cercle pour mesurer les angles de l'allemand Purbach.

1571. L'anglais Léonard Digges invente le théodolite.

1597. Le français Danfrie, le graphomètre demi-cercle.

Le danois Tycho-Brahe, l'altazimut.

L'allemand Proetorius (Richter), la planchette à éclimètre.

L'italien Galilée, utilise la lunette et perfectionne le compas de proportion.

En 1612, Jean Dou, arpenteur hollandais, construit le premier cercle à alidade.

Le portugais Nuñez (Nonius), invente un mode de mesure des petits angles que Vernier, français, simplifie.

En 1659 un anglais, Gascoigne, expose la première idée de la mesure des distances à l'aide de l'intersection sur une mire des visées d'angle constant.

1659. Huygens apporte le micromètre oculaire, en 1664, l'anglais Hooke le premier appareil à réflexion pour les prises d'angles.

En 1674 Montanari publie à Bologne la *Livelle Diottrica* le premier appareil stadimétrique.

En 1767 une notice publiée à Augsbourg nous expose la première alidade stadimétrique par Brander.

Ce n'est qu'en 1778 qu'apparaît l'œuvre de l'anglais Green qu'on désigne évidemment à tort comme l'inventeur de la tachéométrie.

Le XVIII^e siècle construit, utilise, perfectionne et notamment travaille à la planchette. Il nous faut arriver au début du XIX^e siècle pour connaître la tachéométrie et le développement des méthodes techniques : projections, coordonnées rectangulaires et polaires, méthodes de la triangulation, des moindres carrés et de figuration des courbes de niveau auxquelles Porro attache son nom.

Il nous faut ensuite dépasser 1870 pour apercevoir le magnifique développement de la technique professionnelle avec les allemands Gauss et Jordan, en Europe centrale, et de la tachéométrie auto-réductrice avec Sanguet en France.

Il nous faut attendre la guerre de 1914-1918 pour comprendre toute l'importance de l'invention de Laussedat, la métrophotographie et les développements qui en ont été effectués par le français-canadien Deville, l'allemand Pulfrich et les inventeurs qui les ont suivis : l'autrichien Von Ohrel, les allemands Hugershoff, Bauerfeld, les français Roussilhe, Poivilliers, le suisse Wild, l'italien Nistri, le français Ferber, belle émulation internationale comme on le voit.

Il faut arriver à 1918 pour avoir le théodolite à prismes de Wild et les tachéomètres à double image Bosshadt et Aregger qui en sont bien la conséquence. C'est dans le dernier quart du XIX^e siècle que se sont développés les accessoires si importants des travaux, topographiques, les planimètres d'Amsler et Coradi, les coordinatographes, les machines à calculer.

C'est depuis le début du XX^e siècle que se sont manifestées les méthodes de calculs graphiques avec la monographie des français Lalanne et d'Ocagne d'un côté et les calculs par le point approché étudiés par l'ingénieur hydrographe Hatt de l'autre.

Nous noterons que toute cette évolution technique ne s'est pas faite seulement pour obtenir de nouveaux moyens de relever les plans, mais encore et surtout pour en définir les éléments avec plus de certitude et plus de précision. On se contentait au XVIII^e siècle de dessiner les propriétés avec la précision graphique sur un point de l'ordre de quelques millimètres. On se contentait de papier dont le jeu dépassait l'ordre du 1/300. On se contentait de surfaces définies en valeur absolues au 1/100.

On sait que la définition de la longueur du mètre a souvent varié. Delambre avait déjà trouvé une erreur de 3,25 dixièmes de millimètres, soit près de 1/3 000 dans les mesures de base où l'on recherche aujourd'hui le millionième avec le fil d'invar.

INSTRUMENTS DE MESURES LINÉAIRES

H 1

Il existe deux manières d'obtenir la distance comprise entre deux points :

1. La mesure directe qui consiste à reporter bout à bout un instrument de dimension connue qui est soit rigide comme une canne et qu'on dénomme règles ou lattes, soit souple comme l'était l'ancien cordeau et qu'on dénomme chaîne ou ruban. Les divers reports de mesure s'appellent « portée ».

2. La mesure indirecte, qui s'obtient à l'aide des stadimètres et des télémètres.

Les plans étant la réduction à une échelle déterminée des détails de la surface terrestre représentés sur un plan horizontal, les longueurs mesurées sur la carte sont « réduites à l'horizon ».

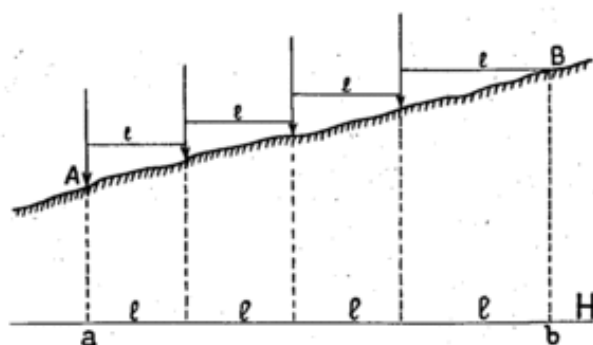


Fig. 1. — Chaînage par portées horizontales.

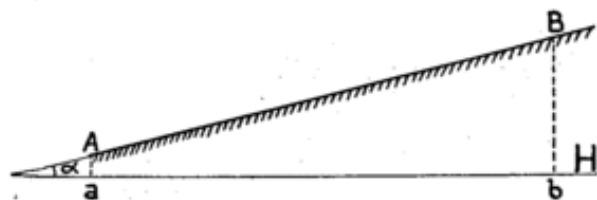


Fig. 2. — Réduction à l'horizon par le calcul.

La réduction à l'horizon peut être obtenue par le mode opératoire employé dans la mesure directe en maintenant horizontal l'instrument de mesure utilisé (fig. 1) et en projetant son extrémité sur le sol à l'aide d'un fil à plomb.

La réduction à l'horizon peut également être obtenue par le calcul en mesurant (fig. 2) la distance AB suivant la pente et l'angle α que fait la droite AB avec l'horizontale.

On a alors : $ab = AB \cos. \alpha$

MESURE DIRECTE DES LONGUEURS EN TOPOGRAPHIE

H 1-1

La précision des mesures à obtenir sur le terrain dépend de l'échelle du plan ou de la carte à établir; plus l'échelle est petite, moins il est nécessaire que la précision soit grande.

Le cordeau, la chaîne d'arpenteur, le ruban d'acier sont aujourd'hui les instruments les plus employés.

Le Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers possède plusieurs exemplaires d'un appareil conçu sur un principe différent : l'odomètre avec lequel la distance est mesurée en comptant le nombre de tours effectués par une roue qu'on pousse devant soi sur le sol et dont la longueur de circonférence est connue.

1. CHAÎNE D'ARPENTEUR.

Don de M. Tranchart.

Appareil classique, en laiton, à maillons articulés, comportant une poignée à chacune de ses extrémités.

Longueur : 20 m, poignées comprises.

9.822. — E. 1882.

2. DÉCAMÈTRE.

Don de la Commission de l'Exposition de Londres, 1851.

Chaîne d'arpenteur avec 10 fichets par Parent, 1851.

4.955. — E. 1851.

3. DÉCAMÈTRE.

Don du Bureau de vérification des Poids et Mesures de Beauvais.

Chaîne d'arpenteur en fer avec anneau de cuivre à chaque mètre.

1.208. — E. av. 1815.

4. *DÉCAMÈTRE.*

Don de M. Petit.

Chaîne à joint universel.

5.309. — E. 1852.

5. *DÉCAMÈTRE en ruban d'acier.*

Don de M. Noël Picot.

6.884¹. — E. 1860.6. *ODOMÈTRE A COMPTE-TOURS, construit par Dollond.*

Le mouvement de la roue principale qui roule sur le sol est transmis par un système de démultiplication à un compte-tours dont la graduation en longueurs indique directement les distances parcourues. Gradué en yards, poles, miles et furlongs.

777. — E. 1814.

7. *ODOMÈTRE DE CONSTRUCTION ANGLAISE.*

Appareil gradué en feet, yards, furlongs et miles.

1.052. — E. av. 1815.

8. *ODOMÈTRE avec cadran à quatre aiguilles.*

Les aiguilles indiquent les décamètres, les hectomètres, les kilomètres et les myriamètres.

L'essieu est relié par engrenage conique à un axe logé dans un montant. Cet axe est relié à une série de roues entraînant les aiguilles.

3.873. — E. av. 1850.

9. *ODOMÈTRE par George Adams (Londres).*

Appareil gradué en toises et lieues et muni d'une boussole à suspension de Cardan.

5.314. — E. 1853.

AUX RÉSERVES

1. *DOUBLE-DÉCAMÈTRE.*

Chaîne en fer avec fiches par Parent.

4.954. — E. 1851.

2. *DEMI-DÉCAMÈTRE.*

Chaîne en fer avec fiches par Parent.

4.956. — E. 1851.

3. *DÉCAMÈTRE EN RUBAN D'ACIER avec curseur divisé.*

6.884². — E. 1860.

4. *DÉCAMÈTRE.*

Ruban en toile divisé en centimètres, renfermé dans une boîte en laiton.

17.648. — E. 1941.

5. *ODOMÈTRE MÉTRIQUE DE VAUSSIN-CHARDANNE, par Wagner - 1838.*

5.315. — E. 1853.

6. *PODOMÈTRE.*

Don de l'École d'Horlogerie.

19.460. — E. 1950.

MESURE DIRECTE DES LONGUEURS EN GÉODÉSIE

H 1-2

Les mesures linéaires en géodésie sont peu nombreuses mais se font en général sur des distances appelées « bases ». En raison de l'importance des bases géodésiques, ces mesures doivent être exécutées avec le maximum de précision.

On employait autrefois des règles de 4 à 5 m de longueurs; on les a abandonnées aujourd'hui, quoique la précision obtenue ait été assez satisfaisante, à cause de la complication et de la lenteur de leur emploi.

C'est avec de telles règles qu'ont été mesurées les bases de la plupart des triangulations ayant eu pour objet la mesure d'arcs de méridiens, en particulier l'arc du méridien de Paris dans la traversée de la France. Les résultats de ces mesures ont été utilisés dans la détermination de la longueur unité du système métrique : le mètre.

On emploie actuellement des fils ou des rubans métalliques de 24 à 50 m de longueur en s'entourant de précautions multiples. Ces fils ou rubans sont en métal invar, alliage de nickel et d'acier ayant un coefficient de dilatation très faible et, dont la longueur est par conséquent très peu influencée par les variations de température.

L'étude de ces fils et de leur emploi a été fait par MM. Benoit et Guillaume qui étaient directeurs du bureau international des Poids et Mesures.

1. *JEU DE RÈGLES à mesurer les bases du Commandant Clerc construit par Portier.*

Règles en bois de 4 m de longueur portant un niveau et dont la hauteur au-dessus du sol et l'inclinaison peuvent être modifiées par glissement le long de deux montants de bois verticaux s'appuyant sur le sol.

8.955. — E. 1878.

2. APPAREILS POUR LA MESURE DES BASES GÉODÉSIQUES, construits par Carpentier. Modèle réduit.

Ce sont des réductions des appareils les plus connus en France et à l'étranger. Le matériel comporte normalement (fig. 3) :

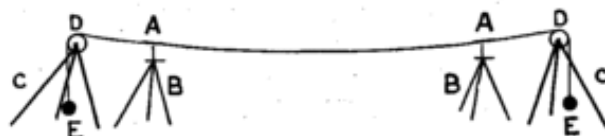


Fig. 3. — Appareils pour la mesure
des bases géodésiques (14.043).

1° Deux ou plusieurs fils en invar d'une longueur de 24 m enroulés sur un tambour en aluminium et terminés à chaque extrémité par une réglette A divisée en millimètres.

2° Un certain nombre de repères mobiles B constitués par un goujon-repère fixé verticalement sur un trépied. Les repères mobiles sont placés dans l'alignement de la base à l'aide d'une lunette d'alignement spéciale et à une distance de 24 m appréciée à quelques centimètres près au moyen d'un gabarit en câble toronné.

3° Une lunette de nivellement et une mire destinées à mesurer la pente ou la dénivelée de chaque portée d'un goujon-repère en suivant pour permettre le calcul de la réduction à l'horizon.

4° Deux piquets-tenseurs C, trépieds spéciaux supportant les deux poulies D destinées à transmettre au fil utilisé la tension de 10 kg créée par deux blocs de fonte E suspendus verticalement et se faisant équilibre.

5° Un ruban en invar de 8 m de longueur, servant à mesurer l'appoint quand on arrive à l'extrémité de la base.

6° Un thermomètre-fronde, servant à mesurer la température au moment de l'opération afin de faire subir à la longueur du ruban la correction due à sa dilatation.

Le modèle ne comporte ni le thermomètre ni le ruban de 8 m pour la mesure des appoints terminaux, ni le gabarit.

14.043. — E. 1907.

MESURE INDIRECTE DES LONGUEURS. STADIMÈTRES

H 1-3

Supposons un opérateur placé en O (fig. 4) et s'astreignant à regarder dans deux directions fixes Oa et Ob (ab perpendiculaire à OH). Les deux rayons lumineux Oa et Ob , interceptent sur un objet parallèle à ab et situé à une distance D de O, une dimension AB . Plus la distance D sera grande, plus la longueur AB sera grande. On conçoit que l'on puisse remplacer la mesure de la longueur D par celle de la longueur AB .

Tel est le principe des stadimètres à angles.

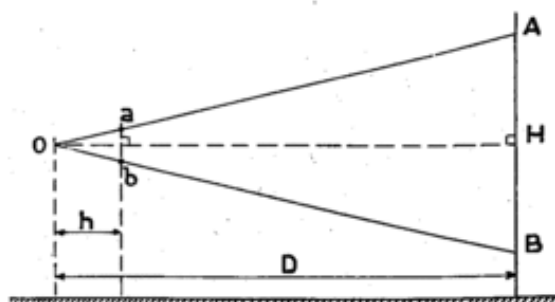


Fig. 4. — Principe du stadimètre.

Pratiquement, l'ensemble Oab est constitué par une lunette astronomique qui permet de voir les objets avec un certain grossissement par des traits horizontaux (appelés souvent fils parce qu'à l'origine ils étaient constitués par des fils d'araignée) gravés sur un verre placé au foyer de l'objectif de la lunette. Pour pouvoir mesurer la longueur AB , un aide va placer sur le point dont on veut connaître la distance une mire graduée dont l'opérateur voit, dans la lunette, l'image se superposer à celle de traits a, b .

Les distances h (de O à ab) et AB sont dans un rapport simple. On adopte souvent $h = 100 AB$, c'est-à-dire que la distance D comporte autant de mètres que la longueur AB contient de centimètre.

Les mires sont de deux sortes :

1° Les mires à voyants formées d'un montant le long duquel peuvent coulisser deux ou plusieurs voyants. L'un des voyants est fixe, l'opérateur le vise avec le fil b et fait déplacer par un aide le deuxième voyant

jusqu'à ce que son image vienne en coïncidence avec celle du fil a . L'aide relève alors la distance AB.

2° Les mires dites « parlantes » formées d'un montant comportent une face divisée en centimètres alternativement noirs et blancs et groupés par 10. Des chiffres indiquent les décimètres (fig. 5). L'opérateur vise une cote ronde de la mire (1 m par exemple) avec le fil b et fait sur la mire la lecture correspondant au fil a . La différence entre les deux nombres donne la longueur AB.



Fig. 5. —
Mire
parlante.

On remarquera que les fils a et b sont placés dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de la lunette OH. La mire qui doit être parallèle à ab devra donc être aussi perpendiculaire à OH. Dans ces conditions, la distance obtenue sera mesurée suivant OH. Si cette droite OH fait avec l'horizontale un angle α , la distance réduite à l'horizon sera $D \cos \alpha$.

Pour des raisons de facilité, on place souvent la mire verticalement quelle que soit l'inclinaison de la droite OH. On démontre que la distance réduite à l'horizon est donnée en fonction de D obtenue précédemment par la relation : distance réduite = $D \cos^2 \alpha$.

Il existe une autre catégorie de stadimètres : les stadimètres à variation de pente. Soit (fig. 6) à mesurer la distance du point O à une mire parlante placée verticalement en AB. On dirige la lunette, dont l'axe optique est matérialisé par la croisée de deux fils perpendiculaires, suivant deux inclinaisons successives dont on connaît la différence des pentes $p' - p$ et on effectue les lectures B et A.

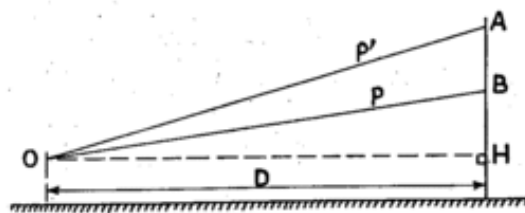


Fig. 6. — Principe du stadimètre
à variation de pente.

D se déduit de la formule :

$$D = \frac{AB}{p' - p}$$

On donne généralement à $p' - p$ une valeur simple 1/100 par exemple. On a dans ce cas $D = 100 AB$.

La distance est cette fois réduite automatiquement à l'horizon d'où le nom de « stadimètres autoréducteurs » donné à ces appareils.

Les stadimètres ne sont généralement pas employés seuls mais font partie d'appareils plus compliqués, les instruments mixtes de mesures linéaires, angulaires et altimétriques (section H — 4).

1. *MIRE A VOYANTS, construite par Bianchi.*

7.650. — E. 1867.

2. *MIRE PARLANTE A CHARNIÈRES, construite par Portier.*

Le châssis permet de faciliter le transport de la mire qui peut être pliée.

8956. — E. 1878.

3. *MIRE-STADIMÈTRE DE PEAUCELLIER ET WAGNER, construite par Brunner frères (fig. 7).*

L'appareil se compose d'une règle graduée horizontale portée par un coulisseau pouvant glisser le long d'un support vertical.

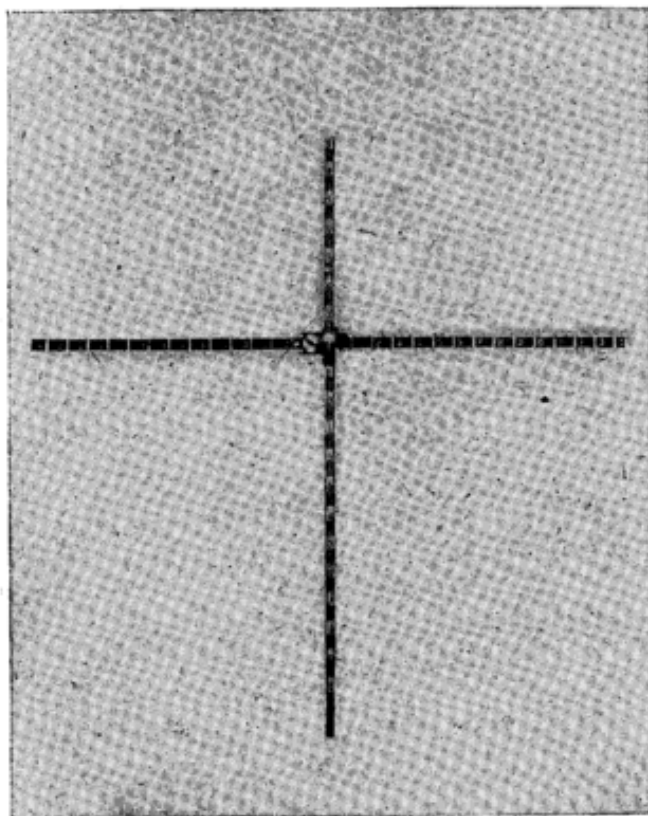


Fig. 7. — Mire stadimétrique de Peaucellier et Wagner (7.750).

La règle horizontale est constituée de deux parties portant chacune une graduation. La partie de droite du support vertical est fixe sur le coulisseau, celle qui est placée à gauche peut se déplacer le long d'une glissière horizontale prolongeant la première vers la gauche.

Cette glissière porte elle-même une graduation que découvre le mouvement de la règle; ce mouvement est obtenu au moyen d'une manivelle qui entraîne un index se déplaçant sur un cadran gradué.

Les zéros des deux graduations horizontales sont confondus lorsque les deux parties de la règle se touchent; ils s'éloignent lorsqu'on déplace la partie de gauche.

Pour mesurer une distance, on dirige l'axe de la lunette vers le milieu de l'appareil et l'on pointe l'un de ses fils verticaux sur une division entière de la graduation de droite; en déplaçant la partie mobile, on amène la division la plus voisine du second fil de la lunette en face de celui-ci. Le chiffre de cette division donne le nombre de décamètres, celui de la division de la glissière le nombre de mètres, celui du cadran les décimètres.

7750. — E. 1867.

4. LUNETTE TÉLÉMÉTRIQUE D'ÉVRARD.

Don de M^{me} Evrard.

Il s'agit d'une jumelle stadimétrique. Le stadimètre est constitué par une division gravée dans le plan focal de la lunette de droite. Un homme vu dans la jumelle s'inscrit entre deux traits



Fig. 8. — Principe de la lunette télémétrique.

d'autant plus rapprochés qu'il est plus éloigné. La division est graduée en distances (fig. 8).

8832. — E. 1877.

5. DENDROMÈTRE construit par Kirchner, destiné à mesurer le diamètre et la hauteur des arbres.

L'appareil se compose de 3 règles munies chacune d'un viseur. On se place à une certaine distance d'un arbre et avec l'un des viseurs, on pointe l'un des côtés du tronc de l'arbre, à son pied; avec le deuxième viseur, on pointe l'autre côté du tronc; avec le troisième viseur, la cime de l'arbre.

Un ruban gradué, enroulé dans la poignée de l'appareil permet de mesurer la distance de l'opérateur à l'arbre. Des abaques, fixés à la règle qui supporte le premier viseur permettent de lire le diamètre du tronc et la hauteur de l'arbre en fonction de la distance et de l'angle que forment entre elles les règles supportant les viseurs.

753. — E. 1814.

6. *ABAQUES AUTORÉDUCTEURS.*

Abaque simple et double de Bellini.

Plaquettes de métal sur lesquelles sont gravés des abaques de correction des longueurs stadimétriques pour leur réduction à l'horizon.

13.037¹ et ². — E. 1898.

D E S S I N S

1. *DENDROMÈTRES (3 pl.).*

Dessins de l'instrument n° 753.

13.571-466-520. — E. av. 1218.

A U X R É S E R V E S

1. *MIRE A COULISSE ET A VOYANT, construite par Bellieni.*

6.707. — E. 1858.

2. *DEUX MIRES PARLANTES, une à charnière, l'autre à coulisse.*

17.362¹ et ². — E. av. 1906.

MESURE INDIRECTE DES LONGUEURS TÉLÉMÈTRES

H 1-4

Soit à mesurer la distance du point de station B au point M (fig. 9). Perpendiculairement à BM portons une longueur BA exactement connue appelée base. Le côté AM forme avec le côté AB un angle α qui varie quand le point M se déplace sur BM. On peut donc remplacer la mesure de la distance BM par celle de l'angle α . C'est ce principe qui est mis en œuvre dans les télémètres.

1. TÉLÉMÈTRE DE CAMPAGNE du colonel Goulier construit par Tavernier-Gravet, 1884.

La base AB (fig. 9) est matérialisée par deux systèmes optiques tenus à la main par deux hommes et reliés par un fil d'acier qui leur

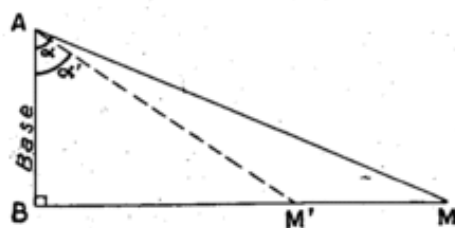


Fig. 9. — Principe du télémètre.

assure un écartement invariable. L'un des systèmes optiques B est composé d'un prisme à section de triangle rectangle isocèle qui permet d'assurer la perpendicularité de la base et de la ligne de visée BM. Le second système A est identique au premier, mais comporte en outre une lame de verre en forme de coin qui s'interpose sur le

passage des rayons lumineux et les dévie d'un angle que l'on mesure. En déplaçant cette lame on amène les images observées simultanément dans les deux systèmes optiques à coïncider; de la position de la lame on déduit la distance de l'objet observé qui est indiquée directement sur une réglette graduée.

10.498. 1885.

2. *TÉLÉMÈTRE* du colonel Quinemant.

Don de M. P. Pouech.

L'appareil est constitué par un petit médaillon qui peut s'ouvrir de façon que les deux faces forment un angle constant. Les deux faces du médaillon sont munies de miroirs permettant d'effectuer des visées sous un angle constant.

En effectuant de chaque extrémité d'une base de longueur variable et connue une visée sur un objet, la distance de cet objet est égale à celle de la base multipliée par trente.

12.014. — E. 1890.

3. *DEUX TÉLÉMÈTRES* du capitaine Podio, construits par Gaggini et Moissette.

Don de M. L. Pezzani.

Appareils dans lesquels l'angle α est mesuré sur un cercle gradué. Un système de démultiplication déplace un index devant une graduation donnant les distances.

12.919¹ et 2. — E. 1896.

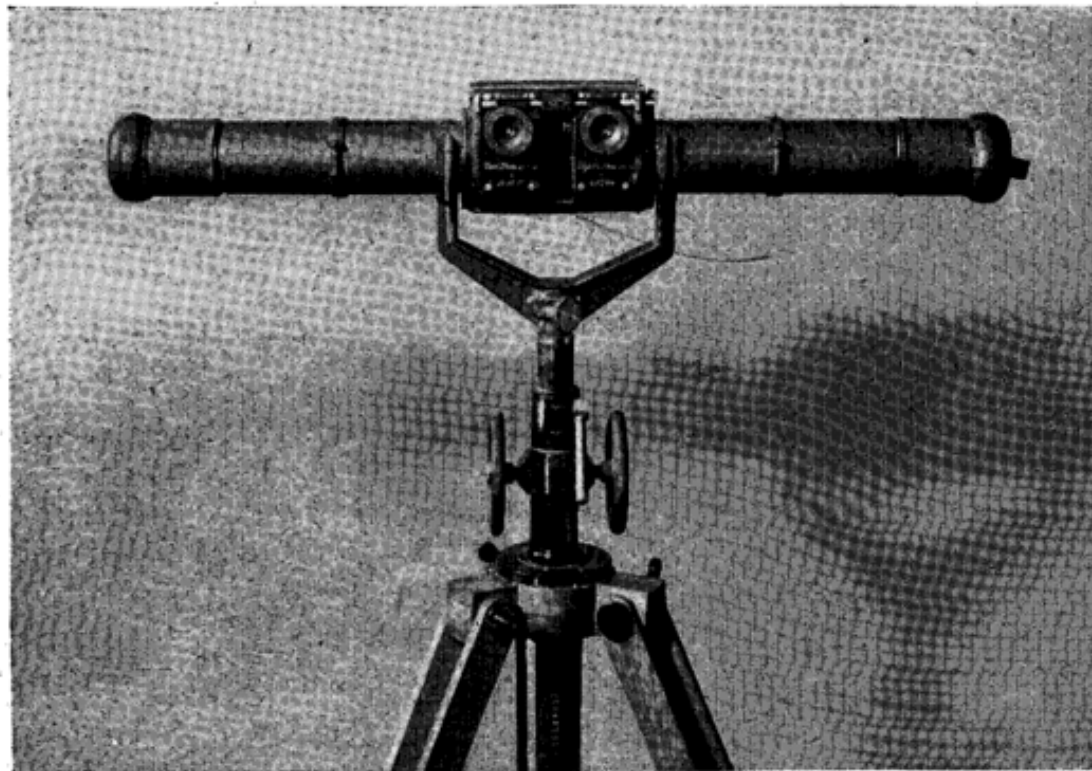


Fig. 10. — Télémètre stéréoscopique (13.425).

4. *TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE grossissant 8 fois avec trépied en bois et diapositifs par Carl Zeiss à Iéna (fig. 10 et 11).*

Soient deux systèmes optiques O et O' séparés par une distance OO' appelée base et dans le plan focal de chaque système une série de marque m_1, m_2, m'_1, m'_2 , etc. (fig. 11).

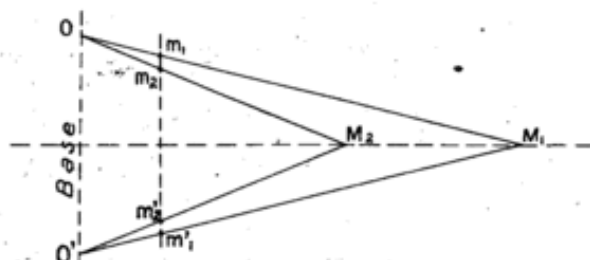


Fig. 11. — Schéma du télémètre stéréoscopique.

Les rayons lumineux issus de O et O' et passant par m_1 et m'_1 convergent vers un point M_1 , de même les rayons lumineux passant par m_2 et m'_2 convergent vers le point M_2 , etc.

Si l'on regarde alors avec les deux yeux placés en O et

O' on a l'impression, après une mise au point convenable, de voir une série de marques placées à des distances différentes (M_1, M_2 , etc.), qui se superposent aux détails du terrain.

Pratiquement, la longueur de la base est supérieure à l'écartement des deux yeux et les rayons lumineux sont renvoyés dans les oculaires à l'aide de prismes à réflexion totale logés dans une gaine rigide. Les marques m_1, m_2, m'_1, m'_2 sont tracées de telle façon qu'à chaque couple corresponde une distance déterminée indiquée à côté de la marque correspondante.

Pour mesurer la distance d'un point M du paysage, on dirige les marques sur ce point, on cherche les deux marques qui par effet stéréoscopique, semblent l'encadrer l'une paraissant plus éloignée que l'objet, l'autre plus rapprochée et on apprécie la distance par interpolation.

13.425. — E. 1901.

5. *TÉLÉMÈTRE MULTIPLICATEUR inventé en 1861 par le commandant Sapia.*

Don de M. le comte Sapia de Lencia.

Instrument donnant immédiatement la distance d'un point d'observation pris à terre aux navires en marche.

14.362. — E. 1911.

6. *MONTRE PHONOTÉLÉMÈTRE ET CURVIMÈTRE DE THOUVENIN construit par François.*

Une aiguille trotteuse est mise en route lorsqu'on aperçoit la lumière produite par un certain phénomène (coup de canon par

exemple) et arrêtée lorsqu'on en entend le bruit. On lit la distance à laquelle s'est produit le phénomène sur une graduation placée sur le cadran de la montre.

12.705. — E. 1895.

7. *TÉLÉMÈTRE DE TIR, de Leboulangé.*

8.759. — E. 1875.

AUX RÉSERVES

1. *RÈGLE pour la mesure des distances, construite par J.-A. Deleuil.*

Don de M. J.-A. Deleuil.

C'est un télémètre dont on peut faire varier la longueur de base.

11.487. — E. 1889.



INSTRUMENTS DE MESURES ANGULAIRES

H 2

Un angle plan est la figure formée par deux demi-droites OA et OB qui partent d'un même point O appelé sommet (fig. 12). Mesurer un angle, c'est chercher combien de fois il contient un autre angle pris pour unité.

On emploie généralement comme unité d'angles l'angle droit et ses sous-multiples.

Si on divise un angle droit en 90 parties égales, chacune de ces parties vaut 1 degré (1°). La soixantième partie du degré est une minute sexagésimale ($1'$) qui se divise elle-même en soixante secondes sexagésimales ($60''$). Cette division sexagésimale est très employée, surtout en astronomie où l'on travaille sur des angles et des espaces de temps à cause du rapport simple qui existe entre la

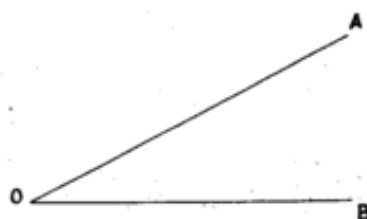


Fig. 12. — Angle plan.

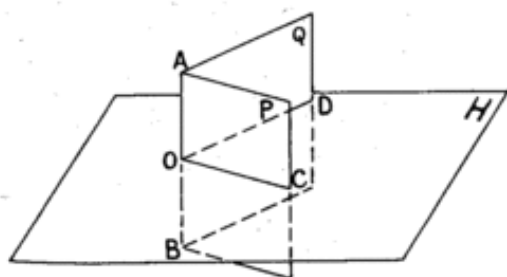


Fig. 13. — Angle dièdre.

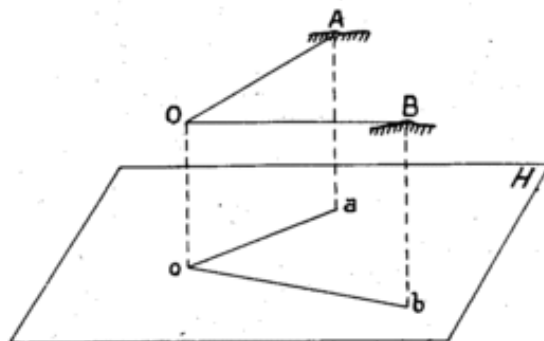


Fig. 14. — Projection d'un angle de l'espace.

division de la circonférence en 360° et celle du jour en 24 heures. Ainsi le globe terrestre tourne sur lui-même d'un angle de 15° toutes les heures.

Pour les levés de plans, on emploie presque exclusivement la division décimale de l'angle droit ou minutes centésimales (10 cgr ou $10'$), le centigrade est divisé en 10 milligrades (10 mgr) et le milligrade en 10 décimilligrades ou secondes centésimales (10 dmgr ou $10''$).

On appelle angle dièdre la figure formée par deux demi-plans P et Q qui se coupent et limités à leur intersection AB appelée arête (fig. 13). Si on coupe un angle dièdre par un plan H perpendiculaire à son arête, la trace de l'angle dièdre sur le plan H est un angle-plan DOC appelé « angle rectiligne » du dièdre.

On a vu que la représentation du terrain se faisait en projetant les détails sur un plan horizontal.

Un angle AOB du terrain et sa projection *aob* sur un plan horizontal

forment un angle dièdre (fig. 14) à arête verticale Oo, et l'angle projeté *aob* est l'angle rectiligne du dièdre. C'est ce dernier angle qui sert à construire la représentation du terrain.

Les premiers appareils de mesures angulaires servaient à mesurer l'angle AOB. Il fallait ensuite réduire cet angle à l'horizon. Actuellement, les appareils sont conçus pour donner directement la valeur de l'angle projeté *aob*. Pour cela l'instrument (fig. 15) peut tourner autour d'un axe vertical Oo dit axe principal et

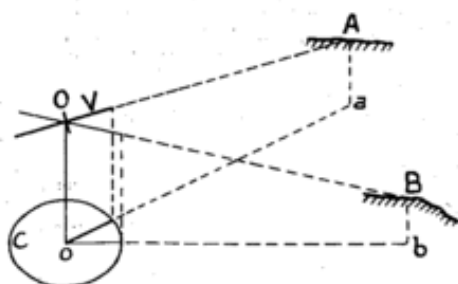


Fig. 15. — Principe des appareils de mesures angulaires.

l'organe de visée peut décrire un plan vertical autour d'un axe horizontal dit axe secondaire; on fait passer successivement le plan vertical par les points A et B.

Dans ce mouvement, l'axe principal tourne d'un angle *aob* dont la valeur est donnée par une graduation établie sur un cercle C.

Les appareils actuels de mesures angulaires sont tous munis d'un organe de visée constitué par une lunette qui grossit les objets observés et permet des pointés plus précis. Ces lunettes sont du type astronomique. Elles sont constituées essentiellement par deux lentilles convexes O et O' (ou systèmes optiques équivalents) réunies par une monture de telle façon que leurs axes optiques soient confondus; l'objectif O donne d'un objet AB une image *ab* réelle et renversée; cette image examinée à l'aide de l'oculaire

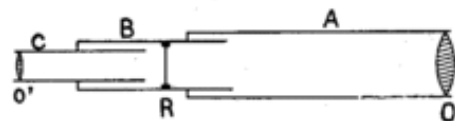


Fig. 16. — Schéma de construction d'une lunette astronomique.

O' apparaît à l'œil en $a'b'$ agrandie et renversée (fig. 16 et 17).

Un anneau R centré sur l'axe des lentilles porte deux fils en croix, ou une plaque de verre mince, à faces parallèles, sur laquelle sont gravés

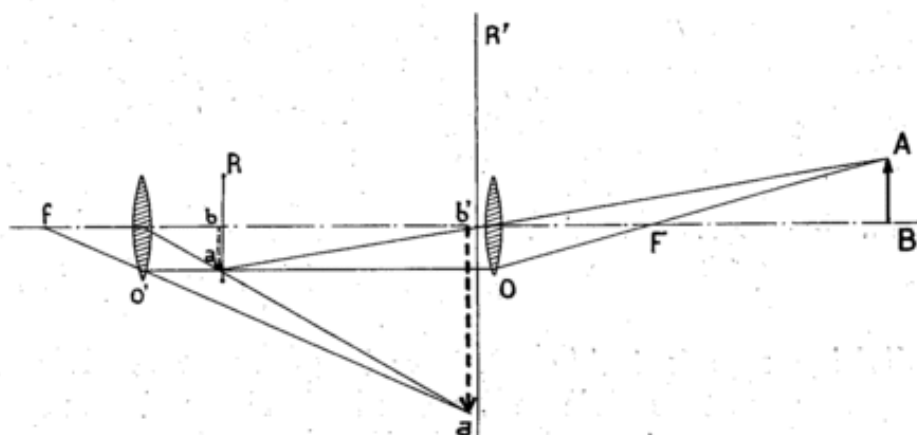


Fig. 17. — Schéma de construction d'une lunette astronomique (marche des rayons lumineux).

deux traits en croix, constituant le réticule. Cette plaque peut porter d'autres traits ou divisions servant à des usages divers; le réticule, dans ce cas, s'appelle aussi tableau focal.

La monture de la lunette comprend habituellement trois tubes pour y glisser l'un dans l'autre : le tube porte-objectif A , le tube porte-réticule B , le tube porte-oculaire C .

On appelle axe optique de la lunette la droite déterminée par le centre optique de l'objectif et la croisée des traits du réticule; c'est cet axe optique qui constitue la ligne de visée de la lunette. L'image réelle ab donnée par l'objectif est vue agrandie en $a'b'$. De même, l'objet réel constitué par le réticule R est vu en R' . Pour que l'œil puisse comparer ces deux images, il faut que l'image ab se forme dans le plan du réticule; il faut en outre que $a'b'$ soit à la distance minimum de vision distincte, pour que le pointé puisse être aussi précis que possible.

La « mise au point » a pour but de réaliser ces deux conditions au moyen des opérations suivantes : agissant sur le tube porte-oculaire, on cherche à voir l'image R' avec le maximum de netteté; agissant ensuite sur l'ensemble du tube porte-oculaire et du tube porte-réticule on cherche à voir l'objet AB avec le maximum de netteté, ce qui est réalisé quand R est dans le plan de ab . Ces mouvements des différents tubes s'effectuent au moyen de pignons dentés engrénant avec des crémaillères portées par les tubes.

Les appareils actuels sont pourvus d'un vernier permettant l'évaluation des fractions d'angles.

Soit une règle divisée A et une réglette B glissant le long de la

règle (fig. 18). Portons sur la réglette à partir d'un index O une longueur égale à 9 divisions de la règle et divisons cette longueur en 10 parties égales. La réglette ainsi divisée constitue un vernier.

Chaque division du vernier est égale à $9/10$ d'une division de la règle;

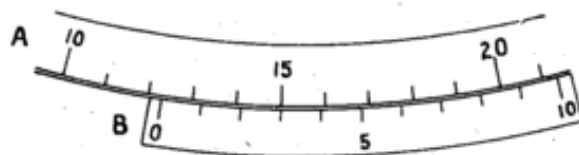


Fig. 18. — Schéma du vernier.

supposons l'index du vernier en face de la division 12,3 de la règle, les traits successifs du vernier 1, 2... 10 sont décalés de $1/10$, $2/10$... $10/10$ par rapport à ceux de la règle. Le trait 1 sera donc en face la division 13,2, le trait 2 en face la division 14,1, le trait 3 en

face la division 15,0 (coïncidence), le trait 4 en face la division 15,9, etc. Le nombre exact de dixième d'unités indiqué par l'index est donné sans erreur par le rang du trait du vernier qui coïncide avec un trait de la règle.

Si aucun trait du vernier ne coïncide avec un trait de la règle, il y en a un qui est le plus rapproché de la coïncidence et c'est sur celui-là qu'on fait la lecture.



MESURES ANGULAIRES EN TOPOGRAPHIE

H 2 - 1

Les instruments de mesures angulaires en topographie sont généralement assez simples. On les divise en plusieurs catégories :

- les boussoles servant à déterminer l'angle que fait une direction du terrain avec la direction du nord magnétique matérialisée par une aiguille aimantée mobile sur un pivot. Cet angle se nomme azimut;

- les équerres qui ne permettent de mesurer que des angles droits et quelquefois des angles de 45° ;

- les graphomètres et pantomètres, instruments généralement anciens et assez délaissés actuellement, permettant la mesure d'angles quelconques. L'organe de visée de ces instruments est, le plus souvent, constitué par une alidade composée d'un œillette, petit trou derrière lequel on place l'œil, à une certaine distance duquel se trouve une fente ou un crin placés verticalement;

- les planchettes et leurs accessoires les alidades servant à dessiner directement un angle du terrain sans qu'il soit nécessaire d'en enregistrer la mesure;

- enfin, certains cercles plus précis qui sont en général associés à des stadimètres formant ainsi des instruments mixtes de mesures linéaires et angulaires qui figurent à la section H 4 du présent catalogue.



BOUSSOLES

H 2 - 11

1. *BOUSSOLE DE LANGLOIS.*

Don de l'Académie des Sciences.

Boussole munie d'un cercle en cuivre gradué avec verniers et d'un viseur à fentes pour repérer la position de l'aiguille. Première moitié du XVIII^e siècle.

7.485. — E. 1866.

2. *BOUSSOLE construite par Dubois.*

Cette boussole est suspendue à la cardan. La partie supérieure comporte deux alidades à pinnules : l'une, fixe indique la direction du nord magnétique quand la boussole est orientée; l'autre mobile se déplace sur un cercle divisé et permet de lire l'azimut d'une direction, Deuxième moitié du XVIII^e siècle.

4.280. — E. ay. 1819.

3. *BOUSSOLE ANCIENNE.*

Don de l'Académie des Sciences.

Grande boussole dans la monture de laquelle est logée une rose des vents en cuivre de 32 rumbes. Environ fin XVII^e siècle.

7.486. — E. 1866.

4. *BOUSSOLE COMMUNE de construction chinoise.*

Don de M. Champion.

L'aiguille aimantée est suspendue au centre d'une pièce en bois circulaire portant un grand nombre de divisions concentriques dont les usages ne sont pas bien connus. On sait cependant qu'avant de construire une maison, l'instrument servait, entre les mains des sorciers, à déterminer si l'emplacement était bien choisi.

7.460. — E. 1866.

5. *BOUSSOLE construite par la Société des lunetiers.*

L'aiguille aimantée se déplace au-dessus d'une division en degrés. La boussole est fixée dans une pièce en bois de forme carrée sur un côté de laquelle se trouve un viseur à pinnules. En dirigeant le viseur vers un objet du terrain, on lit l'azimut de la direction de cet objet sous la pointe Nord de l'aiguille aimantée.

11.156¹. — E. 1888.

6. *BOUSSOLE BURNIER, construite par Morin.*

Boussole de même conception que la précédente. Le viseur latéral est réversible.

12.973¹. — E. 1897.

7. *BOUSSOLE A PRISME du colonel Goulier, construite par Tavernier-Gravet (fig. 19).*

Un prisme à réflexion totale permet de voir à la fois l'image de la boussole, un réticule et l'objet visé. La boussole étant tenue

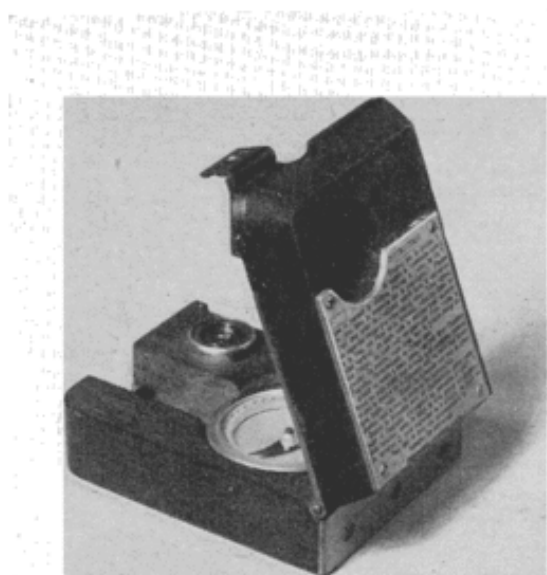


Fig. 19. — Boussole à prisme du colonel Goulier (10.508).

horizontalement, on la déplace de façon à amener l'objet visé sur le fil du réticule, on lit alors dans le prisme l'azimut de la direction de la visée.

10.508. — E. 1885.

8. *BOUSSOLE DE KATER, modèle dit allemand, construite par Morin.*

L'aiguille aimantée est solidaire d'un cercle gradué qu'elle entraîne. Un prisme permet de voir les divisions de ce cercle en même temps que l'on effectue une visée grâce au viseur à pinules. Des écrans colorés peuvent être interposés sur le trajet des rayons lumineux venant de l'objet visé pour en atténuer l'éclat. Cette boussole peut être montée sur un pied.

13.004. — E. 1897.

AUX RÉSERVES

1. *BOUSSOLE HONARD, construite par Morin.*

12.972. — E. 1897.

2. *BOUSSOLE en forme de tabatière.*

4.350. — E. 1849.

3. *BOUSSOLE chinoise.*

3.454. — E. 1849.

4. *BOUSSOLE A DEUX NIVEAUX, montée sur pied à rotule.*

Don de l'École d'Horlogerie.

19.409. — E. 1950.

5. *CINQ BOUSSOLES DIVERSES.*1.399¹ à 5. — E. av. 1814.6. *BOUSSOLE de Berthoud, 1789.*

Don de l'École d'Horlogerie.

19.410. — E. 1950.

7. *BOUSSOLE DANS SON COFFRET.*

Don de l'École d'Horlogerie.

19.411. — E. 1950.

8. *TRÉPIED pour boussole construit par la Société des Lunetiers.*Ce trépied est construit pour recevoir la boussole n° 11.156¹11.156². — E. 1888.

ÉQUERRES

H 2 - 12

1. ÉQUERRE D'ARPENTEUR construite par I.-D. Marœul, 1587.

L'instrument est constitué par un disque de laiton; quatre pinnules matérialisent deux plans de visée perpendiculaires. Le

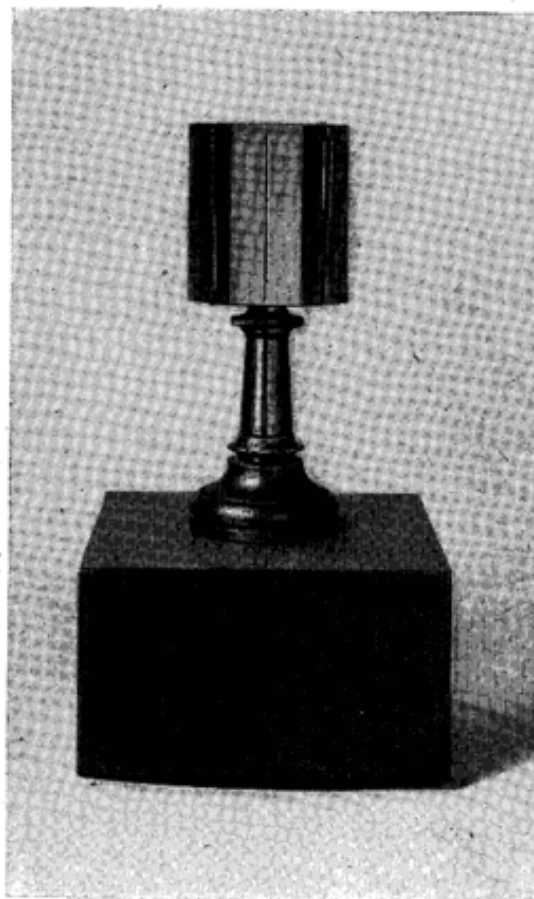


Fig. 20. — Équerre octogonale (5.058).

limbe est divisé en quatre fois 90° . Un double carré géométrique est gravé sur la face supérieure; ce double carré constitue un rec-

tangle construit sur le diamètre du disque, ses côtés verticaux sont divisés en 12 parties égales, son grand côté, parallèle au diamètre du disque, est divisé en deux échelles de 12 parties égales. Ce carré qui figure sur de nombreux instruments anciens sert à mesurer des hauteurs d'arbres, d'édifices, etc.

4.542. — E. 1849.

2. ÉQUERRE D'ARPENTEUR EN CUIVRE.

Cercle en cuivre muni de pinnules aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires déterminant ainsi deux plans de visée faisant entre eux des angles de 90° .

899. — E. av. 1814.

3. ÉQUERRE OCTOGONALE construite par Bianchi (fig. 20).

Constituée par un prisme en cuivre à base octogonale. Chaque face du prisme porte une pinnule. L'ensemble des pinnules détermine quatre plans de visée faisant entre eux un angle de 45° .

5.058. — E. 1852.

4. ÉQUERRE COUTUREAU A MIROIRS (fig. 21 et 22).

Cette équerre se compose d'un cadre en métal mesurant environ $0,05\text{ m} \times 0,03\text{ m} \times 0,03\text{ m}$ supportant deux miroirs M et M'

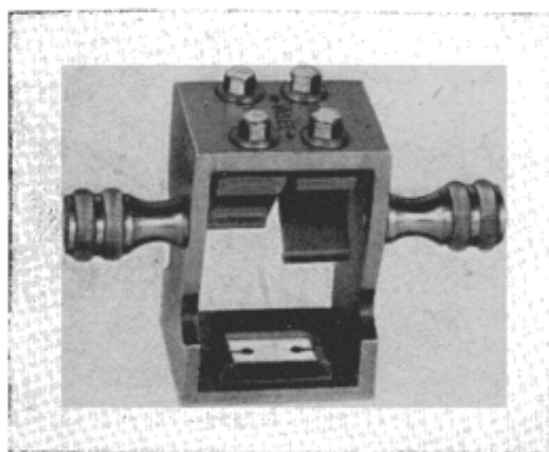


Fig. 21. — Equerre Coutureau à deux miroirs (14.395).

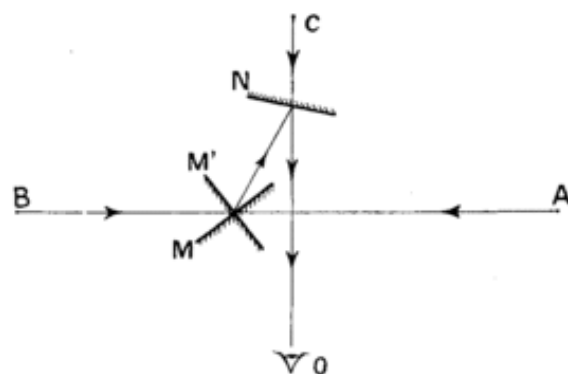


Fig. 22. — Marche des rayons lumineux.

placés l'un au-dessus de l'autre. Un troisième miroir N présente deux bandes non étamées permettant d'observer directement le terrain placé en avant.

La figure sur laquelle l'œil de l'observateur occupe la position O montre les trajectoires des rayons lumineux : l'équerre étant

placée sur l'alignement AB, les rayons lumineux issus de A se réfléchissent sur les miroirs M' et N et sont renvoyés vers l'observateur dans une direction perpendiculaire à leur direction primitive. Il en est de même des rayons issus de B après réflexion sur les miroirs M et N. L'observateur semble apercevoir les objets A et B superposés dans la direction C où il peut faire aligner un jalon.

14.395. — E. 1911.

5. *ÉQUERRE A MIROIRS construite par Belliéni.*

Équerre basée sur le même principe que l'équerre Coutureau (14.395).

13.038. — E. 1898.

6. *ÉQUERRE A PRISMES construite par Tavernier-Gravet.*

Cette équerre utilise le même principe que l'équerre Coutureau mais les miroirs y sont remplacés par des prismes à réflexion totale qui sont indéréglables et assurent une plus grande luminosité. L'équerre coulisse dans un petit cylindre métallique la garantissant des chocs; on l'en sort pour l'usage.

9.090. — E. 1878.

7. *ÉQUERRE D'ALIGNEMENT, par Barthélemy.*

11.892. — E. 1890.

AUX RÉSERVES

1. *ÉQUERRE QUADRATRICE de J. Vallery, construite par Renaud.*

11.053. — E. 1887.

2. *ÉQUERRE OCTOGONALE construite par Bianchi.*

5.057. — E. 1852.

GRAPHOMÈTRES, PANTOMÈTRES

H 2 - 13

1. GRAPHOMÈTRE A PINNULES, à boussoles et à transversales.

L'appareil se compose d'un demi-cercle en bois portant une division en degrés devant laquelle se déplace un index porté par une alidade à pinnules pouvant tourner autour du centre du cercle.

Une boussole permet de placer l'origine de la graduation des angles dans la direction du Nord; les transversales constituent le premier système imaginé, pour évaluer les fractions de degré.

Le limbe porte 7 cercles concentriques (fig. 23) numérotés 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60. Les cercles marqués 0 et 60 sont divisés en degrés, les divisions portant le même chiffre sont placées sur le même rayon. Une ligne droite appelée transversale joint chaque division du cercle marqué 0 à la division immédiatement supérieure du cercle marqué 60. Le bord de l'alidade dirigé suivant un rayon occupant la position AB, on lit d'abord le nombre entier de degrés : 47° . On cherche ensuite sur quel cercle le bord de l'alidade coupe la transversale. Le numéro de ce cercle indique les fractions de degrés : sur la figure = 40.

901. — E. 1814.

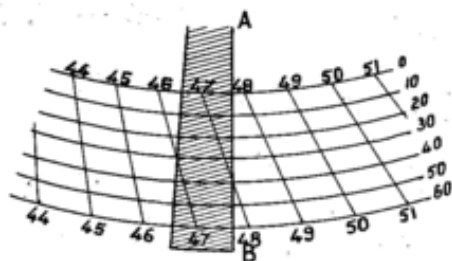


Fig. 23. — Principe des transversales (1^{er} modèles).

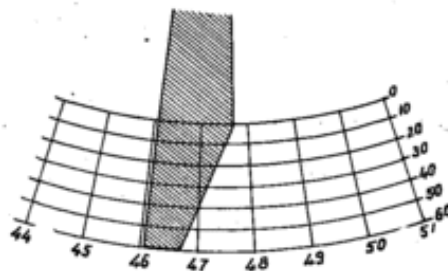


Fig. 24. — Principe des transversales (2^e modèle).

2. GRAPHOMÈTRE A PINNULES construit par Bianchi.

L'alidade porte un vernier.

6.700¹. — E. 1858.

3. *GRAPHOMÈTRE à bord incliné formant transversales.*

Dans cet appareil, l'évaluation des fractions de degrés se fait d'une manière légèrement différente de celle énoncée pour le numéro 1 ci-dessus.

Une ligne droite (fig. 24) joint chaque division du cercle marqué 0 à la division du cercle marqué 60 portant le même chiffre et c'est le bord AB de l'alidade qui est incliné.

8.952³. — E. 1878.

4. *GRAPHOMÈTRE à pinnules construit par Meurand.*

Don du Ministre des Travaux publics.

Alidade à vernier. Deuxième moitié du XVIII^e siècle, provenant de l'école des Ponts et Chaussées.

9.789¹⁶. — E. 1882.

5. *GRAPHOMÈTRE A LUNETTES ET A BOUSSOLE DE SEVIN.*

Les organes de visée sont des lunettes, l'une est fixée au demi-cercle portant les graduations (limbe), l'autre est solidaire de l'alidade. Les fractions d'angles s'apprécient grâce à des transversales. Seconde moitié du XVII^e siècle.

922. — E. av. 1814.

6. *GRAPHOMÈTRE A DEUX LUNETTES ET NIVEAU A BULLE D'AIR de Gourdin, 1785 (fig. 25).*

Une lunette est fixe, l'autre se déplace avec l'alidade. Le limbe peut être orienté et incliné à volonté grâce à un genou articulé dont les mouvements sont commandés par des clés munies de vis hélicoïdales en prise avec des secteurs dentés. L'horizontalité du limbe peut être assurée grâce à une nivelle à bulle d'air suspendue à l'appareil. Alidade à vernier, vis de rappel et vis de pression.

926. — E. av. 1814.

7. *PANTOMÈTRE.*

Don de la famille de M^{me} V^{ve} Bréguet.

Appareil constitué par deux cylindres superposés. Le cylindre inférieur porte une division en degrés et deux pinnules déterminant un plan de visée vertical passant par l'origine des divisions. Le cylindre supérieur comporte aussi deux pinnules correspon-

dant aux index de deux verniers opposés. Ce cylindre peut tourner autour de l'axe du cylindre inférieur ; son mouvement est commandé au moyen d'un bouton qui agit sur un engrenage à crémaillère. L'appareil peut se monter sur un pied ou un bâton ferré ; l'extrémité du cylindre supérieur est occupée par une boussole. Il possède une boussole placée à l'intérieur du cylindre supérieur.

12.320. — E. 1892.

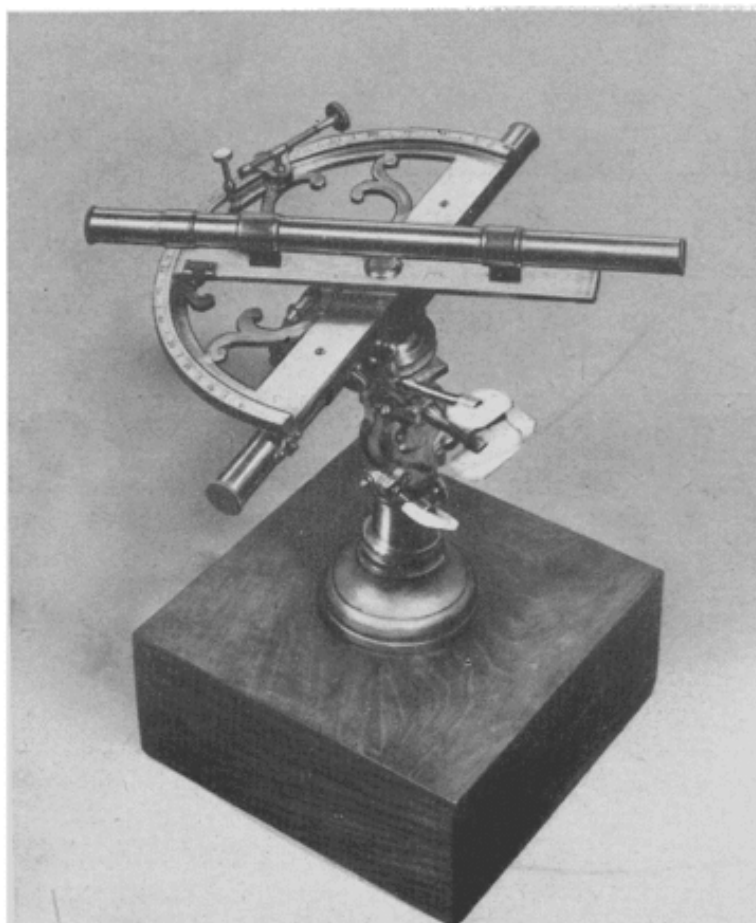


Fig. 25. — Graphomètre à deux lunettes et niveau à bulle d'air de Gourdin (926).

8. *PANTOMÈTRE, division sur maillechort, construit par Belliéni.*

Appareil semblable au précédent ; ne possède pas de boussole.

6.708¹. — E. 1858.

D E S S I N S

1. *PIED et LUNETTE DE GRAPHOMÈTRE.*

Deux planches représentant les détails des diverses pièces composant un trépied et une lunette de graphomètre.

13.571-463. — E. av. 1818.

2. *LUNETTE DE GRAPHOMÈTRE.*

13.571-473³. — E. av. 1818.

A U X R É S E R V E S

1. *GRAPHOMÈTRE par Langlois, Paris. « Aux Galeries du Louvre ».*

Don de M. du Pont de Nemours.

Cet appareil a appartenu à Lavoisier. Provient de la Collection de Chazelles. Coffret en cuir.

20.135. — E. 1952.

2. *GRAPHOMÈTRE A PINNULES.*

18.770. — E. av. 1900.

3. *GRAPHOMÈTRE A BOUSSOLE construit par Menant à Paris. XVIII^e siècle.*

12.352. — E. 1892.

4. *GRAPHOMÈTRE A PINNULES construit par Ferat.*

Provient de la Collection de l'École des Ponts et Chaussée.

9.789¹⁸. — E. 1882.

5. *GRAPHOMÈTRE construit par Lennel. XVIII^e siècle.*

Provient de la Collection de l'École des Ponts et Chaussées.

9.789¹⁷. — E. 1882.

6. *PIED pour graphomètre à pinnules construit par Bianchi.*

Ce pied est construit pour recevoir le graphomètre n° 6.700¹.

6.700². — E. 1858.

7. *PIED pour pantomètre construit par Belliéni.*

Ce pied est construit pour recevoir le pantomètre n° 6.708¹.

6.708². — E. 1858.

PLANCHETTES ET ALIDADES

H 2 - 14

Les planchettes et leurs accessoires, les alidades, ne servent pas à mesurer les angles mais à les dessiner.

La planchette dont les dimensions sont en général voisines de 0,50 m × 0,70 m est fixée sur un trépied et peut être rendue horizontale soit en déplaçant les branches du trépied, soit à l'aide d'une articulation permettant des inclinaisons variables.

L'alidade est constituée par une règle reposant sur la planchette et munie d'un organe de visée (pinnules ou lunette).

Le pointé sur le point visé étant effectué, on trace la direction le long de la règle.

1. *ALIDADE A PINNULES de Canivet.*

Fin XVII^e siècle.

919¹. — E. av. 1814.

2. *ALIDADE A PINNULES de Gourdin.*

Fin XVIII^e siècle.

919². — E. av. 1814.

3. *ALIDADE à lunette et à éclimètre de Kern.*

Règle sur laquelle est fixée un montant portant un axe horizontal; autour de cet axe peut tourner un tube de section rectangulaire dont une extrémité est percée d'un œilleton, l'autre étant munie d'un réticule constitué par deux crins perpendiculaires. Cet appareil est entièrement en bois.

8.983. — E. 1878.



Fig. 26. — Déclinatoire par Bianchi (6.698).

4. *PIED DE PLANCHETTE à 3 mouvements.*

Par rotation autour de deux axes horizontaux perpendiculaires, on peut incliner la planchette dans toutes les directions; on peut l'orienter par rotation autour d'un axe vertical. Ces 3 mouvements sont commandés par des vis hélicoïdales engrénant avec des secteurs dentés.

3.906. — E. av. 1849.

5. *DÉCLINATOIRE construit par B. Bianchi (fig. 26).*

Composé d'une aiguille aimantée, mobile sur un pivot placé au centre d'une boîte rectangulaire. Deux traits repères placés sur deux plaquettes permettent de repérer la position de l'aiguille. Le déclinatoire se fixe sur une planchette et permet de l'orienter. Une vis-arrêtoir permet d'immobiliser l'aiguille pendant les transports.

6.698. — E. 1848.

AUX RÉSERVES

1. *PLANCHETTE à calotte sphérique et son pied construite par Belliéni.*

La planchette repose sur un plateau évidé à sa partie centrale en forme de calotte sphérique. La calotte sphérique est posée sur une portion de sphère de même rayon portée par le trépied. Cette disposition permet tous les mouvements de la planchette par rapport au trépied et facilite la mise horizontale et son orientation.

6.705. — E. 1858.

2. *DÉCLINATOIRE construit par Parent.*

9.028. — E. 1878.

3. *DÉCLINATOIRE.*

4.279. — E. av. 1849.

4. *RÈGLE A PINNULES avec genou, construit par Lemaire*

Appareil formé de deux règles divisées en cuivre pouvant pivoter autour d'un axe placé à leur extrémité. Chaque règle porte deux pinnules. Cet appareil sert à dessiner l'angle que forment les deux règles lorsque les deux pinnules portées par chacune d'elles ont permis de les diriger sur deux objets du terrain.

918. — E. 1814.

5. *PLANCHETTE ET SON TRÉPIED.*

1.475. — E. 1814.

6. *PIED DE PLANCHETTE A BRANCHES COULISSANTES
construit par Parent.*

9.029. — E. 1878.

7. *ALIDADE A DEUX PINNULES.*

12.916. — E. 1896.

8. *ALIDADE D'ARPENTEUR A BOUSSOLE, par Brander, 1781.*

Don de M. du Pont de Nemours.

A appartenu à Lavoisier. Provient de la Collection de Chazelles.

20.136. — E. 1952.

9. *ALIDADE D'ARPENTEUR A PINNULES, par Canivet, Paris,
1762.*

Don de M. du Pont de Nemours.

A appartenu à Lavoisier. Provient de la Collection de Chazelles.
Coffret en bois recouvert de cuir.

20.138. — E. 1952.

10. *ALIDADE A PINNULES.*

Don de M. du Pont de Nemours.

A appartenu à Lavoisier. Provient de la Collection de Chazelles.

20.140. — E. 1952.

CERCLES ET DIVERS

H 2 - 15

1. *QUART DE CERCLE A BOUSSOLE*, 1592.

Don de M. Vassat.

L'instrument est constitué par une plaquette de laiton de 8 cm $\times$ 20 cm. L'un des côtés est découpé de façon que la plaquette ait la forme d'un carré de 8 $\times$ 8 prolongé par un quart de cercle. La boussole est placée au centre du carré, elle est entourée de deux cercles divisés en 24 parties égales et d'un cercle divisé en 360°. Elle pivote autour de son centre en entraînant un index dans son mouvement.

Le quart de cercle porte sur son arc deux divisions en 90° et sur chacun de ses côtés une échelle divisée en 12 parties égales. Ces deux échelles sont prolongées sur les surfaces de l'instrument par des rangées de carrés alternativement gravés et lisses. La diagonale de l'angle est jalonnée par huit divisions égales; les divisions 9, 10 et 11 sont reportées de part et d'autre de la diagonale concentriquement à l'arc gradué.

Deux alidades pivotent autour de l'angle; elles portent chacune une division en 12 parties égales. L'une d'elles est munie de deux pinnules. Ces alidades peuvent se juxtaposer mais non se superposer.

13.270. — E. 1900.

2. *QUART DE CERCLE avec sinus et cosinus, construit par G. Meuris de Bruxelles*, 1681.

Une pinnule placée au centre du quart de cercle forme, avec deux autres pinnules placées aux extrémités de deux rayons perpendiculaires, deux plans de visée verticaux.

Deux autres pinnules, montées sur un secteur mobile, permettent de viser un objet du terrain. Le secteur mobile est muni d'un vernier. L'appareil comporte un tableau gravé donnant les sinus et les cosinus.

921¹. — E. av. 1814.

3. *QUADRANT GÉOMÉTRIQUE*.

L'instrument est constitué par une plaquette de laiton carrée portée par un support à genou. Une pinnule fixe est placée à trois

des angles du carré. Une alidade mobile autour d'un des angles porte deux pinnules. Sur la face de la plaquette sont gravés un arc de cercle divisé en 90° , une échelle du carré des ombres, un quadrillage des sinus et cosinus. Début du XVII^{e} siècle.

4.545. — E. 1849.

4. *HAUSSE DE CANON, par Delure. Début XVIII^{e} siècle.*

L'appareil se compose d'une alidade munie de viseurs à pinnules dont une extrémité formant index se déplace devant une graduation en angles et semble destiné à mesurer les angles d'inclinaison.

898. — E. av. 1814.

5. *HAUSSE DE CANON. XVII^{e} ou XVIII^{e} siècle.*

Cet appareil comporte une règle horizontale portant deux pinnules formant viseur. Une plaque de cuivre verticale fixée à la règle porte une graduation en degrés devant laquelle se déplace un index.

4.544. — E. 1849.

6. *CERCLE ENTIER A PINNULES, construit par Michaël Coignet d'Anvers, 1606.*

Deux pinnules fixes diamétrales, une alidade entraînant une boussole. Deux échelles de carré des ombres. Une échelle des angles des polygones inscrits de 4 à 12 côtés.

4.543. — E. 1849.

7. *CERCLE ENTIER avec lunette de référence construit par Lemaire fils.*

La lunette solidaire de l'alidade peut pivoter autour d'un axe horizontal et balayer ainsi un plan vertical. Alidade à vernier. Première moitié du XVIII^{e} siècle.

17.364. — E. av. 1906.

8. *CERCLE HOLLANDAIS à pinnules, avec boussole, pouvant être disposé dans le plan vertical (fig. 27).*

La graduation est portée par un cercle entier portant quatre pinnules aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires formant, par conséquent, une équerre. Deux autres pinnules sont portées par l'alidade mobile.

Un anneau de suspension permet de laisser pendre le cercle dans la position verticale et de mesurer les angles avec l'horizontale.

Un genou articulé permet de monter l'appareil sur un pied ou un bâton ferré et de le placer horizontalement. Le cercle peut être orienté grâce à une boussole placée au centre.

Le limbe porte une graduation en 360° et la graduation d'un double carré des ombres.

923. — E. av. 1814.

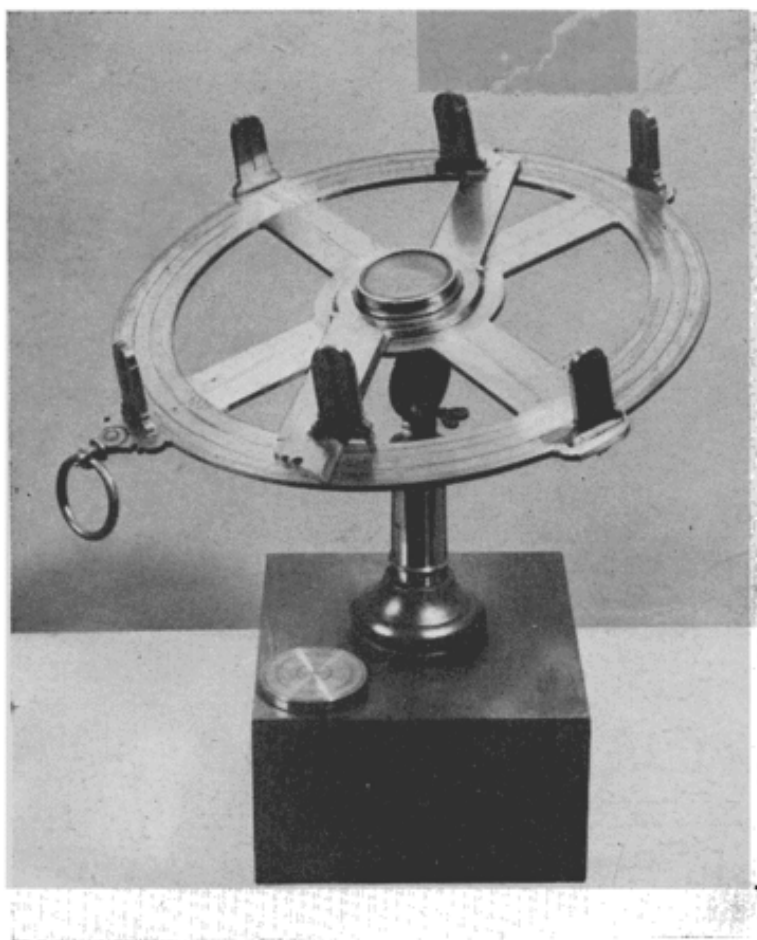


Fig. 27. — Cercle hollandais à pinnules avec boussoles (923).

9. *INSTRUMENT de J. Gavard pour mesurer les angles.*

Don de M. Pezzani.

L'instrument se compose d'un cadre métallique carré; autour de son centre peut pivoter une alidade à lunette. L'alidade porte une fenêtre à fil qui se déplace devant une échelle divisée en 100 parties égales donnant les angles en grades et dixièmes de grades.

12.918. — E. 1896.

AUX RÉSERVES

1. *QUART DE CERCLE avec sinus et cosinus, construit par G. Meuris de Bruxelles, 1681.* 921². — E. 1814.

2. *LOUPE POUR LA LECTURE DES VERNIERS.*

6.730. — E. 1858.

MESURES ANGULAIRES EN TOPOMÉTRIE

H 2 - 2

En topométrie, les erreurs sur les mesures angulaires doivent être réduites autant qu'il est possible. Ceci nécessite l'emploi d'appareils

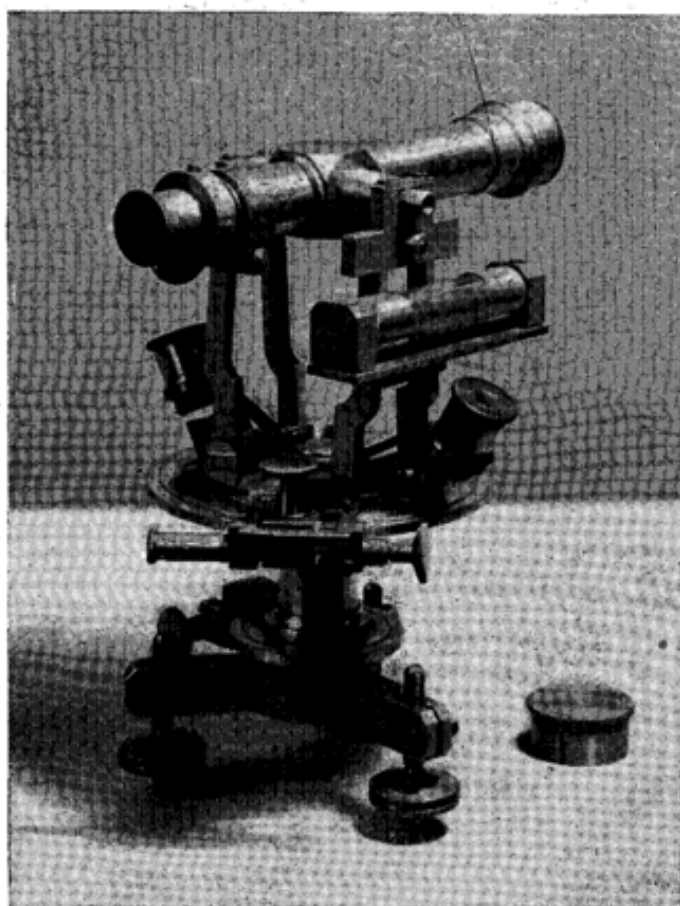


Fig. 28. — Cercle d'alignement par Morin (14.394¹).

perfectionnés mais simples pour que leur manipulation soit rapide.
L'organe de visée est toujours une lunette. Les angles sont mesurés

à l'aide de verniers disposés par paires afin d'augmenter la précision. La verticalité des appareils est obtenue par des vis calantes et vérifiée par des nivelles (niveaux à bulles). Les divers organes comportent des dispositifs de réglages.

Le type d'appareil le plus caractéristique de mesures angulaires en topométrie est le cercle d'alignement.

1. CERCLE D'ALIGNEMENT construit par Morin (fig. 28).

Le cercle d'alignement se compose (fig. 29) :

1^o D'un plateau horizontal gradué dit *limbe horizontal dormant* H, réuni à un disque inférieur K par une colonne creuse C ; cette der-

nière est enchâssée sur une pièce cylindrique également creuse E qui est montée sur un triangle à vis calantes T.

Une pince d'arrêt et une vis de rappel permettent d'immobiliser le limbe ou de lui communiquer de légers déplacements par rapport au triangle des vis calantes.

2^o D'un second plateau horizontal B, dit cercle alidade horizontal concentrique au premier pouvant tourner autour d'un axe vertical G placé dans la partie creusée de la pièce E ci-dessus et constituant l'axe principal du cercle d'alignement. Une pince d'arrêt et une vis de rappel permettent d'im-

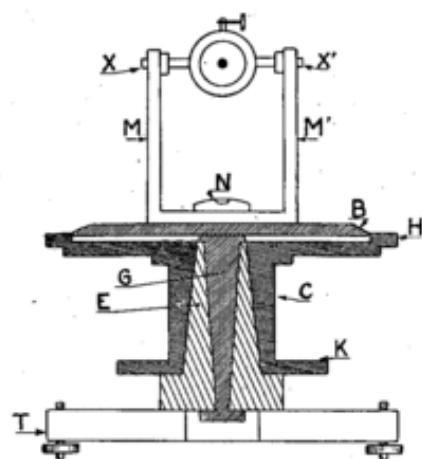


Fig. 29. — Cercle d'alignement (schéma).

mobiliser l'alidade ou de lui communiquer de légers déplacements par rapport au limbe dormant.

Le cercle alidade B reçoit la lunette supportée par deux montants M et M' dont les tourillons constituent l'axe secondaire du cercle d'alignement. Le cercle alidade horizontal gradué porte, en deux points diamétralement opposés, deux index avec verniers ; des loupes, placées près de ceux-ci, facilitent les lectures.

La lunette est susceptible d'accomplir une révolution complète autour de ses tourillons. La verticalité de l'axe principal, et, en même temps, l'horizontalité des cercle et limbe sont obtenues à l'aide d'une nivelle N placée sur le plateau alidade. Une deuxième nivelle peut se placer à cheval sur les tourillons afin de permettre de vérifier leur horizontalité. Une troisième nivelle peut se monter sur la lunette pour obtenir des visées horizontales précises.

L'appareil est complété par un déclinatoire ou tube magnétique fixé par un manchon sur la colonne verticale C. Ce déclinatoire est composé d'un tube cylindrique horizontal en laiton dans lequel se trouve suspendue une aiguille aimantée dont la pointe nord est recourbée, vers le haut; ce tube est fermé, à son extrémité voisine de la pointe nord de l'aiguille, par un verre sur lequel est gravée une division horizontale à zéro central servant à repérer la position de l'aiguille; à l'autre extrémité du tube, un oculaire est disposé pour observer la division et la pointe recourbée de l'aiguille.

Le cercle d'alignement se met en station sur un trépied à branches doubles.

14.394¹. — E. 1911.

2. LONGUE-VUE A MICROMÈTRE de LUGEOL pour la détermination rapide des angles, construite par Lorieux.

L'objectif de la longue-vue est constitué par deux demi-lentilles accolées pouvant coulisser l'une par rapport à l'autre au moyen d'un système d'engrenages commandés par un bouton moleté.

La longue-vue ne donne une image unique que si les deux demi-lentilles sont placées de manière à reconstituer une lentille entière. Dans les autres cas, elle donne deux images identiques superposées décalées horizontalement. On peut faire varier la distance d'un point de l'une de ces images au même point de l'autre en tournant le bouton moleté. Pour mesurer la distance angulaire AB (fig. 30) on tourne le bouton moleté jusqu'à ce que l'objet A d'une des images soit superposé à l'objet B de l'autre image. On lit alors un nombre sur un tambour fixé à la longue-vue; une table portée par l'appareil donne l'angle cherché en fonction du nombre lu sur le tambour.

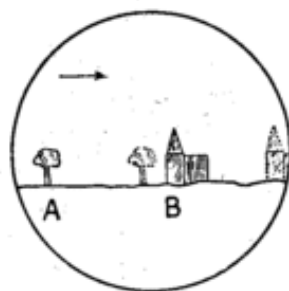


Fig. 30. — Champ de la lunette du micromètre de Lugeol.

Cet instrument permet de mesurer des angles inférieurs à 5°.

8.753. — E. 1875.

AUX RÉSERVES

1. TRÉPIED DE CERCLE D'ALIGNEMENT construit par Morin.

Ce trépied est destiné à recevoir le cercle d'alignement n° 14.394¹.

14.394². — E. 1911.

MESURES ANGULAIRES EN GÉODÉSIE

H 2 - 3

Les angles mesurés en géodésie le sont toujours sur de très grands côtés. La détermination des points géodésiques fondamentaux nécessite l'exécution d'observations astronomiques au cours desquelles on mesure l'angle formé par deux astres et le point d'observation ou l'angle formé

par un astre et la verticale passant par le point géodésique.

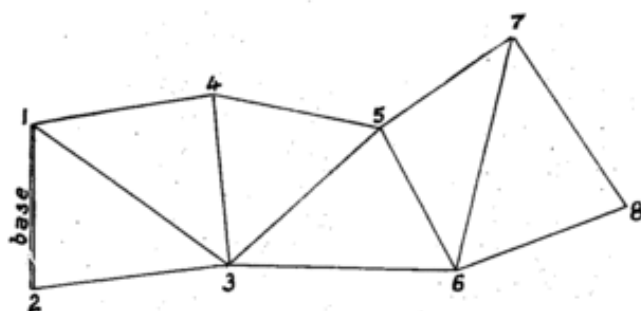


Fig. 31. — Schéma de triangulation.

La détermination des autres points géodésiques s'effectue par la méthode de la triangulation. Les points géodésiques 1, 2, 3, etc. (fig. 31) sont choisis aux sommets de triangles accolés formant une « chaîne de triangles ». On

mesure avec précision la longueur de l'un de ces côtés 1, 2 appelé base et tous les angles des triangles. Ces éléments permettent de calculer de proche en proche les longueurs des côtés de tous les triangles de la chaîne.

Ces côtés ont des longueurs généralement comprises entre 1 et 60 kilomètres. Pour des visées de telles longueurs, la précision a une très grande importance et les appareils de mesures angulaires de géodésie sont conçus pour mesurer les angles avec le maximum de précision.

A l'origine on augmentait la précision en donnant aux cercles gradués des dimensions importantes, ce qui les rendait encombrants et amenait les constructeurs à n'utiliser que des portions de cercles (souvent des quarts de cercles).

Les progrès de la construction mécanique, en particulier la réalisation de machines modernes à diviser le cercle, a permis de diminuer l'encombrement des appareils tout en accroissant la précision des mesures.

1. *QUART DE CERCLE en bois avec lunette simple* (fig. 32).

Un quart de cercle vertical, porté par une colonne en bois dont le pied est muni de 4 vis calantes, supporte une lunette pouvant

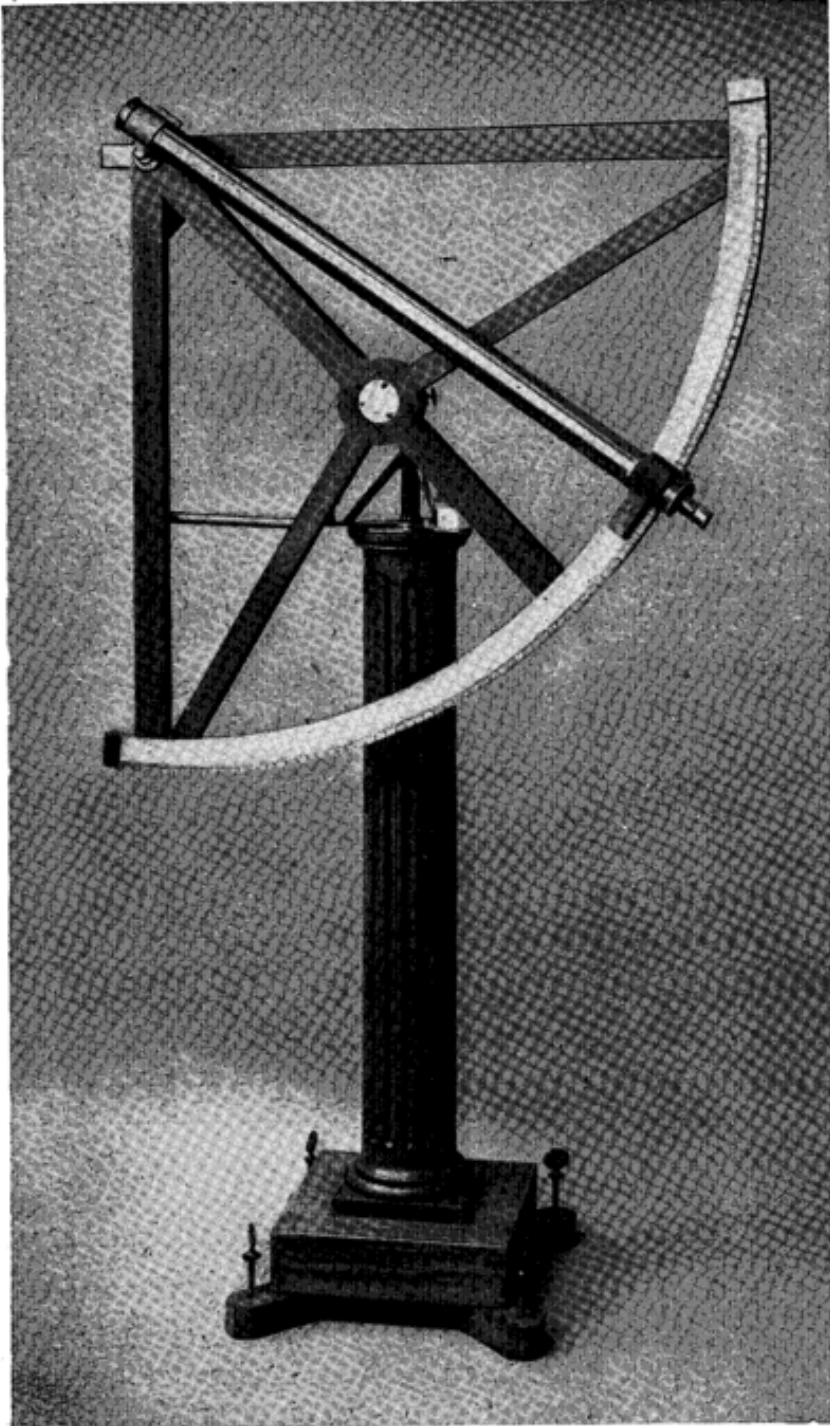


Fig. 32. — Quart de cercle en bois avec lunette simple (1.494).

pivoter autour de son centre. Cette lunette entraîne un vernier se déplaçant en regard d'une division en degrés gravée sur un limbe en bois. Début XVIII^e siècle.

1.494. — E. av. 1814.

2. *QUART DE CERCLE* par J. BIRD. Londres XVIII^e siècle.

Une croisée munie de quatre vis de calage porte une colonne en laiton terminée par un cercle azimutal gradué en degrés et dans laquelle tourne un axe vertical. Une pince à vis de serrage, calée sur l'axe et percée d'une fenêtre munie d'un vernier double au cinquième se déplace sur ce cercle.

L'axe se termine par un tableau horizontal pourvu d'une rainure où s'encastre une pièce à section carrée dont les extrémités, dressées à l'équerre, reçoivent l'armature du quart de cercle. Celle-ci, fixe par rapport à l'une, est réglable par rapport à l'autre à l'aide d'une vis à bouton moleté.

Le limbe du quart de cercle porte deux divisions l'une interne en degrés subdivisés de 20 en 20', l'autre externe en 96 parties subdivisées en quarts. Autour du centre tourne une lunette à oculaire latéral munie de deux verniers l'un au vingtième, pour les degrés, l'autre au trente-deuxième pour les parties. Cette lunette est reliée par vis de rappel à une pince que l'on peut serrer sur le limbe; la vis porte un tambour divisé en 75 parties égales. Une seconde lunette fixe est placée sur le quart de cercle; son axe optique est parallèle à la graduation 90° — 96°.

L'instrument peut servir comme quart de cercle vertical ou horizontal en faisant tourner la pièce à section carrée de 90° dans la rainure. Dans le second cas, on peut déterminer la différence d'azimut de deux points de l'horizon en visant l'un avec la lunette fixe, l'autre avec la lunette mobile.

Pour régler le quart de cercle dans la situation verticale on commence par amener entre ses repères la bulle du niveau qui se trouve sur la pièce à section carrée; on utilise à cet effet les vis calantes du pied. Pour parfaire le réglage, on amène, en agissant sur la vis à boulon moleté de la pièce à section carrée, un repère du limbe à passer derrière un fil à plomb suspendu à la partie antérieure de l'instrument.

1.496. — E. 1814.

3. *QUART DE CERCLE* à deux lunettes achromatiques et micromètre, construit par V^{te} Lennel, à Paris.

Un quart de cercle vertical gradué supporte deux lunettes. L'une d'elles, fixe, peut être rendue horizontale grâce à un niveau. L'autre pivote autour du centre du quart de cercle et peut être immobilisée à l'aide d'une pince de serrage avec vis de rappel munie d'un micromètre. L'instrument entièrement métallique est construit sur le modèle des grands quarts de cercle muraux de J. Bird. Deuxième moitié du XVIII^e siècle.

1.495. — E. av. 1814.

4. *CERCLE RÉPÉTITEUR* construit par Bellet, 1805 (fig. 33).

Don de la famille Bréguet.

L'appareil se compose (fig. 34) : d'une colonne verticale A supportée par 3 vis calantes. La colonne verticale peut pivoter

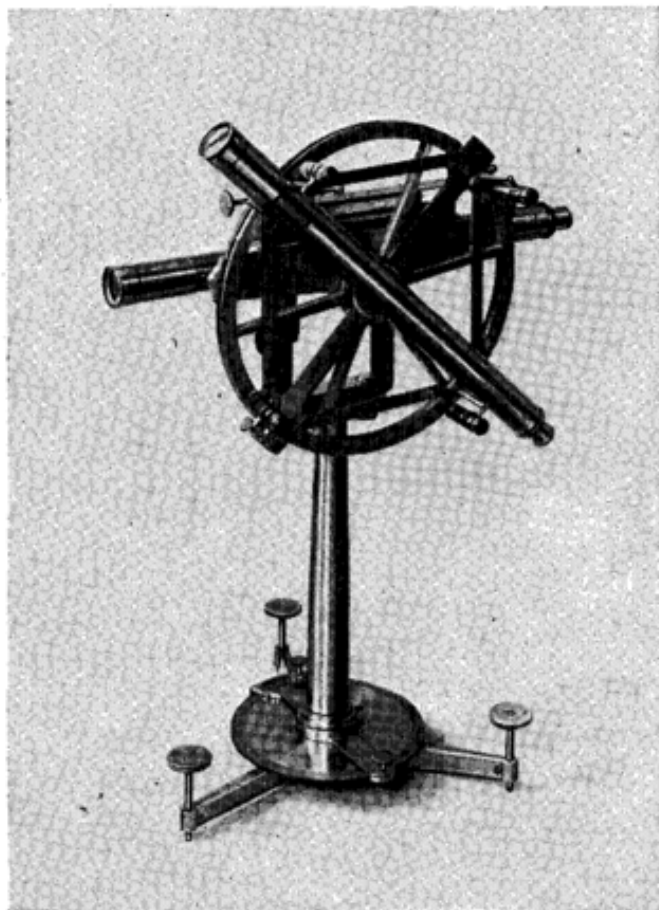


Fig. 33. — Cercle répétiteur (8.604).

autour de son axe et être immobilisée par une pince de serrage P avec vis de rappel. Au sommet de la colonne se trouve l'axe secondaire B solidaire d'un limbe vertical gradué C. Une lunette D portant une nivelle est reliée au limbe C par l'intermédiaire d'une pince de serrage P' avec vis de rappel.

Un plateau alidade vertical E portant 4 verniers tourne autour de l'axe secondaire et peut être rendu solidaire du limbe grâce à une pince de serrage P'' avec vis de rappel.

Une seconde lunette F est fixée

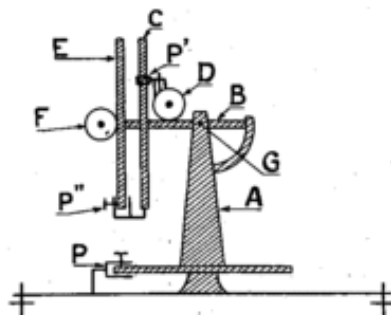


Fig. 34. — Schéma du cercle répétiteur.

à l'alidade. L'axe secondaire B peut pivoter autour d'un axe horizontal G et prendre ainsi une inclinaison quelconque.

Cet instrument est construit sur le modèle des cercles répéteurs de Lenoir utilisés pour la mesure du méridien par Méchain et Delambre. Bellet était chargé de l'entretien des instruments de Delambre pendant les opérations.

8.604. — E. 1873.

5. *CERCLE RÉPÉTITEUR construit par Fortin.*

Appareil de conception analogue au précédent, il s'en différencie toutefois par un trépied métallique lié d'une façon inamovible à l'ensemble cercles-lunettes et reposant directement sur le sol par trois vis calantes. L'une des lunettes manque. Cet appareil fut utilisé par Biot et Arago pour les mesures de la méridienne de Barcelonne à Formentera.

8.714. — E. 1875.

6. *THÉODOLITE ANCIEN construit par Jean Dupuis (fig. 35).*

Don de M. et M^{me} Augustin Rey.

Ce théodolite est formé de deux disques en bois sculpté et ajouré, l'un horizontal, l'autre vertical. Sur le limbe, gradué en degrés, des plaquettes métalliques gravées indiquent le nom des principales villes de France avec leur longitude et leur latitude. Sur les deux disques sont disséminés les signes du zodiaque et des astres.

Deux lunettes ornées d'anneaux gravés sont fixées latéralement au disque horizontal. Une grande lunette est placée dans l'axe du cercle vertical.

Un motif sculpté sert de couronnement à l'appareil. Un pied en bois sculpté à trois branches munies de vis calantes permet de réaliser la verticalité de l'axe principal.

Cet instrument construit probablement au XVIII^e siècle est plus un objet d'art qu'un appareil de mesure.

14.363. — E. 1911.

7. *THÉODOLITE construit par Gambey.*

L'appareil comporte une colonne verticale pouvant tourner sur elle-même et solidaire d'un limbe horizontal. Au sommet de cette colonne se trouve l'axe secondaire relié à celle-ci par une articulation à la cardan. L'axe secondaire peut être rendu horizontal au moyen d'un système à pince de serrage et vis de rappel; l'horizontalité est vérifiée par un niveau à jambes.

Un limbe vertical monté sur l'axe secondaire est relié à la colonne par l'intermédiaire d'une pince de serrage avec vis de rappel. Devant le limbe se déplacent 4 verniers munis de 4 loupes.

Un prisme (dit prisme d'oculaire) peut se placer devant l'ocu-



Fig. 35. — Théodolite ancien construit par Jean Dupuis (14.363).

laire de la lunette. Ce prisme réfléchit les rayons lumineux dans une direction perpendiculaire à l'axe optique de la lunette, facilitant ainsi les visées très inclinées.

8.324. — E. 1872.

8. *THÉODOLITE, cercle répétiteur construit par Gambey.*

Don de la famille Bréguet.

Construction analogue à celle de l'appareil précédent.

11.802. — E. 1890.

9. *ASTROLABE à prisme, système Claude et Driencourt (fig. 36).*

L'instrument comprend une lunette horizontale à fort grossissement, mobile autour d'un axe vertical, la partie formant alidade

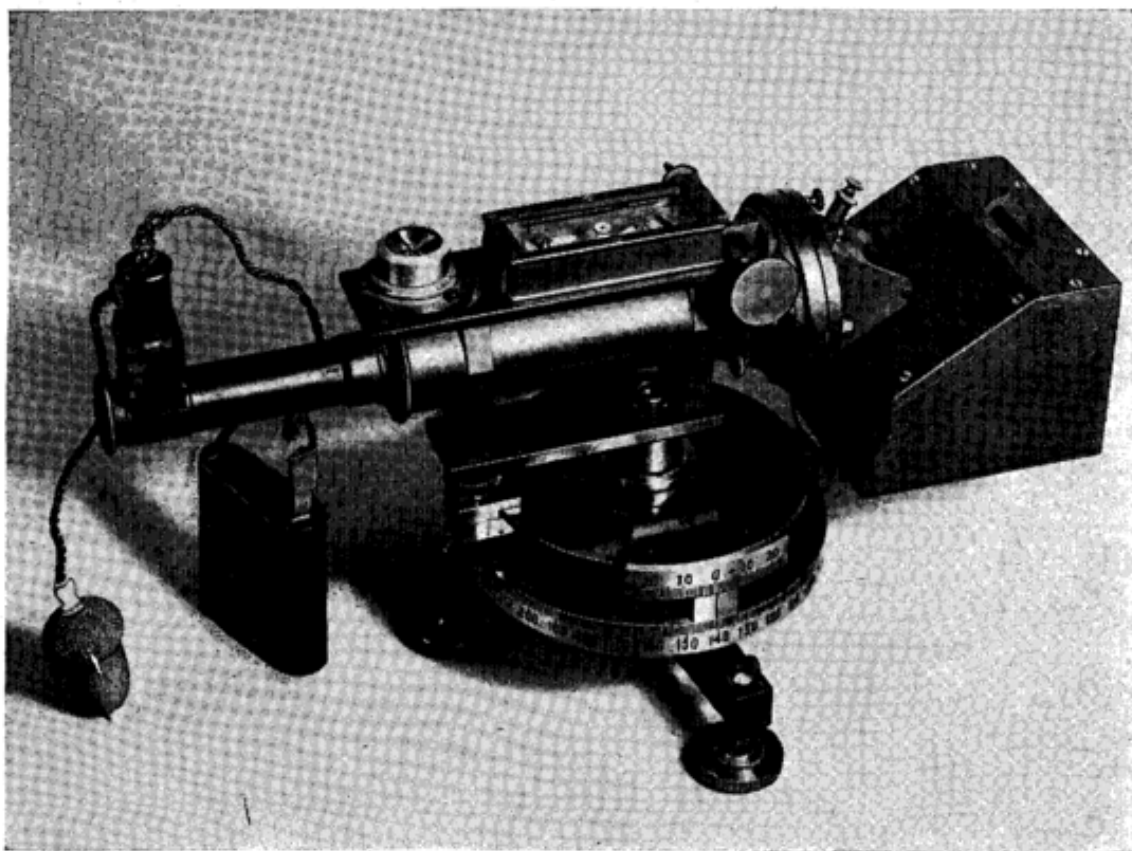


Fig. 36. — Astrolabe à prime, système Claude et Driencourt (13.809¹).

se déplaçant dans son mouvement devant un limbe gradué (fig. 37). Devant la lunette est fixé un prisme à section équilatérale dont une face est perpendiculaire à l'axe optique de la lunette et dont l'arête opposée est horizontale. Sous ce prisme est disposé un bain de mercure formant surface réfléchissante horizontale. Considérons un point lumineux supposé situé au foyer de l'objectif. La partie supérieure de ce faisceau se réfléchit en M, traverse normalement la face AC du prisme et après réflexion en O sur la surface du mercure est renvoyée dans

une direction qui fait un angle de 60° environ avec l'horizontale. Il en est de même de la partie inférieure du faisceau après réflexion en I.

Inversement une source lumineuse S (étoile) située à l'infini

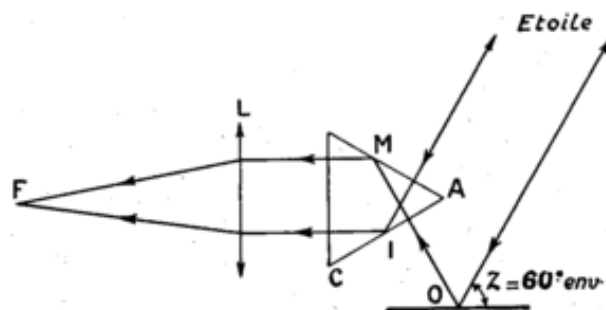


Fig. 37. — Schéma de l'astrolabe à prisme.

dans la direction du faisceau émergé donne au foyer F de la lentille une seule image bien que le faisceau de rayons parallèles émis par elle soit divisé en deux parties séparées par l'arête A du prisme. Cette propriété n'est vraie qu'à l'instant précis où l'étoile fait avec l'horizontale un angle Z, bien déterminé, qui est une constante de l'instrument. Pour un angle différent de Z, il y a toujours deux images, l'une directe, l'autre réfléchie.

Cet appareil permet d'observer des étoiles différentes au moment précis où l'angle qu'elles font avec l'horizontale est égal à Z. Cette observation permet de calculer la latitude du lieu d'observation et l'heure locale.

On remarquera l'installation électrique, destinée à éclairer les fils du réticule pendant les observations nocturnes et le couvercle en bois, percé de deux orifices, protégeant le bain de mercure contre les poussières qui pourraient s'y déposer.

13.809¹. — E. 1906.

10. TRIGONOMÈTRE DE BOLLES, 1824.

Appareil formé par un assemblage de règles mobiles servant à résoudre mécaniquement les problèmes de trigonométrie et de navigation.

8.390. — E. av. 1872.

AUX RÉSERVES

1. *TRÉPIED à hauteur variable pour instruments de géodésie construit par la Société Genevoise.*

Les branches de ce trépied sont formées de deux parties pouvant coulisser l'une par rapport à l'autre. Cette disposition permet de faire varier la hauteur de l'instrument au-dessus du sol.

7.669. — E. 1867.

2. *TRÉPIED pour astrolabe à prisme.*

Ce trépied est destiné à recevoir l'astrolabe à prisme n° 13.809¹.

13.809². — E. 1906.

3. *CINQ TRÉPIEDS DIVERS pour instruments de géodésie.*

5.481. — E. 1853.



DÉTERMINATION DU POINT A LA MER

H 2 - 4

Les instruments de mesures angulaires utilisés en géodésie qui ont été mentionnés précédemment sont basés sur l'emploi d'axes fixes horizontaux ou verticaux. Ils deviennent inutilisables dès que l'instrument est placé sur un support mobile; c'est le cas des observations faites en mer. Les mesures sont, dans ce cas, effectuées à l'aide d'instruments à réflexion dont le type est le sextant.

Le sextant sert à mesurer l'angle de deux directions. En général, il

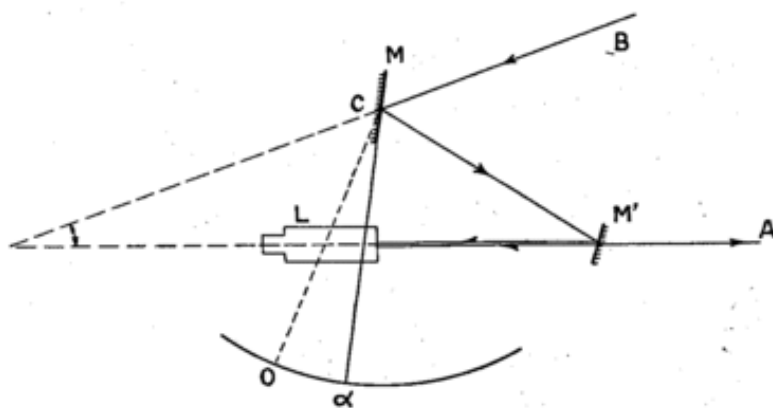


Fig. 38. — Schéma du sextant.

s'agit pour le navigateur de mesurer la hauteur du soleil ou celle d'une étoile au-dessus de l'horizon. De cette mesure et de la connaissance de la route estimée du bateau, c'est-à-dire de sa vitesse et de sa direction, et au moyen du calcul de trigonométrie sphérique en tenant compte de l'heure des observations, le marin déduit la position de son navire sur la carte, c'est-à-dire sa latitude et sa longitude géographiques.

L'instrument (fig. 38) est constitué essentiellement par une lunette et deux miroirs M et M' perpendiculaires à un plan qui passe par l'axe de la lunette.

Le miroir M' rencontre l'axe de la lunette, il est sans tain sur la moitié

de la surface. Le miroir M est mobile autour d'un axe qui est perpendiculaire à l'axe de la lunette; il est porté par une alidade qui peut tourner autour de ce même axe et dont la position est indiquée au moyen d'un vernier en regard d'un cercle gradué.

Dans ces conditions on peut faire tourner le miroir M de manière qu'un point B vu par double réflexion dans les miroirs M et M' paraît être dans la même direction que le point A vu à travers le miroir M'.

L'angle B $\bar{O}$ A est le double de l'angle des 2 miroirs. Si O est la position de l'alidade pour laquelle les deux miroirs sont parallèles, l'arc O α est égal à la moitié de l'angle B $\bar{O}$ A qu'il s'agit de mesurer.

Dans le sextant, le limbe gradué est limité à un arc de 60° environ. Si le limbe est limité à 45°, l'appareil prend le nom d'octant. Dans le cercle hydrographique, le limbe est un cercle complet.

1. *QUARTIER ANGLAIS construit par Robert Merchant, milieu XVIII^e siècle.*

Don de M. R. Heilbronner.

L'appareil se compose de deux secteurs en bois de rayons inégaux; le plus petit secteur porte un arc de 60°, l'autre, un arc de 30°. Chaque secteur porte une pinnule couissant sur l'arc correspondant. Au centre commun des deux se trouve une troisième pinnule fixe.

L'observateur tournant le dos au soleil, projette l'image de la fente de la pinnule portée par l'arc de 60° sur la pinnule fixe. Il cherche d'autre part à voir, par la pinnule portée par l'arc de 30°, l'horizon de la mer à travers la fente de la pinnule fixe. Ces deux résultats étant obtenus simultanément la somme des angles indiqués par les pinnules mobiles donne l'angle du soleil sur l'horizon.

13.054. — E. 1898.

2. *OCTANT DE HADLEY construit par Adams.*

Cet appareil dont le limbe est limité à un arc de 45° ne comporte ni lunette de visée ni verres colorés. Les visées se font par un œilleton en cuivre percé d'un petit trou.

3.908. — E. av. 1849.

3. *SEXTANT DE RAMSDEN.*

Modèle conforme à la description donnée page 75.

1.841. — E. 1814.

4. *SEXTANT construit par B. Bianchi (fig. 39).*

Sextant comportant des écrans colorés pouvant être intercalés sur le passage des rayons lumineux directs ou réfléchis pour en atténuer l'éclat.

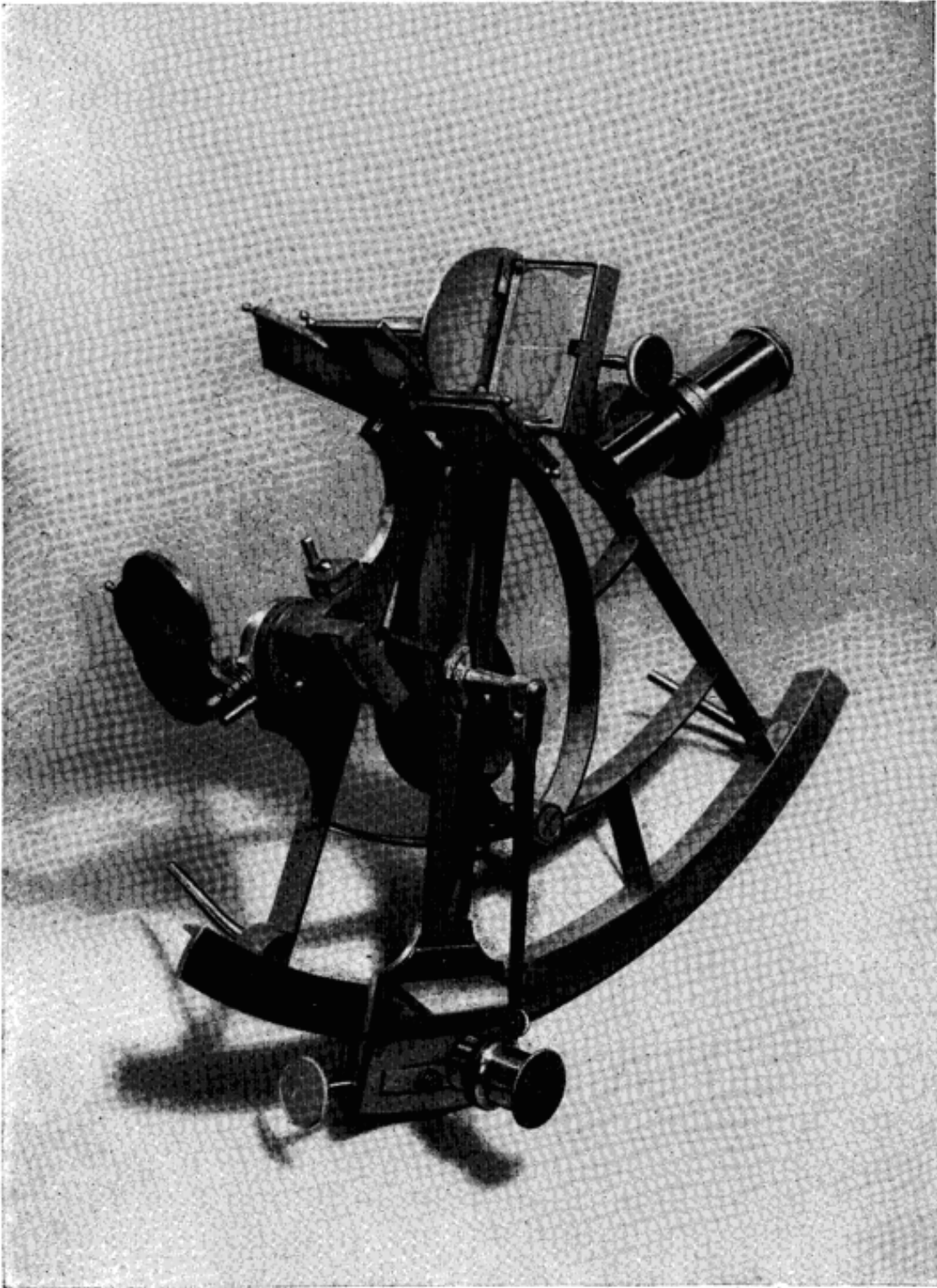


Fig. 39. — Sextant par Bianchi (6.692).

Ces écrans se retrouvent sur la majorité des sextants. L'appareil est muni d'une loupe montée à l'extrémité d'un bras articulé, permettant une meilleure lecture du vernier de l'alidade.

6.692. — E. 1857.

5. *SEXTANT DE HURLIMANN.*

Don du Musée des P. T. T.

15.603. — E. 1920.

6. *PETIT SEXTANT DE DOLLOND.*

Sextant d'un modèle réduit monté sur un petit trépied à vis calantes.

4.217. — E. av. 1849.

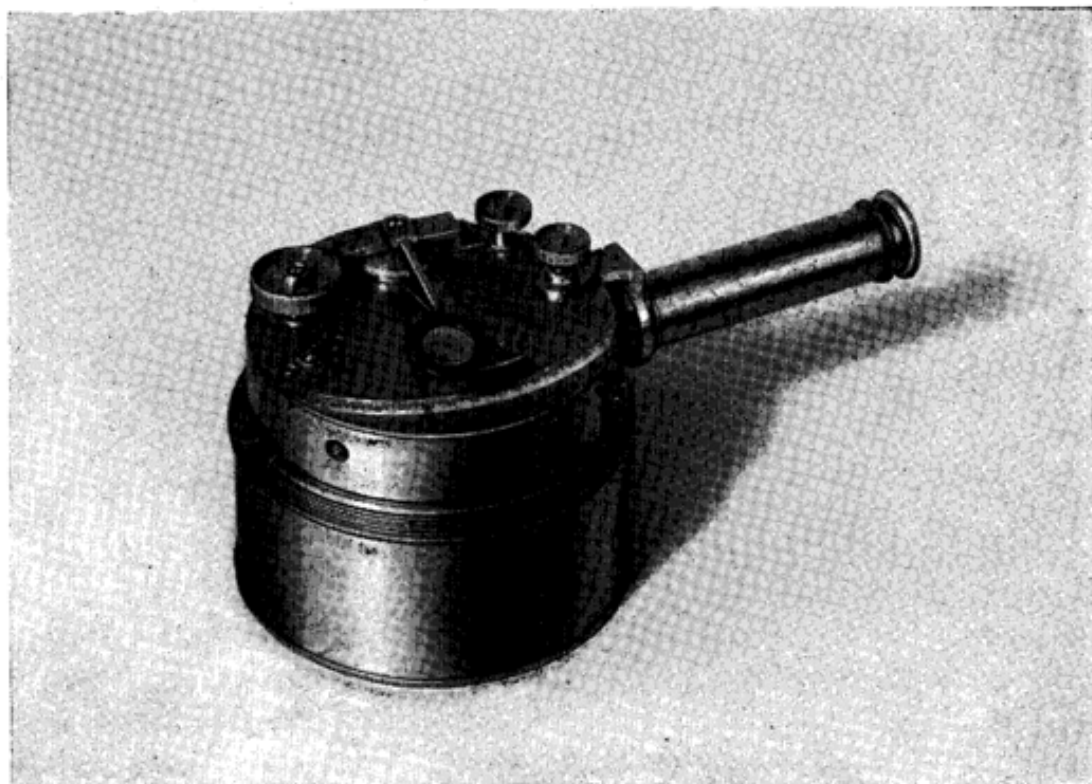


Fig. 40. — Sextant de poche de Elliot frères (6.622).

7. *SEXTANT DE POCHE construit par Elliot frères de Londres (fig. 40).*

Modèle contenu dans un boîtier cylindrique en cuivre pouvant se placer dans une gaine en cuir.

6.622. — E. 1856.

8. *SEXTANT DE POCHE.*

Don de M^{me} V^{ve} Léon Brunner.

Modèle de même conception que le précédent.

12.798. — E. 1896.

9. *SEXTANT du commandant Fleuriais avec horizon gyroscopique construit par Hurlimann.*

Cet appareil comprend un sextant d'un modèle semblable aux précédents et un horizon gyroscopique. L'horizon gyroscopique est une petite turbine à air située à l'intérieur d'un carter cylindrique vitré à sa partie supérieure; le rotor ne porte qu'un seul pivot sur lequel il repose. Ce rotor est creusé d'une série d'alvéoles situées dans une de ses sections droites; il est entraîné par des jets d'air comprimé qui viennent frapper les alvéoles.

Lorsque l'appareil est au repos, le poids du rotor maintient son axe vertical. Si dans cette position, on fait agir les jets d'air comprimé, il prend un mouvement de rotation rapide et son axe conserve dès lors sa verticalité quels que soient les mouvements du carter.

Le rotor est traversé par un système optique comprenant un réticule qui indique l'horizon.

Cet appareil se monte sur le sextant, sur le trajet des rayons lumineux directs. Le sextant, dans ce cas, sert à mesurer les angles d'inclinaison sur l'horizon.

11.547. — E. 1889.

10. *GRANDE ET PETITE GLACES pour sextant accompagnées de 7 verres de couleur et une glace ronde de 65 mm de diamètre pour horizon à mercure.*

Don de M. Radiguet.

13.384. — E. 1901.

11. *CERCLE A RÉFLEXION DE BORDA construit par Lenoir (fig. 41).*

Appareil basé sur le même principe que le sextant mais comportant un limbe formé d'un cercle entier. L'appareil est monté au sommet d'une colonne par une articulation lui permettant de prendre toutes les inclinaisons.

Cet instrument inventé en 1775 par Borda est conçu pour répéter la même mesure d'angle en prenant pour zéro de chaque observation la division sur laquelle s'est arrêtée l'alidade pendant l'observation précédente. En fin d'opération on obtient un multiple de l'angle cherché. L'erreur due à la graduation du limbe est ainsi divisée par le nombre des observations successives.

1.842. — E. 1814.

12. *ALIDADE MARINE construite par Vollet.*

14.525. — E. 1914.

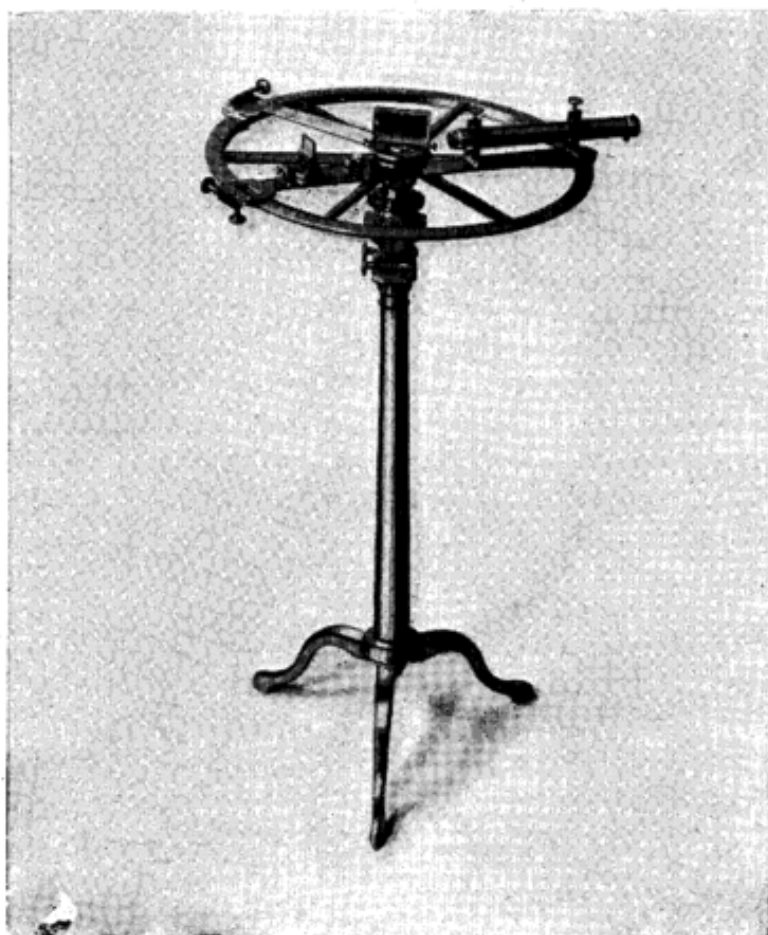


Fig. 41. — Cercle à réflexion de Borda (1.842).

AUX RÉSERVES

1. *SEXTANT* construit par Gambey.
8.325. — E. 1872.
2. *SEXTANT* de poche construit par Troughton et Simms de Londres.
Don de la famille Bréguet.
12.322. — E. 1892.
3. *CERCLE A RÉFLEXION* de Borda. Signé Lenoir à Paris, n° 68.
Don de l'École d'Horlogerie.
19.412. — E. 1950.
4. *CERCLE A RÉFLEXION* de Borda. Signé « Lenoir à Paris, n° 350 ».
Don de l'École d'Horlogerie.
19.413. — E. 1950.

INSTRUMENTS DE MESURES ALTIMÉTRIQUES

H 3

Le nivellement a pour objet la recherche des altitudes, c'est-à-dire des hauteurs au-dessus du niveau moyen de la mer supposée prolongée sous les continents.

La différence des altitudes de deux points est leur différence de niveau ou dénivellation. Deux procédés sont utilisés pour déterminer les différences de niveau : le nivellement direct ou géométrique dans lequel on procède par visée horizontales et le nivellement indirect dans lequel on procède par visées inclinées ou par mesures de pressions atmosphériques.

Le nivellement direct utilise des appareils appelés niveaux.

Le nivellement indirect utilise des éclinètres qui mesurent l'angle des visées avec un plan horizontal, des clinomètres qui mesurent la pente des visées, ou des baromètres qui mesurent des pressions.



MESURE DIRECTE DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU

H 3 - 1

Pour obtenir la différence de niveau HB de deux points A et B (fig. 42) on fait placer une mire verticale en chacun des points A et B et on place un niveau en un point quelconque. Le niveau détermine un plan horizontal de visée *ab*. La dénivellation cherchée HB est égale à $Aa - Bb$.

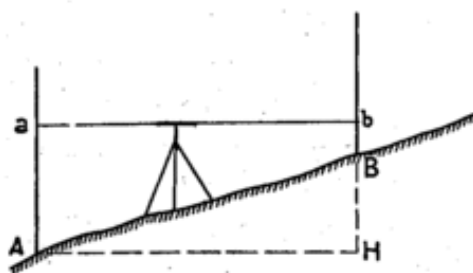


Fig. 42. — Principe du nivellement direct.

Les quantités Aa et Bb sont lues sur les mires quand on a dirigé sur elles l'organe de visée de niveau.

Le plan de visée horizontal peut être obtenu de plusieurs façons. Les niveaux d'eau, sont basés sur le principe des vases communicants, deux fioles en verre sont réunies par un tube; le tube est rempli d'eau de manière que celle-ci s'élève dans les fioles jusqu'à une certaine hau-

teur. La visée horizontale se fait en menant une tangente à la surface de l'eau dans les deux fioles (fig. 43).

Le niveau de maçon (fig. 44) se compose de deux règles en bois égales AB et AC assemblées généralement à angle droit à l'une de leurs extrémités A et reliées au moyen d'une traverse DE. Un fil à plomb est suspendu au sommet A. Pour que la ligne BC indique l'horizontale, il suffit que le fil à plomb passe par un trait tracé au milieu de la traverse DE; ce trait est la ligne de foi du niveau.

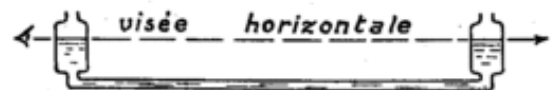


Fig. 43. — Schéma du niveau d'eau.

Les niveaux à lunette peuvent utiliser l'action de la pesanteur agissant sur une masse suspendue qui vient se placer sur la verticale du point de

suspension; la lunette est solidaire de la masse et placée de telle façon qu'elle donne une ligne de visée horizontale lorsque les oscillations de la masse pesante sont amorties.

Plus généralement, les niveaux à lunette utilisent la nivelle à bulle

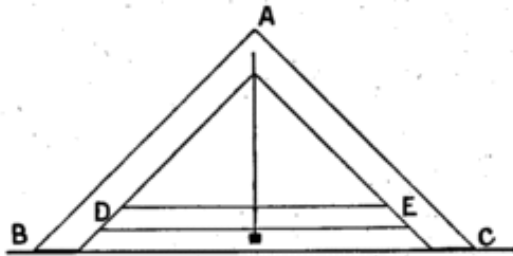


Fig. 44. — Schéma du niveau de maçon.

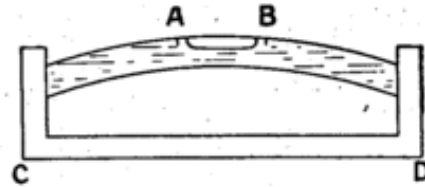


Fig. 45. — Schéma de la nivelle à bulle d'air.

d'air (fig. 45). C'est un tube de verre rodé intérieurement en forme de tore. Ce tube, fermé à ses deux extrémités est rempli de liquide (alcool ou éther), sauf un petit espace, rempli d'air et de vapeur du liquide formant, à la partie supérieure du tube, une bulle dite bulle d'air.

La fiole ainsi constituée est enchassée dans une garniture métallique. Deux repères A et B sont gravés sur la fiole dans une position telle que la base CD de la nivelle soit horizontale lorsque la bulle vient se placer entre ces deux repères. Si on associe une telle nivelle à une lunette de manière que la ligne de visée soit horizontale lorsque la bulle est entre ses repères on a réalisé un niveau.

1. NIVEAU D'EAU EN CUIVRE AVEC PIED, construit par Bianchi (fig. 46).

Cet appareil est placé sur un trépied qui en assure la stabilité pendant les observations.

6.693. — E. 1857.

2. NIVEAUX A TUBE de guta-percha avec deux bouteilles et deux cannes divisées.

Niveaux d'eau constitués par deux fioles en verre pouvant coulisser chacune sur une canne graduée en mètres et centimètres et reliées par un tube en gutta-percha. Les fioles sont munies à leur partie supérieure d'un robinet que l'on ferme pendant les transports pour éviter la perte du liquide.

On place les deux cannes graduées sur les points dont on veut mesurer la dénivellation et on déplace les fioles jusqu'à ce que

l'eau y apparaisse et s'immobilise; la dénivellation est égale à la différence des nombres lus sur les cannes graduées en regard de la surface libre de l'eau.

4.915. — 1850.

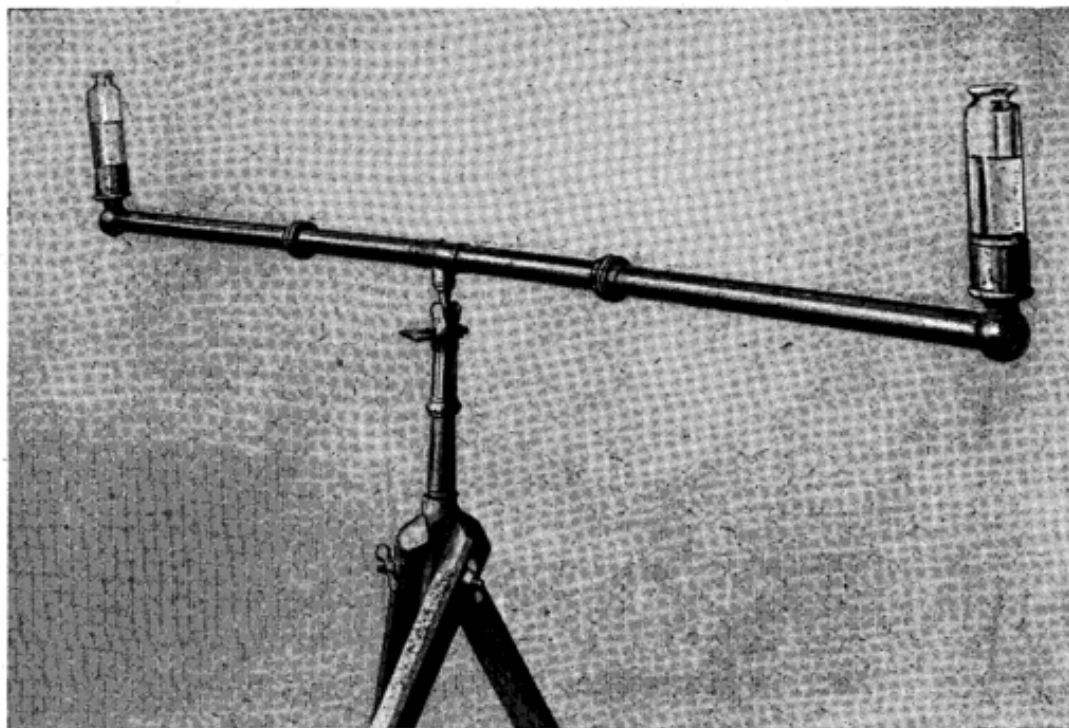


Fig. 46. — Niveau d'eau en cuivre avec pied par Bianchi (6.693).

3. *NIVEAU TRIANGULAIRE à quart de cercle, construit par Butterfield. Fin XVII^e siècle.*

Niveau de maçon dont la traverse horizontale est remplacée par un quart de cercle devant lequel se déplace le fil à plomb.

8.432. — E. av. 1872.

4. *NIVEAU DE MAÇON EN CHÊNE.*

4.913. — E. 1850.

5. *NIVEAU A FIL A PLOMB.*

Niveau de maçon muni de butées permettant de modifier la longueur des règles inclinées et servant au réglage de l'appareil.

3.078¹. — E. 1845.

6. *NIVEAU A CADRAN SPHÉRIQUE DE CARBONNEL.*

Don de M. Carbonnel.

L'appareil comporte une calotte (cadran) sphérique reposant sur un plan tangent à son pôle et dans laquelle sont tracées de degrés en degrés des circonférences concentriques. Un fil à plomb est suspendu au centre de la calotte; lorsque le plan tangent à la calotte sphérique s'incline, la masse suspendue au bout du fil indique l'inclinaison par la cote de la circonférence au-dessus de laquelle se trouve la masse.

9.186. — E. 1878.

7. *NIVEAU A PENDULE (système Leblanc).*

Niveau de maçon dans lequel le fil à plomb est remplacé par un pendule rigide suspendu.

2.925. — E. 1843

8. *TYPE DE NIVEAU USITÉ EN ANGLETERRE.*

Don de A. Guettier.

Nivelle à bulle d'air à garniture en cuivre. La partie inférieure plane de la garniture peut se poser sur un plan pour en vérifier l'horizontalité.

17.241. — E. 1887.

9. *NIVEAU DROIT RECTIFIABLE du système A. Guettier.*

Don de M. A. Guettier.

Une vis de réglage permet d'incliner la nivelle sur son armature et de régler ainsi l'horizontalité de cette dernière lorsque la bulle est entre ses repères.

17.240. — E. 1887.

10. *NIVEAU CIRCULAIRE de Samain.*

Don de M. Samain.

L'appareil se compose d'une boîte en bois en forme de parallélépipède rectangle à l'intérieur de laquelle un cylindre métallique dont la partie inférieure est alourdie pivote autour d'un axe horizontal. Un trait est gravé à la partie supérieure du cylindre; lorsque la base de la boîte en bois est horizontale, le trait du cylindre vient se placer en face d'un trait gravé sur une fenêtre ménagée dans la boîte.

6.992. — E. 1861.

11. *NIVEAU CIRCULAIRE A BULLE D'AIR, construit par Ciechansky.*

Constitué par une fiole en verre dont la partie supérieure est en forme de calotte sphérique. Cette fiole est partiellement remplie de liquide, laissant ainsi apparaître une bulle circulaire. La fiole est enchâssée dans une garniture métallique en forme de cylindre dont la partie inférieure est plane.

Un cercle est gravé sur la fiole; lorsque la partie inférieure plane de la garniture métallique est horizontale, la bulle vient s'inscrire dans le cercle gravé sur la nivelle.

6.847. — E. 1859.

12. *NIVEAU SPHÉRIQUE à membrane métallique extensible construit par Dumoulin-Froment.*

C'est une nivelle circulaire dont le fond est constitué par une membrane métallique extensible permettant une libre dilatation du liquide de la fiole sous l'influence des variations de température.

11.046. — E. 1887.

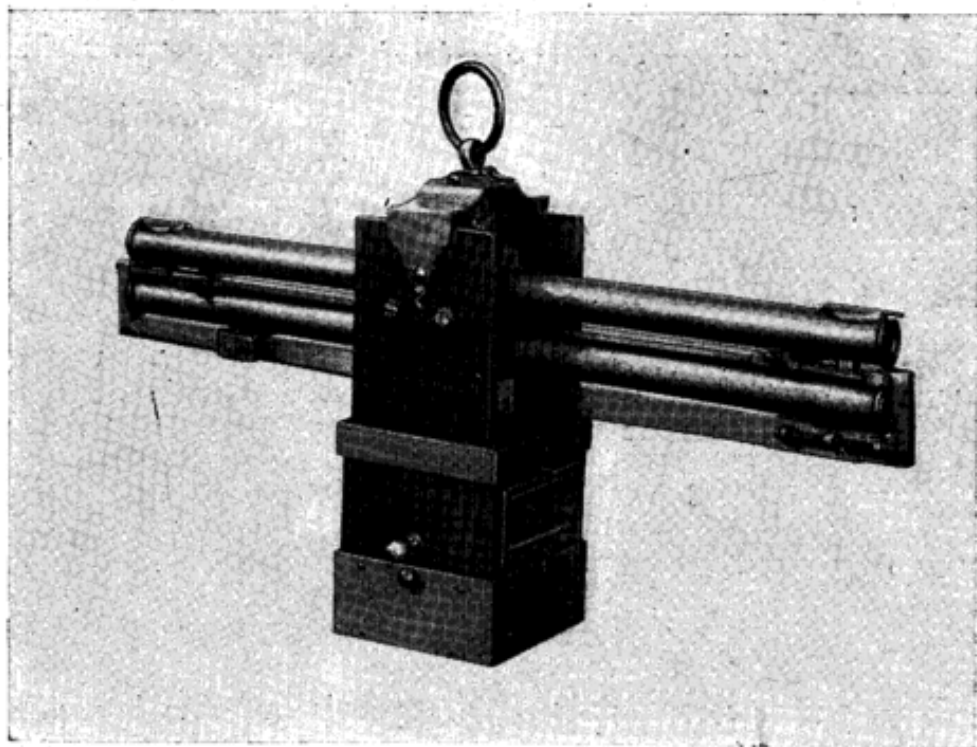


Fig. 47. — Lunette de nivellement à double corps de Le Febvre (7.481).

13. *LUNETTE DE NIVELLEMENT A DOUBLE CORPS* (fig. 47)
de Le Febvre, début XVIII^e siècle.

Don de l'Académie des Sciences.

L'appareil se compose de deux lunettes placées côte à côte et fixées ensemble de façon que leurs axes soient parallèles et que l'oculaire de l'une voisine avec l'objectif de l'autre. Elles sont solidaires d'une masse pesante placée en dessous d'elle dans une boîte parallélépipédique en bois et d'un anneau placé au-dessus. L'ensemble des deux lunettes peut pivoter autour de son axe longitudinal et permet ainsi deux visées dans le but d'améliorer la précision.

En soulevant l'anneau les lunettes se trouvent suspendues et prennent une position horizontale sous l'action de la masse pesante.

Une vis, placée sur le côté de la boîte en bois commande un mécanisme destiné à amortir les oscillations de l'ensemble.

7.481. — E. 1866.

14. *NIVEAU A LUNETTE DE BUTTERFIELD. Fin XVII siècle.*

Don de M. Le Pezzani.

Deux lunettes placées côte à côte sont fixées l'une à l'autre de sorte que leurs axes soient parallèles. L'ensemble est muni de deux crochets de suspension diamétralement opposés par rapport à son axe longitudinal. Ces lunettes prennent une position horizontale lorsqu'elles sont suspendues par l'un ou l'autre des crochets. L'emploi est le même que pour le n° 7.481.

12.917. — E. 1896.

15. *NIVEAU A LUNETTE DE MARTIN.*

Une croix en cuivre porte une lunette fixée à sa branche horizontale et un anneau à chaque extrémité de sa branche verticale. On suspend l'appareil par l'un ou l'autre anneau pour effectuer une visée horizontale.

4.253. — E. av. 1849.

16. *NIVEAU TYPE de la Commission du Nivellement général de la France avec diastimomètre Sanguet construit par Barthélémy* (fig. 48 et 49).

Cet instrument est constitué par une lunette L à collets circulaires, reposant sur deux étriers portés par une règle K; une seconde règle K' reliée à la première au moyen d'une charnière

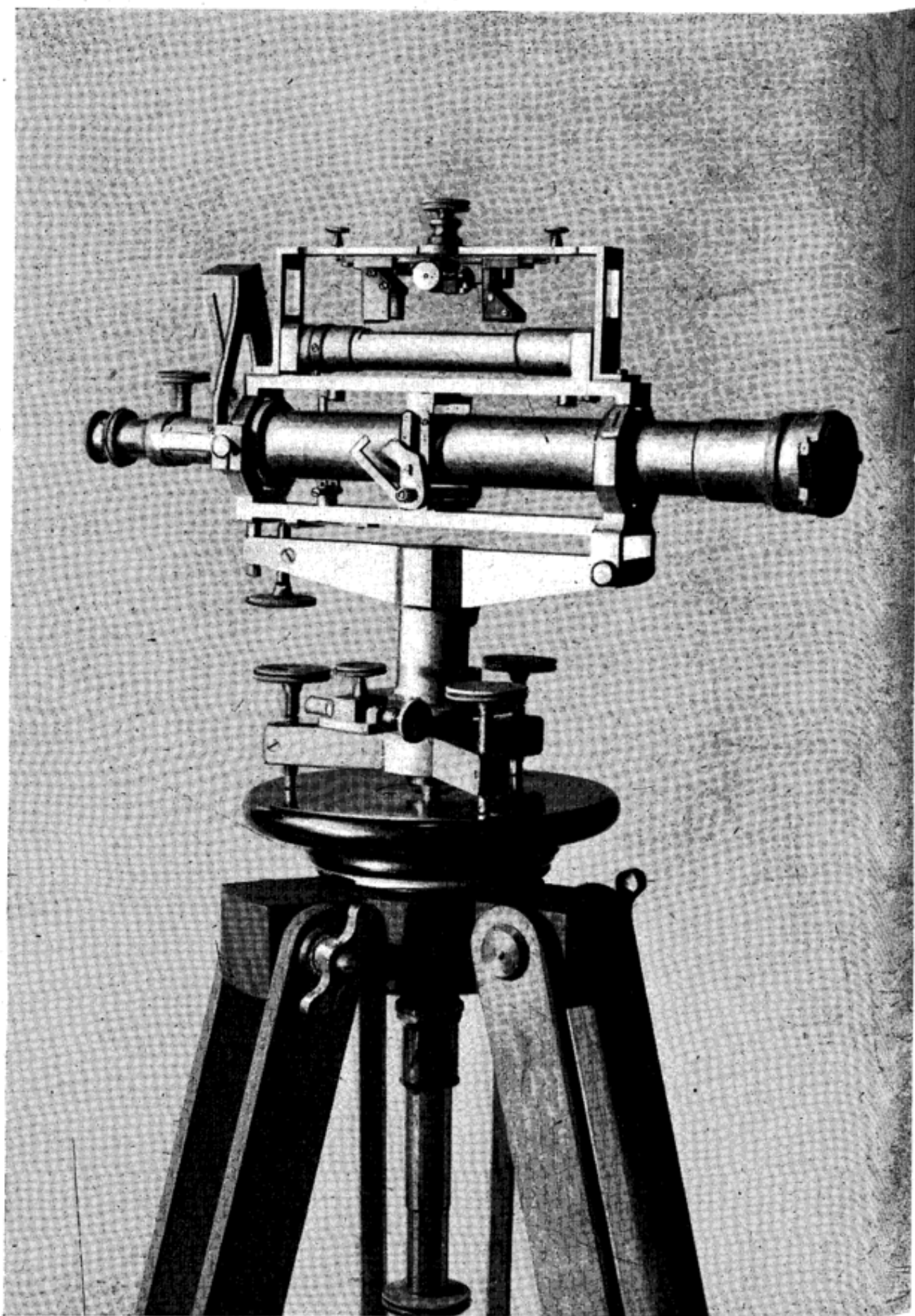


Fig. 48. — Niveau, type de la Commission du nivellement général de la France (II.891).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c et d'une vis à pas réduit dite *vis de fin calage*, fait corps avec la colonne pivotante *c*; cette disposition permet de donner à la règle *K* et par suite, à la lunette un mouvement indépendant de l'axe de rotation principal.

Un plateau *P* permet au moyen d'une pince *p* avec vis

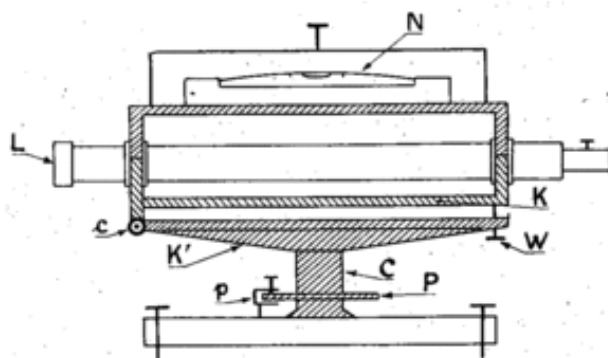


Fig. 49. — Schéma du niveau de la Commission du nivellement général de la France.

de rappel de fixer la lunette dans une direction quelconque. La nivelle à bulle d'air *N* est simplement posée sur les collets de la lunette par l'intermédiaire de fourches, un système d'agrafes sert à la fixer pendant les transports de l'instrument. Un système de prismes réflecteurs disposés au-dessus des extrémités de la bulle permet à l'opérateur d'observer l'image de celle-ci dans un œillette placé à côté de l'oculaire de la lunette.

Cet appareil permet de déterminer la différence de niveau de deux points éloignés d'une centaine de mètres avec une approximation de l'ordre du millimètre.

Le diastimomètre est un prisme qui peut être amené devant l'objectif de la lunette. Ce prisme dévie les rayons lumineux d'un angle constant et connu réalisant ainsi un stadimètre à angle. La différence des lectures faites sur la mire avec et sans interposition du diastimomètre permet de connaître la distance de celle-ci au niveau.

11.891. — E. 1890.

17. NIVEAU A NIVELLE INDÉPENDANTE, construit par Brunner frères.

Modèle de même conception que le précédent mais simplifié. En particulier cet appareil ne possède pas le système de prismes réfléchissant l'image de la bulle.

8.760. — E. 1875.

18. *NIVEAU A LUNETTE construit par Ernst.*

Dans ce modèle, la nivelle est solidaire de la règle horizontale portant les étriers. Le plateau horizontal fixé à la colonne pivotante comporte un limbe gradué permettant la mesure des angles horizontaux.

L'appareil possède en outre un secteur vertical gradué permettant de lire les angles verticaux.

6.697. — E. 1858.

19. *NIVEAU BUREL et son pied construit par Bellieni.*

Cet instrument consiste en un pendule que l'opérateur tient suspendu à la hauteur de son œil. Ce pendule est muni d'un miroir plan vertical. La ligne de visée est constituée par l'œil de l'opérateur et l'image de cet œil vu dans le miroir. Cette ligne est horizontale. On la prolonge en arasant le bord extérieur du miroir, jusqu'à sa rencontre avec une mire disposée en un point dont on veut connaître l'altitude.

6.706. — E. 1858.

20. *NIVEAU A MIROIR de Leblanc construit par Gravet.*

Appareil de même conception que le précédent.

6.560. — E. 1855.

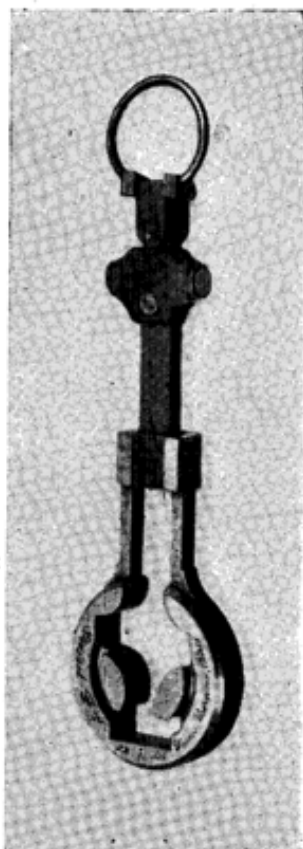


Fig. 50. — Niveau-lyre
(8.964).

21. *NIVEAU-LYRE (fig. 50) construit par Brosset frères.*

Ce niveau se tient à la main, à la hauteur de l'œil, par l'anneau qui surmonte la suspension à la cardan; replié, il peut se mettre dans une poche. La forme donnée au pendule lui a donné son nom de niveau-lyre. L'organe de visée est un collimateur : c'est un petit tube muni à l'une de ses extrémités d'une lentille convergente et à l'autre extrémité d'un verre dépoli; un fil de cocon est tendu horizontalement un peu en deçà du foyer. Lorsqu'on regarde dans le collimateur, le fil de cocon se détache en noir sur le fond blanc du verre dépoli et on peut apercevoir la mire placée sur le point visé à côté de l'image du fil.

8.964. — E. 1878.

22. *APPAREIL DE VÉRIFICATION des niveaux à bulle d'air, de Lorieux.*

Un socle métallique est rendu horizontal par le jeu de 3 vis calantes. Une traverse métallique est reliée au socle au moyen d'une charnière située à l'une de ses extrémités; l'autre extrémité peut être élevée ou abaissée grâce à une vis à pas réduit munie d'un micromètre.

Les niveaux à régler sont placés sur la traverse et on peut mesurer au moyen de la vis micrométrique pour quelle inclinaison la bulle est entre ses repères.

8.754. — E. 1875.

23. *MIRE POUR NIVEAU à collimateur construite par Portier.*

Mire articulée en 3 parties, les deux parties inférieures sont reliées par une charnière, la partie supérieure s'emboîte au sommet de la partie centrale.

8.957. — E. 1878.

D E S S I N

1. *NIVEAU D'EAU avec sa mire à voyant et son trépied construit par Buntén.*

Deux dessins représentant les diverses pièces de deux niveaux.

13.571-473¹ et ². — E. av. 1818.

A U X R É S E R V E S

1. *NIVEAU D'EAU avec sa mire à voyant et son trépied construit par Buntén.*

2.655. — E. 1840.

2. *NIVEAU D'EAU avec miroir.*

3.844. — E. av. 1849.

3. *NIVEAU D'EAU.*

4.136. — E. av. 1849.

4. *NIVEAU D'EAU A TUBE en caoutchouc construit par Clair.*

20.242. — E. av. 1906.

5. *NIVEAU CIRCULAIRE à bulle centrale, du système A. Guettier.*

Don de M. A. Guettier.

C'est une nivelle sphérique à bulle d'air.

17.242. — E. 1887.

H. 3-1

6. *NIVEAU à bulle d'air.*
20.243. — E. av. 1906.
7. *NIVEAU à bulle d'air.*
4.174. — E. av. 1849.
8. *NIVEAU à bulle d'air sur règle en cuivre.*
1.513. — E. 1814.
9. *NIVEAU FONTE ET CUIVRE de fabrication anglaise.*
Don de A. Guettier.
17.363. — E. 1887.
10. *NIVEAU à bulle d'air circulaire.*
1.514. — E. 1814.
11. *NIVEAU MÉTALLIQUE, système Auguste Coret.*
14.181. — E. 1909.
12. *NIVEAU à bulle d'air avec lunette et boussole construit par Dollond*
Cet appareil est accompagné de son trépied.
4.218¹⁻². — E. av. 1849.
13. *NIVEAU à deux lunettes et suspension de la collection Viviani.*
Les 2 lunettes sont placées parallèlement côte à côte et de façon que l'oculaire de l'une voisine avec l'objectif de l'autre.
8.952¹. — E. 1878.
14. *NIVEAU à lunette avec son trépied.*
5.059¹⁻². — E. 1852.
15. *NIVEAU à lunette, modèle de l'École d'Application d'Artillerie construit par Brosset.*
Cet appareil est à nivelle indépendante.
8.963. — E. 1878.
16. *NIVEAU Lenoir, première construction par Lenoir*
La collection d'instrument 9.789 provient de l'École des Ponts et chaussées
9.789¹. — E. 1882.
17. *NIVEAU Lenoir, quatrième construction par Lenoir.*
9.789³. — E. 1882.

18. *NIVEAU Lenoir à plateau, par Jecker.*
9.789⁴. — E. 1882.
19. *NIVEAU Lenoir, première construction, par Lerebour et Secrétan.*
9.789⁵. — E. 1882.
20. *NIVEAU d'Egault à ressorts, centre court par Rochette.*
9.789⁶. — E. 1882.
21. *NIVEAU d'Egault à ressorts, centre plus long par Rochette.*
9.789⁷. — E. 1882.
22. *NIVEAU d'Egault à triangle, plateau divisé par Jecker.*
9.789⁸. — E. 1882.
23. *NIVEAU d'Egault à deux vis et deux ressorts par Jecker.*
9.789⁹. — E. 1882.
24. *NIVEAU d'Egault à triangle par Richer.*
9.789¹⁰. — E. 1882.
25. *NIVEAU d'Egault à triangle plus moderne par Richer.*
9.789¹¹. — E. 1882.
26. *DEUX LUNETTES montées sur colonnes.*
Deux colonnes reposent chacune sur un triangle à vis calantes.
Une lunette est montée sur chaque colonne de façon à pouvoir
coulisser; l'une de ces lunettes est munie d'une nivelle à bulle
d'air.
18.139. — E. av. 1930.
27. *MIRE DE NIVELLEMENT ou Stadia Rod.*
Don de M. Granberg.
14.493. — E. 1913.
28. *NIVEAU D'ARPENTEUR à lunette signée Baradelle, Paris, 1770.*
Don de M. du Pont de Nemours.
A appartenu à Lavoisier. Provient de la collection de Chazelles.
20.137. — E. 1952.

MESURE INDIRECTE DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU ÉCLIMÈTRES

H 3 - 2

Le nivellement indirect en trigonométrie consiste à déterminer la différence de niveau de deux points par le calcul, connaissant la distance de ces deux points et l'angle que la droite qui les joint fait avec l'horizontale.

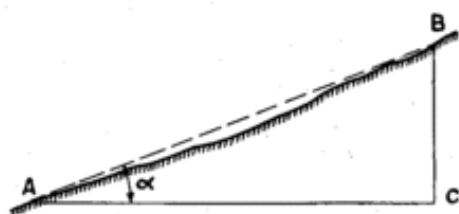


Fig. 51. — Principe
des éclimètres.

Soient A et B (fig. 51) deux points dont on cherche la différence de niveau.

Si l'on connaît AC, distance des deux points A et B, réduite à l'horizon et α , angle de AB avec l'horizontale AC, on a la différence de niveau BC par la relation $BC = AC \operatorname{tg} \alpha$.

Les éclimètres sont les appareils permettant de mesurer les angles tels que α .

Ils se rencontrent assez rarement seuls et font, le plus souvent, partie d'appareils mixtes de mesures linéaires, angulaires et altimétriques (section H 4 du présent catalogue).

1. ÉCLIMÈTRE ANCIEN.

3.843. — E. av. 1849.

2. ÉCLIMÈTRE datant de 1563.

3.864. — E. av. 1849.

3. ÉCLIMÈTRE indiquant les degrés sur un secteur gradué.

Niveau de maçon dont le fil à plomb se déplace devant un secteur gradué en degrés.

4.530. — E. 1846.

4. NIVEAU DE CIECHANSKY (fig. 52).

L'appareil se compose d'une règle à face inférieure plane. Cette règle supporte une fourche entre les bras de laquelle est monté un secteur vertical mobile autour de son centre. Le mou-

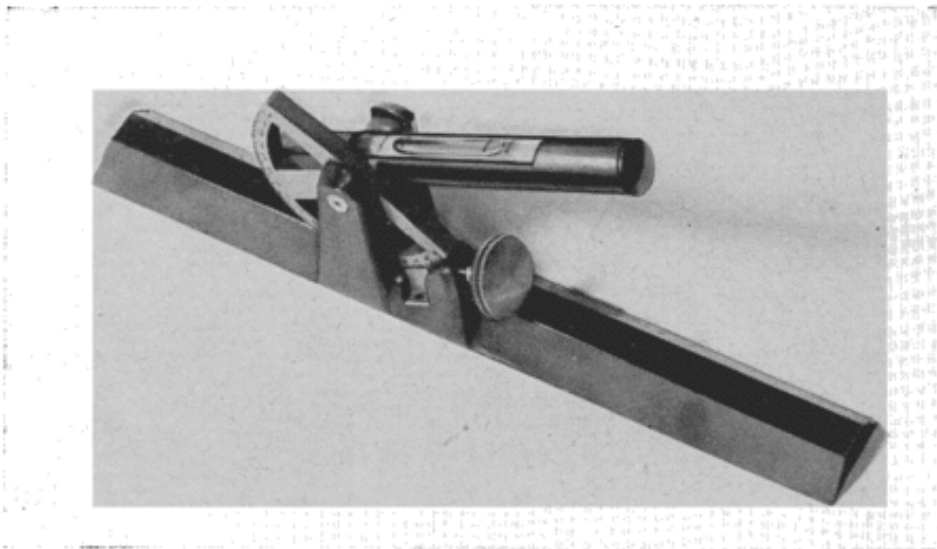


Fig. 52. — Niveau de Ciechansky (3.063).

vement de rotation du secteur est commandé par une vis de rappel. Une nivelle à bulle d'air solidaire du secteur est amenée entre ses repères, à l'aide de la vis de rappel, on lit alors l'inclinaison de la règle sur le secteur gradué, en face d'un index fixé sur la règle.

3.063. — E. 1845.

5. NIVEAU D'ABNEY construit par Elliott de Londres.

Dans l'oculaire de la lunette, on aperçoit un fil horizontal de réticule et l'image de la bulle d'une nivelle. Une vis de rappel fait varier l'inclinaison de la nivelle et déplace en même temps un index devant un secteur gradué.

Pour mesurer un angle d'inclinaison, on amène simultanément l'image de l'objet visé sur le fil du réticule en inclinant la lunette et la bulle entre ses repères au moyen de la vis de rappel. On lit alors l'angle sur le secteur gradué en face de l'index.

13.046. — E. 1898.

6. *NIVEAU MULTIPLICATEUR de l'Abbé Soumille.*

Don de l'Académie des Sciences.

Une aiguille formant pendule prend sous l'action de son poids, une position verticale. Elle se détache devant un cercle divisé et indique, par sa position, l'angle d'inclinaison de la base du niveau. Un système d'engrenage transmet en les multipliant, les déplacements de l'aiguille-pendule à une aiguille plus petite donnant les fractions d'angles.

7.480. — E. 1866.

A U X R É S E R V E S

1. *ÉCLIMÈTRE A CADRAN INDICATEUR, système Davis.*

Don de M. A. Guettier.

17.243. — E. 1887.

2. *ÉCLIMÈTRE à lunette de Legey.*

Appareil incomplet.

4.216. — E. av. 1849.

3. *NIVEAU RAPPORTEUR de Laval.*

Don de la Société d'Encouragement.

7.570. — E. 1866.



MESURE INDIRECTE DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU CLISIMÈTRES

H 3 - 3

Lorsqu'on connaît la distance AC (fig. 53) de deux points A et B (distance réduite à l'horizon) et la pente p de AB avec l'horizontale AC, la différence de niveau BC entre A et B est donnée par la relation :

$$BC = p. AC$$

Les clisimètres sont des instruments permettant de mesurer les pentes telles que p .

Comme les éclimètres, on les rencontre assez rarement seuls; ils font, en général, partie d'appareils mixtes de mesures linéaires, angulaires et altimétriques (section H 4 du présent catalogue). Seuls, ils se rencontrent surtout sous la forme de niveaux de pente.

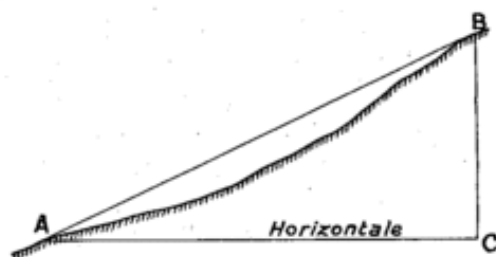


Fig. 53. — Principe des clisimètres.

1. NIVEAU DE PENTE DE CHEZY (fig. 54).

Cet instrument se compose d'une règle portée par un triangle à vis calantes. Cette règle est munie à ses deux extrémités de deux pinnules comportant chacune une fenêtre avec deux fils en croix et un œillette.

Le réticule et l'œillette de l'une des pinnules sont montés sur une plaque mobile pouvant se mouvoir dans le sens vertical au moyen d'une crémaillère. Des divisions, tracées sur le cadre de la pinnule, donnent la pente de la ligne de visée; la plaque mobile porte d'ailleurs un vernier permettant d'apprécier les pentes exprimées en centimètres avec une approximation d'un millimètre.

L'échelle des pentes est une échelle des tangentes comme dans le tachéomètre Sanguet dont le niveau de Chézy constitue un ancêtre.

5.060. — E. 1852.

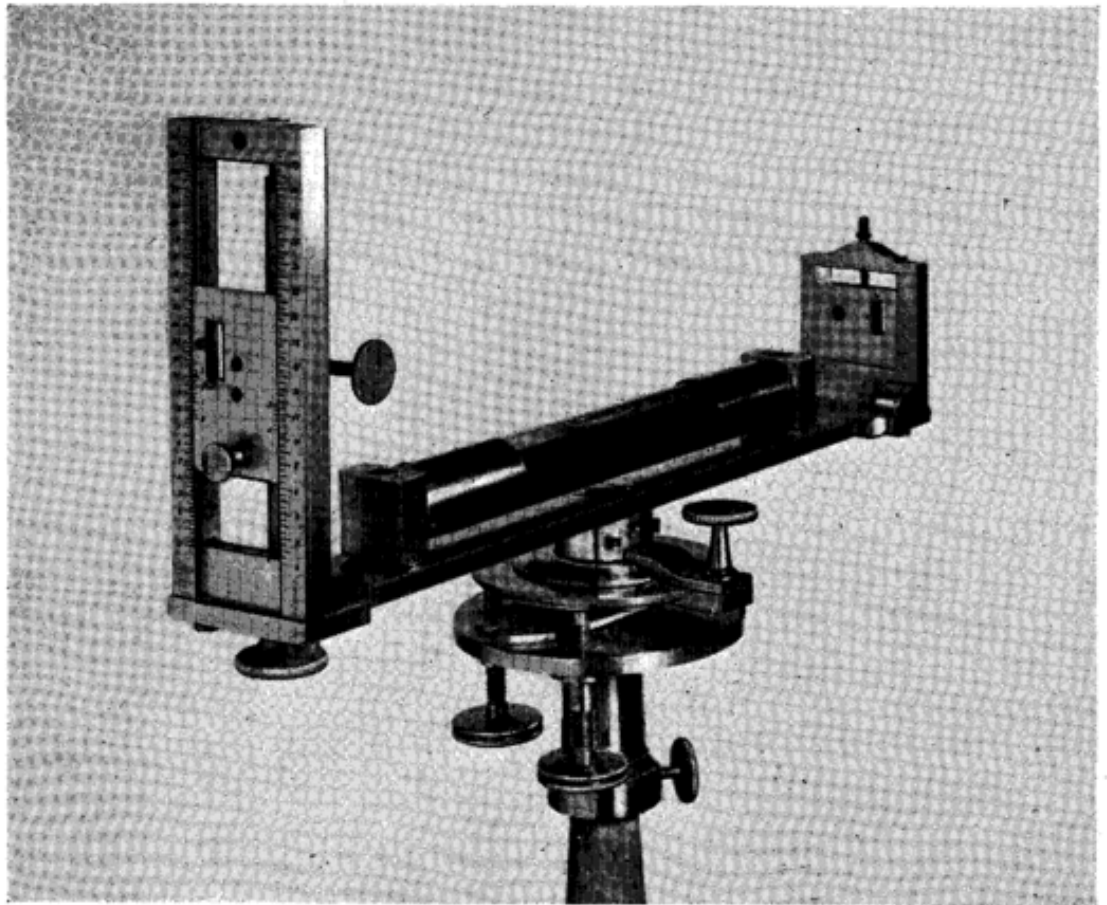


Fig. 54.— Niveau de pente de Chézy (5.060).

2. NIVEAU DE PENTE DE CHEZY.

Don de l'École des Ponts-et-Chaussées.

9.789¹⁴. — E. 1882.

3. NIVEAU DE PENTE construit par J. Lefevre à Paris.

L'appareil se compose d'un cadre métallique qui peut être placé verticalement sur un trépied. A la partie supérieure du cadre est fixée une tige pivotant autour d'un axe horizontal. Cette tige prend une position verticale sous l'action de son poids; son extrémité inférieure est munie d'un index se déplaçant devant une graduation en pentes. La tige verticale est en outre munie d'une nivelle à bulle d'air.

6.892⁶. — E. 1860.

4. NIVEAU DE PENTE *J. Lefevre.*

Don de M. J. Lefèvre.

Une pièce métallique en forme de T peut pivoter autour d'un axe situé à l'intersection de la barre horizontale et de la barre verticale aux deux extrémités de la barre horizontale se trouvent deux pinnules matérialisant une ligne de visée.

La barre verticale est munie d'une nivelle à bulle d'air et son extrémité inférieure constitue un index se déplaçant en regard d'une graduation en pente.

6.892¹. — E. 1860.

5. CLISIMÈTRE GOULIER *construit par Bellieni* (fig. 55).

Est constitué par une petite boîte parallélépipédique en bois que l'on place entr'ouverte sur champ. On effectue la visée en pro-

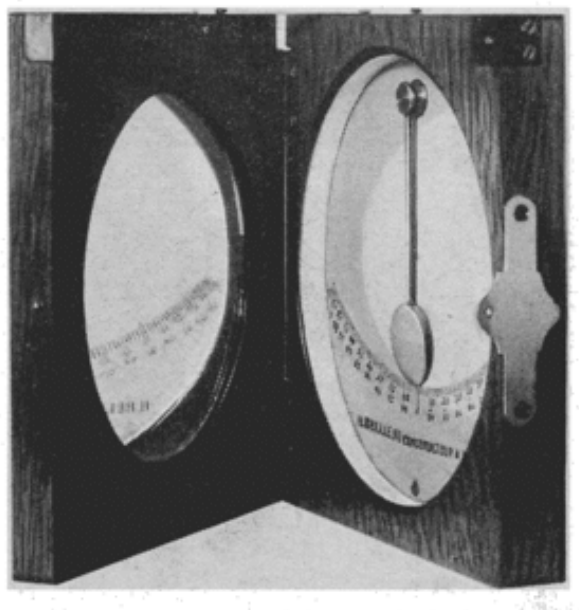


Fig. 55. — Clisimètre Goulier (13.039).

longeant le bord supérieur de la boîte. Un petit pendule suspendu à l'intérieur s'immobilise en face d'une division indiquant les pentes. Un miroir placé sur le couvercle permet de faire la lecture par réflexion sans modifier la position de l'appareil.

13.039. — E. 1898.

6. *CLISIMÈTRE GOULIER construit par Morin.*

Modèle de même conception que le précédent.

12.974. — E. 1897.

7. *CLISIMÈTRE A COLLIMATEUR construit par Tavernier-Gravet.*

Le collimateur comporte, au lieu d'un simple trait horizontal, un tableau focal représentant une échelle graduée en pentes. Cet appareil s'emploie monté sur un trépied.

9.089¹. — E. 1878.

A U X R É S E R V E S

1. *NIVEAU DE PENTE DE GILLIO.*

Don de M. Gillio.

8.047. — E. 1869.

2. *MIRE pour clisimètre à collimateur construit par Tavernier-Gravet.*

9.089². — E. 1878.

3. *NIVEAU DE CHÉZY à deux vis perpendiculaires par Richer.*

Don de l'École des Ponts et chaussées.

9.789¹². — E. 1828.

4. *NIVEAU DE CHÉZY à une vis par Ferat.*

Don de l'École des Ponts et chaussées.

9.789¹³. — E. 1882.

5. *CLISIMÈTRE à double inclinaison.*

Construit par la S^{té} « Les Inventions nouvelles ».

20.212. — E. av. 1950.

MESURE INDIRECTE DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU BAROMÈTRES

H 3 - 4

Le nivellement barométrique est basé sur la diminution de la pression atmosphérique à mesure qu'on s'élève.

Des formules (de Babinet, de Laplace, etc) donnent la relation liant la pression atmosphérique à l'altitude.

On emploie pour mesurer les pressions en vue de la détermination des altitudes des baromètres ne différant des baromètres courants que par des détails de construction.

On trouvera la description des baromètres dans le volume du catalogue : Physique, section G.

1. NIVEAU-MANOMÈTRE, système Galland.

Don de Bréguet.

C'est un manomètre à eau : un vase plein d'eau communique, par un tube flexible, avec un tube métallique en spirale terminé par une aiguille indicatrice. Les variations de différence de niveau entre le vase et la spirale sont indiquées par les mouvements de l'aiguille, que commandent l'extension ou la rétraction de la spirale.

8.810. — E. 1877.



INSTRUMENTS MIXTES DE MESURES LINÉAIRES ANGULAIRES ET ALTIMÉTRIQUES

H 4

Les instruments mixtes de mesures linéaires, angulaires et altimétriques sont constitués par la réunion dans le même appareil d'organes permettant des mesures de longueurs, d'angles et de différences de niveau.

Les théodolites servent à la mesure des angles horizontaux et comportent un cercle vertical formant éclinètre. Si leur lunette est munie d'un réticule à plusieurs fils formant stadimètre ils prennent le nom de tachéomètres.

Dans les tachéomètres autoréducteurs, le stadimètre est à variation de pente.

Les planchettes et leurs accessoires (alidades, règles-éclinètres) permettent le dessin du plan directement sur le terrain par construction d'angles horizontaux, mesures de distances et de dénivellation.

Les boussoles directrices, boussoles nivelantes, etc., sont utilisées pour les levés expédiés de reconnaissance, leur précision étant moins grande que celle des autres appareils.

1. *THEODOLITE* A PINNULES donnant les angles horizontaux et verticaux (fig. 56).

Cet appareil comporte un limbe horizontal gradué sur lequel pivote une alidade munie de deux index pour la mesure des angles horizontaux. Cette alidade supporte, par l'intermédiaire d'un montant vertical, une seconde alidade (munie de deux pinnules) et qui peut pivoter autour d'un axe secondaire horizontal décrivant ainsi un plan vertical. Un cercle vertical gradué solidaire de la seconde alidade se déplace devant un index porté par le montant permettant ainsi la mesure des angles verticaux.

L'horizontalité du limbe est vérifiée par un petit pendule logé dans le montant vertical. Début XVIII^e siècle.

5.480. — E. 1853.

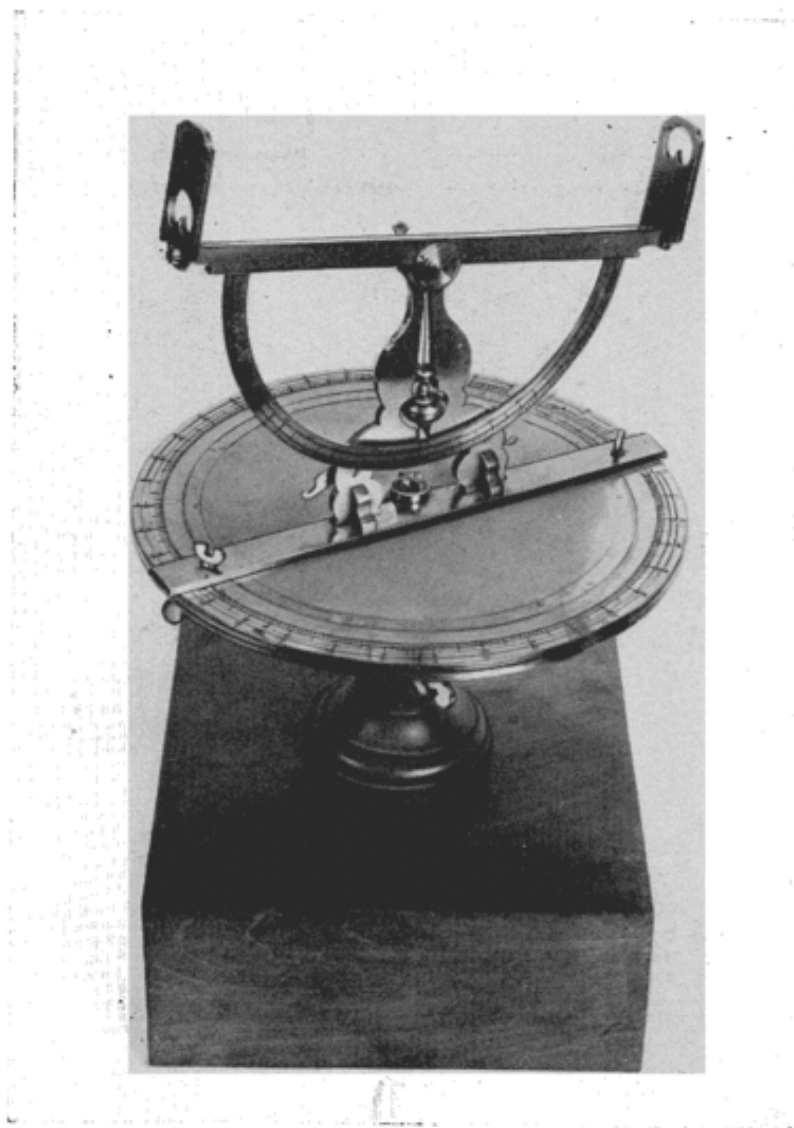


Fig. 56. — Théodolite à pinnules (5.480).

2. THEODOLITE DE NAIRNE, avec boussole et niveau.

Cet appareil comporte deux lunettes. L'une est fixée au cercle horizontal, l'autre au cercle vertical. Les mouvements de ces deux cercles sont commandés, par deux pignons engrenant avec des dentures portées par les cercles. La lunette solidaire du cercle vertical peut pivoter autour de son axe optique et peut être retournée bout pour bout, elle est munie d'une nivelle à bulle d'air.

On remarque, fixées au cercle horizontal, deux autres nivelles à bulle d'air, perpendiculaires.

4.168. — E 1849.

3. *THÉODOLITE ET BOUSSOLE DE MINE construit par Brunner frères.*

L'appareil est constitué par une boussole montée sur un triangle à vis calantes. Une lunette, placée sur le côté de la boussole peut pivoter autour d'un axe secondaire horizontal; dans ce mouvement, un index se déplace devant un limbe vertical gradué formant éclimètre.

La boussole peut tourner autour de l'axe principal vertical de l'instrument; l'aiguille aimantée indique les angles horizontaux.

2.971. — E. 1844.

4. *THÉODOLITE construit par Brunner frères.*

La lunette de cet appareil peut effectuer une révolution complète autour de l'axe secondaire. Elle peut également être soulevée de la fourche qui supporte les tourillons et être reposée de façon que le tourillon qui était à droite vienne à gauche et inversement.

7.700¹. — E. 1867.

5. *THÉODOLITE de 0 m 10 avec deux nivelles à bulle d'air construit par Morin.*

Un des niveaux se place sur la lunette pour permettre les visées horizontales précises; l'autre est un niveau à jambes se plaçant sur les tourillons pour vérifier l'horizontalité de l'axe secondaire.

Le réticule de la lunette comporte deux traits horizontaux formant stadimètre à angle.

13.153¹. — E. 1899.

6. *TACHÉOMÈTRE de l'École d'Application construit par Tavernier-Gravet.*

Conception analogue au théodolite 13.153¹; le stadimètre est également constitué par deux fils horizontaux.

9.097¹. — E. 1878.

7. *INSTRUMENT A LUNETTE RÉDUCTRICE de Paucellier et Wagner (fig. 57) construit par Brunner frères.*

La réduction à l'horizon des distances lues sur le stadimètre s'obtient par l'emploi d'un système objectif composé de deux lentilles, l'une convexe, l'autre concave, liées chacune à des bielles articulées qui les rapprochent quand la lunette s'incline, de telle sorte que l'image de la mire, pour une même distance, change de dimensions avec l'angle vertical de la visée. Les bielles sont

conçues de telle sorte que cette grandeur d'image diminue comme le cosinus de l'angle vertical.

On emploie, avec cet appareil la mire-stadimètre de Paucellier et Wagner.

7.749¹. — E. 1876.

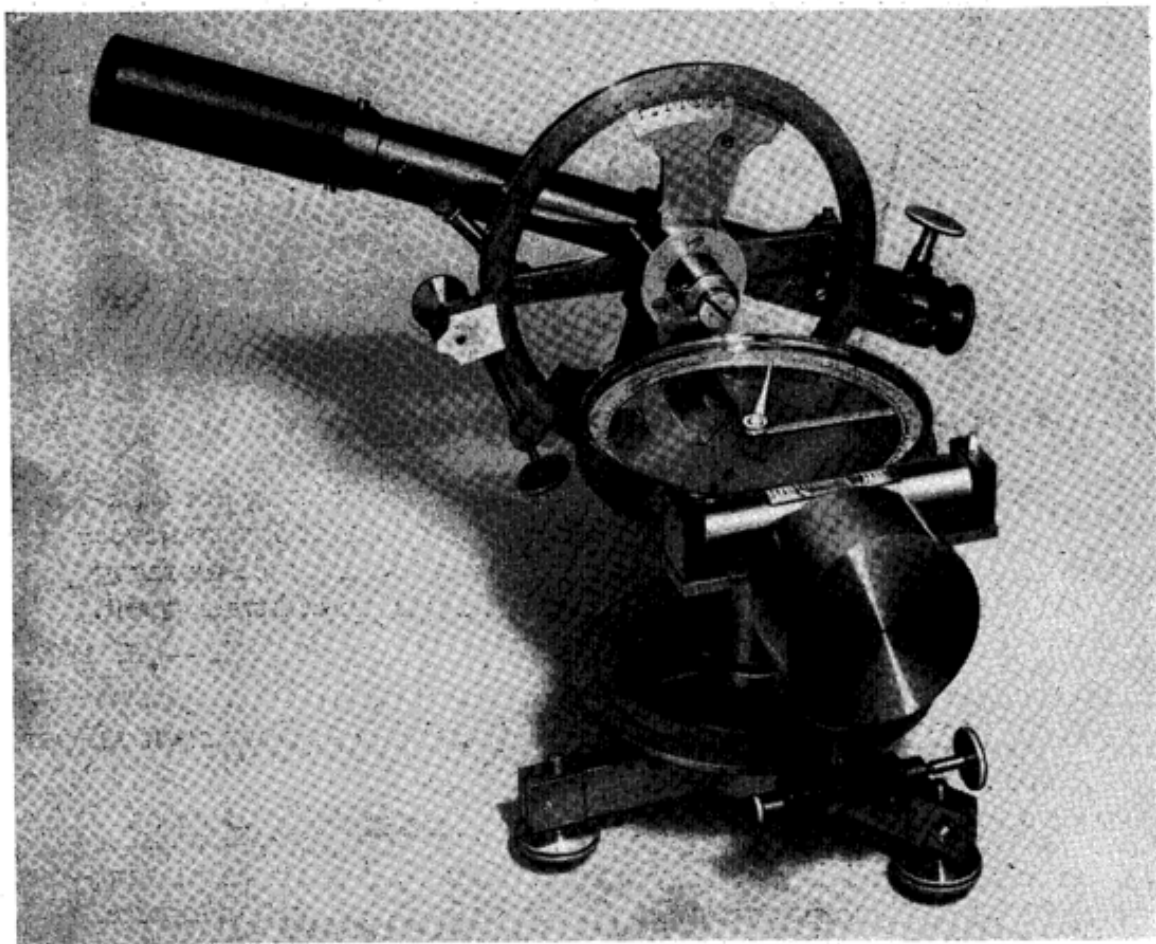


Fig. 57. — Instrument à lunette réductrice de Paucellier et Wagner (7.749¹).

8. TACHÉOMÈTRE AUTORÉDUCTEUR SANGUET (fig. 58 et 59.)

Le stadimètre de cet appareil est à variation de pente. L'instrument porte une lunette L mobile autour de l'axe de ses tourillons lesquels reposent sur une fourche fixe F.

Une règle verticale R porte un coulisseau C le long duquel se déplace un curseur K sur lequel repose la lunette.

Le curseur peut être rendu solidaire du coulisseau grâce à une pince de serrage.

Ce coulisseau peut recevoir un petit déplacement vertical soit au moyen d'une vis de rappel r , soit au moyen d'un levier l dont le petit bras est relié à l'extrémité de la vis r . Le grand bras du levier bute contre l'un des quatre taquets a, b, c, d implantés dans l'une des branches de la fourche.

La lunette ayant été pointée sur une mire parlante et fixée dans cette position par la pince de serrage du curseur, la manœu-

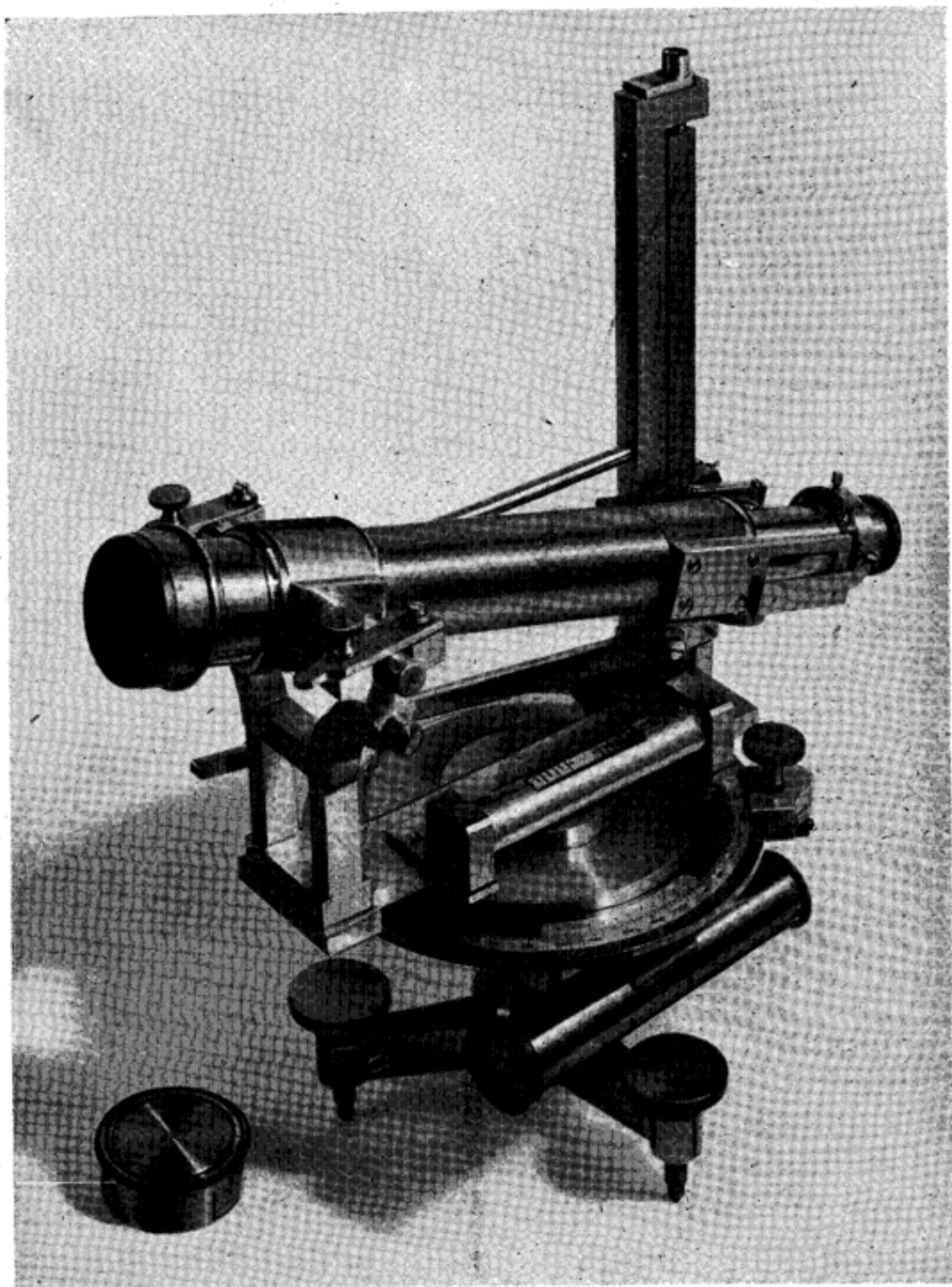


Fig. 58. — Tachéomètre autoréducteur Sanguet (12.871¹).

vre du levier *l* communique au coulisseau et par suite, à l'extrémité postérieure de la lunette des déplacements verticaux.

Ces déplacements dont l'amplitude est fonction de l'écartement des taquets a, b, c, d sont constants quelle que soit l'inclinaison initiale de la lunette.

Les différences de pente des visées correspondant à chaque taquet sont :

En passant du taquet a au taquet b : 0,010

— — — — — a — — — — — c : 0,018

— — — — — a — — — — — d : 0,022

La somme de ces différences est : 0,050

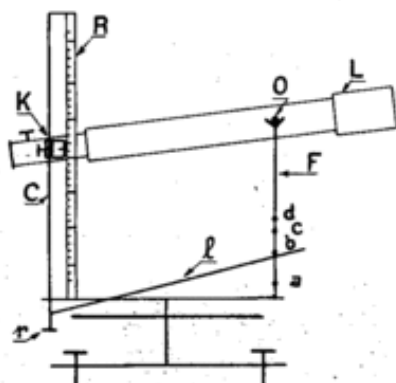


Fig. 59. — Schéma du tachéomètre Sanguet.

En principe, la lecture correspondant au taquet a se fait sur une division à cote ronde de la mire parlante.

La deuxième lecture, faite quand le levier bute contre le taquet b , donne, après soustraction de la première lecture, le centième de la distance horizontale de l'appareil à la mire.

Pour les opérations plus précises, on effectue en outre les lectures correspondant aux taquets c et d .

On effectue alors la somme des différences de lectures :

lecture au taquet b moins lecture au taquet a

— — — — — c — — — — — a
— — — — — d — — — — — a

Cette somme divisée par 0,05 donne encore la distance horizontale cherchée. La disposition du limbe horizontal est identique à celle des autres tachéomètres. Enfin, sur la règle verticale R , est gravée une échelle des pentes, sur laquelle on lit, à l'aide d'un vernier entraîné par le curseur K , les inclinaisons des visées. L'instrument comporte, en outre, un déclinateur et une nivelle.

12.872¹. — E. 1896.

9. TACHÉOMÈTRE DE BRUNNER, 1860.

Don du Musée des Postes et Télégraphes.

L'appareil se compose d'une boussole centrale montée sur un triangle à vis calantes. Une lunette horizontale munie d'une nivelle à bulle d'air est fixée latéralement et forme niveau. De l'autre côté de la boussole est placée une lunette autoréductrice du système Paucellier et Wagner.

15.604. — E. 1920.

10. *COORDINATOMÈTRE* construit par Sanguet.

Don de M. Sanguet.

C'est un tachéomètre autoréducteur possédant deux leviers qui commandent le basculement de la lunette par l'intermédiaire de cames sinusoïdales donnant ainsi, au lieu de la distance de l'appareil à la mire, les projections de cette distance sur deux axes perpendiculaires passant par l'axe principal de l'appareil.

9.051¹. — E. 1878.

11. *TACHÉOGRAPHE SCHRÆDER* (fig. 60) construit par Balbrech fils aîné.

Cet appareil permet d'obtenir directement, comme avec la planchette, le tracé d'un plan.

Il se compose d'une lunette au foyer de laquelle se trouve un

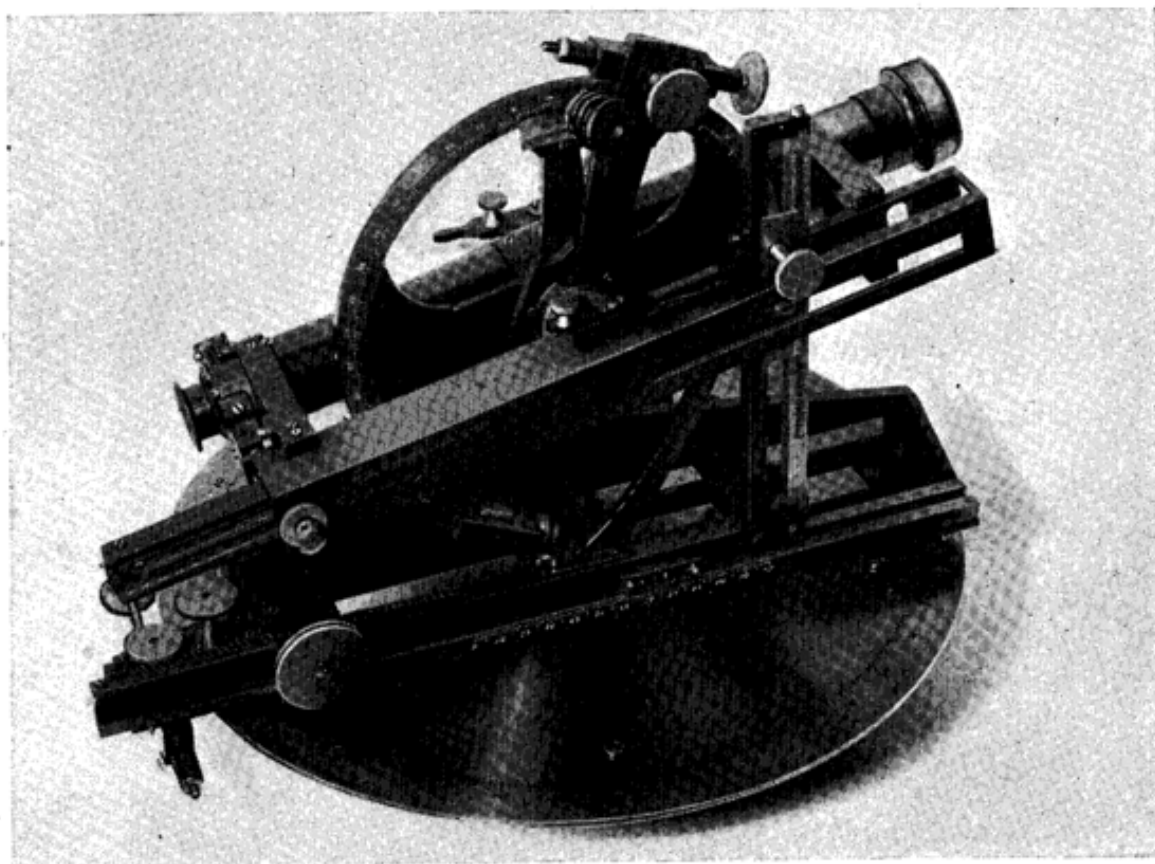


Fig. 60. — Tachéographe Schræder (12.887¹).

réticule composé d'un fil vertical fixe et d'un fil mobile. La mire employée est une mire à voyants fixes tenue horizontalement.

On amène le fil fixe du réticule sur l'un des voyants de la mire en faisant tourner l'appareil autour de son axe principal et le fil mobile sur le second voyant de la mire par la manœuvre d'un bouton moleté.

Ce bouton moleté entraîne une came couissant le long d'une règle fixée parallèlement à la lunette : la came, en glissant fait avancer ou reculer, sous l'effet d'un ressort antagoniste un chariot portant le fil mobile du réticule. La came entraîne également un porte-crayon ou piquoir.

Lorsque le fil mobile a été amené à coïncider avec le second voyant de la mire, il suffit d'appuyer sur la tête du piquoir pour marquer d'un trou la projection horizontale du point visé sur une feuille de papier portée par une planchette circulaire placée sous l'instrument.

La manœuvre du bouton moleté déplace en outre deux verniers : l'un, le long d'une échelle horizontale permet de lire les distances réduites à l'horizon ; l'autre le long d'une échelle verticale donne les différences de niveau.

12.887¹. — E. 1896.

12. *TACHYMÉTROGRAPHE de Tixedre.*

Don de l'inventeur.

Appareil comportant une planchette circulaire, destinée à recevoir une feuille de papier à dessin, surmontée d'une lunette stadimétrique solidaire d'une alidade.

Cet appareil permet de tracer sur le terrain le plan au fur et à mesure de son levé.

13.087. — E. 1898.

13. *OROGRAPHE de Schræder, construit par Balbreck fils aîné à Paris.*

Cet appareil a été utilisé par son inventeur pour le relevé de la chaîne des Pyrénées.

11.649. — E. 1889.

14. *ALIDADE AUTORÉDUCTRICE du Colonel Peigne construit par Delagrave.*

Deux montants verticaux sont fixés à une règle horizontale. L'un de ces montants fixe porte trois œilletons. L'autre montant peut être déplacé le long de la règle horizontale au moyen d'un pignon engrenant avec une crémaillère permettant ainsi de faire varier sa distance à l'œilleton. Ce deuxième montant porte un chariot muni de fils stadimétriques fixes. Le chariot peut coulisser verticalement dans son montant. En faisant varier la distance des deux montants, on amène les fils sur les deux voyants fixes d'une mire. On lit la distance réduite à l'horizon sur une échelle portée par la règle horizontale et la pente de la visée sur une échelle portée par le montant vertical mobile.

13.005. — E. 1897.

15. *PLANCHETTE DE KERN, grand modèle, avec alidade à stadia, déclinatoire, niveau et accessoires (fig. 61).*

La planchette est montée sur un trépied par l'intermédiaire d'un triangle à vis calantes permettant de la rendre horizontale.

Cette horizontalité peut être constatée grâce à une nivelle à bulle d'air posés sur la planchette. Une déclinaison permet d'orienter la planchette par rapport au Nord magnétique.

L'alidade est constituée par une règle sur laquelle est montée une lunette solidaire d'un limbe vertical. Une nivelle fixée au

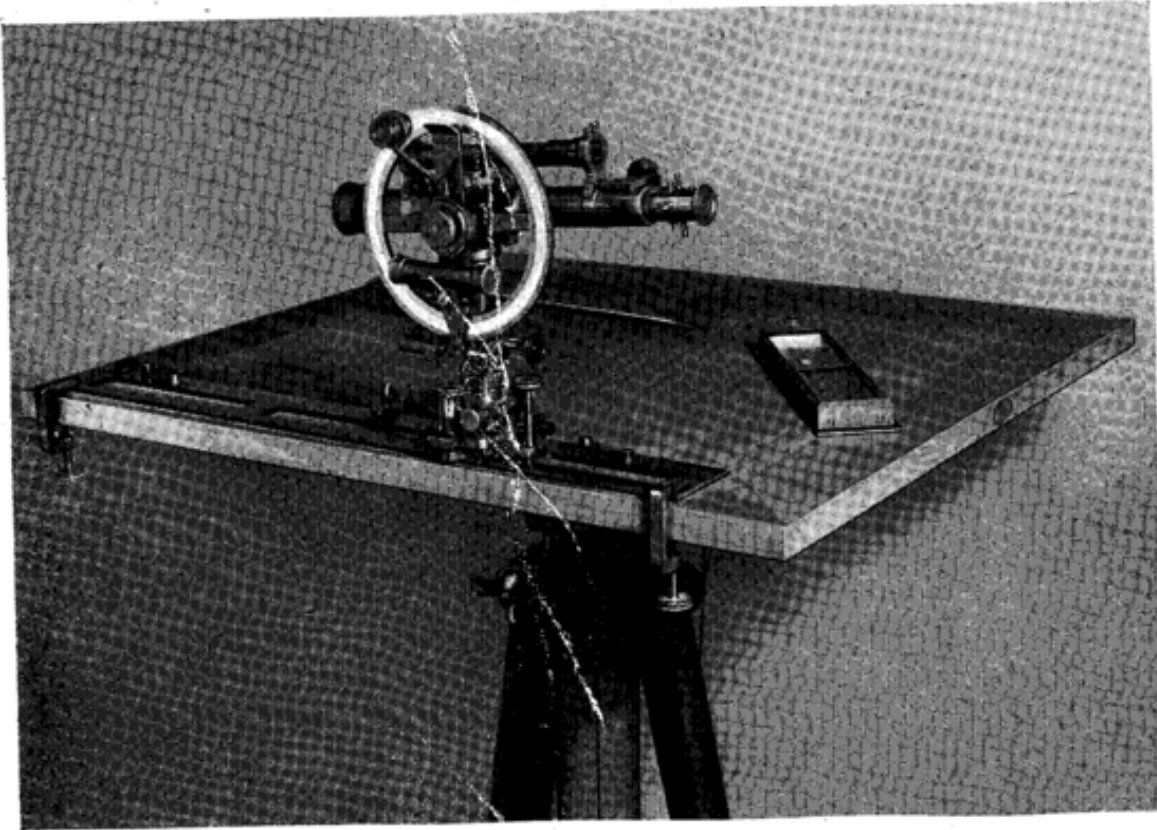


Fig. 61. — Planchette de Kern (12.840).

montant de la lunette permet de vérifier l'horizontalité de l'origine des graduations du limbe.

La lunette de l'alidade possède des fils stadimétriques pour la mesure des distances.

On remarquera le dispositif permettant de mettre la planchette en station, c'est-à-dire de placer le point du terrain stationné sur la même verticale que sa représentation dessinée sur le plan fixé sur la planchette. Ce dispositif consiste en un grand compas d'épaisseur dont les deux branches sont placées l'une au-dessus, l'autre en dessous de la planchette. A l'extrémité de la branche inférieure est fixé un fil à plomb, l'extrémité de la branche supérieure forme une pointe située sur la même verticale que le fil à plomb. Il faut placer la planchette de telle sorte que le fil à plomb pendant au-dessus du point choisi comme station, la pointe de la branche supérieure du compas soit sur le dessin de cette station sur le plan.

12.840. — E. 1896.

16. *RÈGLE ÉCLIMÈTRE* du Colonel Goulier construit par Tavernier-Gravet (fig. 62).

L'appareil est constitué par une règle en bois formant règle à calculer à l'extrémité de laquelle est monté l'éclimètre constitué

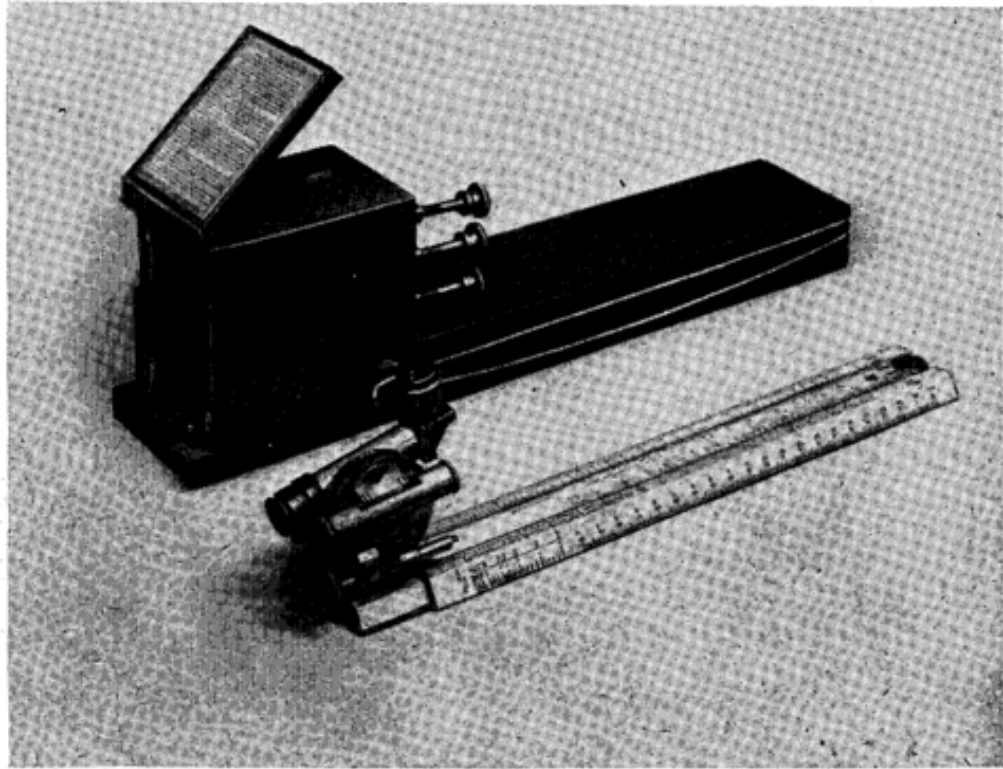


Fig. 62. — Règle éclimètre du Colonel Goulier (9.088¹).

par une petite lunette coudée. Cette lunette peut pivoter autour d'un axe secondaire horizontal, elle est solidaire d'un disque alidade muni de trois dents à 120° l'une de l'autre et dont l'une porte un index. Ces trois dents viennent se placer dans des dents espacées de 5 en 5 grades d'un limbe. L'alidade est appliquée contre le limbe par un ressort.

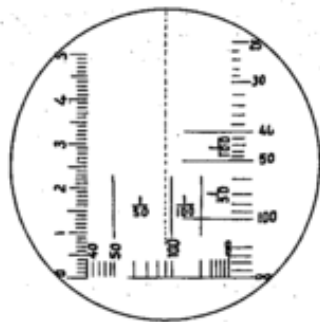


Fig. 63. — Tableau focal de la lunette de l'éclimètre Goulier.

On peut donc faire occuper à la lunette des inclinaisons sur l'horizon multiples de 5 grades. L'évaluation de l'angle exact d'inclinaison se fait grâce à une échelle gravée sur le tableau focal de la lunette (fig. 63). Ce tableau focal comporte également une échelle stadimétrique utilisable

avec une mire à voyants espacés de 2 ou 4 mètres. Deux groupes de traits horizontaux correspondant à des angles stadimétriques de $1/100$ à $1/50$ permettent l'utilisation de l'appareil avec une mire parlante.

9.088¹. — E. 1878.

17. *ALIDADE NIVELLATRICE SIMPLE* du Colonel Goulier (fig. 64) construit par Parent.

Une règle en buis porte une pinnule à chacune de ses extrémités. La pinnule oculaire possède 3 œilletons de visée;

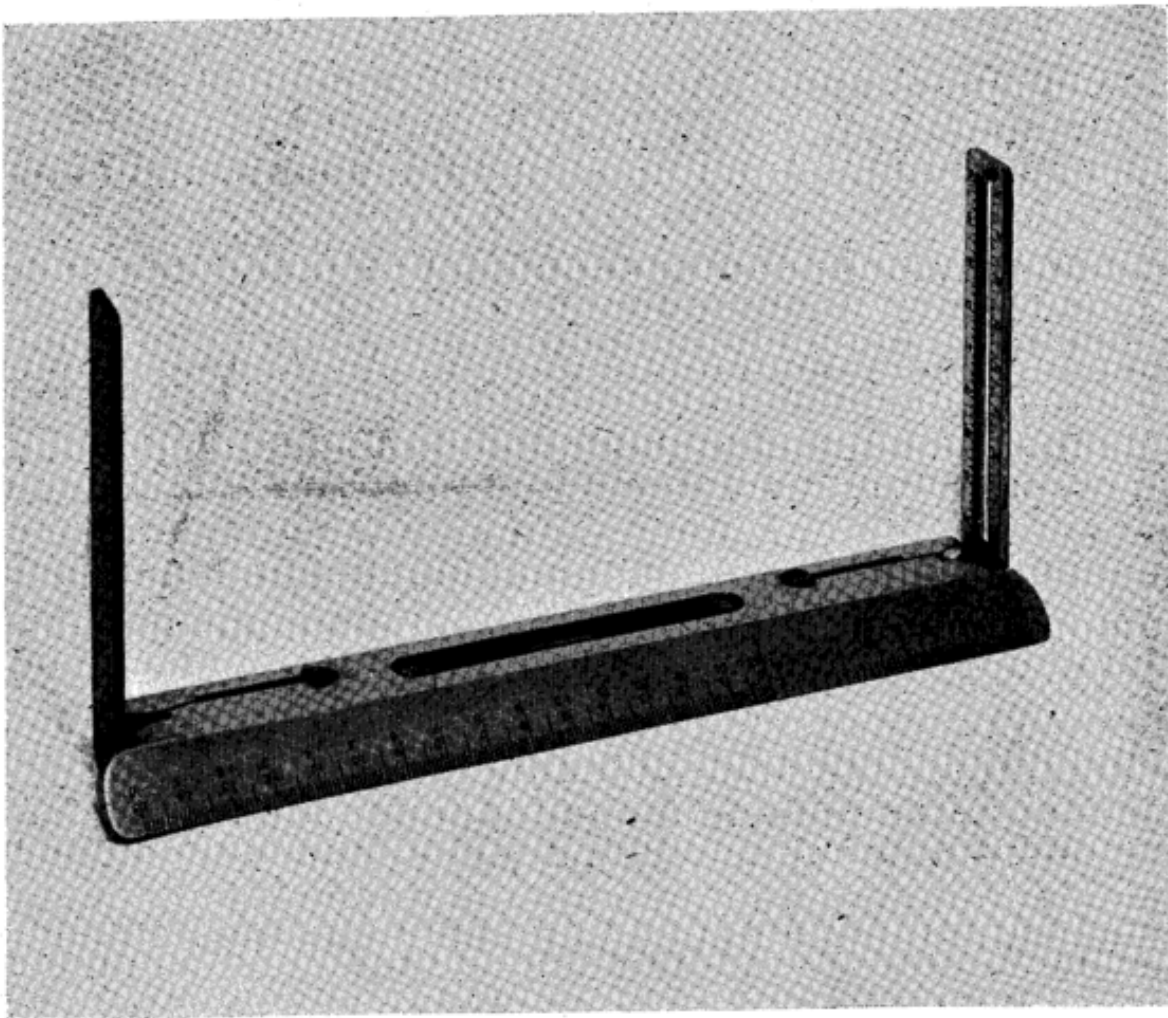


Fig. 64. — Alidade nivellatrice simple du Colonel Goulier (9.026).

sur la pinnule objectif est fixé un crin vertical matérialisant un plan de visée; cette pinnule possède également une échelle de pentes.

Dans la règle est noyée une nivelle à bulle d'air et deux excentriques commandés par des leviers qui permettent de rectifier l'horizontalité de l'appareil.

9.026. — E. 1878.

18. *ALIDADE A LUNETTE ET A ÉCLIMÈTRE de Kern.*8.983¹. — E. 1878.19. *LUNETTE montée sur règle divisée.*

Paraissant parvenir des collections de la famille Viviani.

Peut être considérée comme un ancêtre simplifié des alidades actuelles.

8.952⁴. — E. 1878.20. *ALIDADE avec éclimètre à perpendicule et règle divisée.*

Les angles verticaux sont lus en face d'un index porté par un perpendicule indiquant en permanence la direction de la verticale. La base de l'appareil est constituée par une règle divisée servant à reporter les longueurs.

8.427. — E. av. 1872.

21. *BOUSSOLE à lunette, avec portion de cercle vertical construit par B. Bianchi.*

L'appareil monté sur un pied et rendu horizontal grâce à une nivelle permet de lire les azimuts sur le cercle de la boussole face à la pointe nord de l'aiguille aimantée et les angles verticaux sur un limbe fixé à la lunette.

6.699¹. — E. 1858.22. *PANTOSYMÈTRE de Bourdaloue.*

Don de MM. Bourdaloue frères.

Une grande boussole centrale permet de mesurer des azimuts. Une lunette excentrée équilibrée par un contrepoids et solidaire d'un secteur gradué se déplace devant un vernier dont le zéro est maintenu à la verticale par une masse pesante.

8.787. — 1876.

23. *BOUSSOLE DIRECTRICE de marche du commandant Delcroix construit par Demichel (fig. 65).*

La boussole, qui peut être employée isolément est encastree dans une large règle d'aluminium avec biseaux divisés sur les côtés. Elle peut servir à rapporter les angles observés. Une petite nivelle sphérique permet de rendre la boussole horizontale.

La pinnule oculaire présente un cran de mire inférieur et un œillette supérieur. De l'autre côté de la boussole, un miroir translucide de verre platiné est quadrillé en centièmes de la distance séparant les deux pinnules, formant ainsi stadimètre à variation

de pente. Un écran, formé d'une feuille mince de laiton noirci, relevé horizontalement au haut du cadre du miroir arrête les rayons lumineux nuisibles aux observations et sert à protéger la glace pendant le transport de l'appareil.

12.563. — E. 1894.

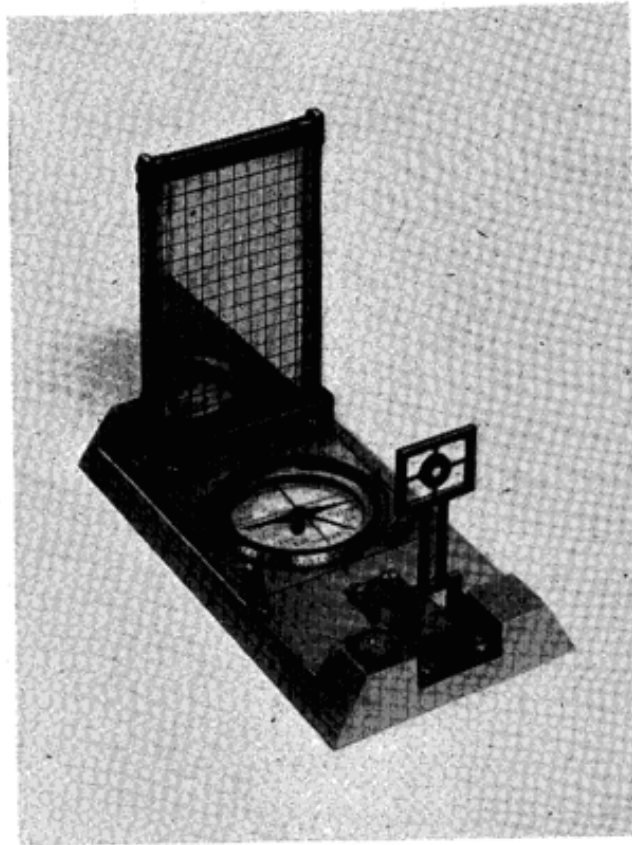


Fig. 65. — Boussole directrice de marche du Commandant Delcroix (12.563).

24. *BOUSSOLE-RAPPORTEUR* du Colonel Peigné construit par Delagrave (fig. 66).

Se compose d'une boîte carrée en bois dont le couvercle porte une glace étamée circulaire au milieu de laquelle est pratiquée une fenêtre allongée dans la direction perpendiculaire à la charnière. Ce couvercle peut être maintenu incliné à 45° sur le plan de la boussole par une tige également à charnière avec fente servant de pinnule. La visée se fait en plaçant l'œil près de cette pinnule et en regardant l'objet à travers la fenêtre du couvercle le long de laquelle sont tendus deux fils qui convergent vers le haut en se rapprochant de l'œil ce qui les fait paraître parallèles par un effet de perspective. L'opérateur voit, par réflexion dans la glace, l'aiguille aimantée indiquer l'azimut de la direction observée.

Pour le nivellement, la boîte est posée sur champ et un petit pendiculaire suspendu à l'axe de la boussole donne les angles verticaux.

13.006. — E. 1897.

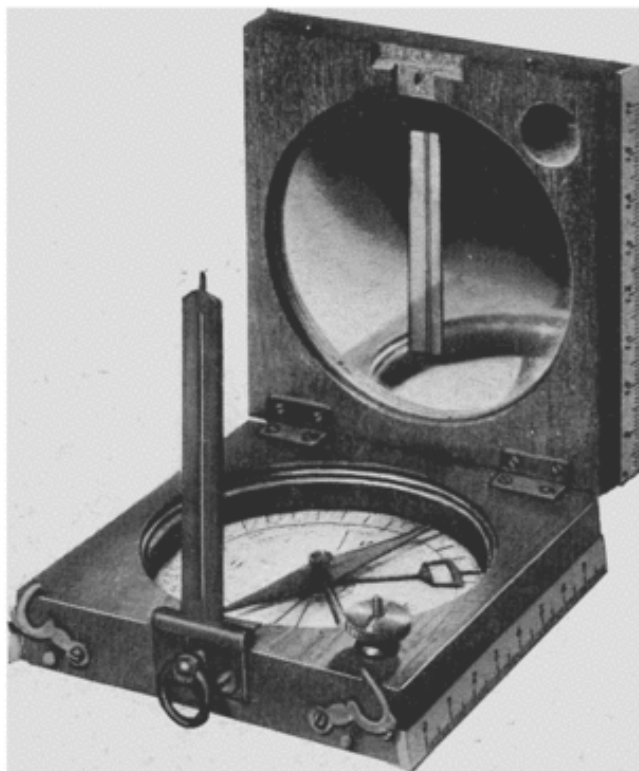


Fig. 66. — Boussole rapporteur du Colonel Peigné (13.006).

25. *BOUSSOLE NIVELANTE* du colonel Goulier, construit par Tavernier-Gravet.

Constituée par une boussole permettant la lecture des azimuts, munie d'une lunette plongeante latérale solidaire de verniers se déplaçant devant deux secteurs gradués verticaux permettant la mesure des angles verticaux. Une nivelle permet de vérifier l'horizontalité de la boussole.

10.500¹. — E. 1885.

26. *CARTON-PORTEFEUILLE* construit par Parent.

Feuille de carton fort munie de bretelles possédant une boussole placée dans un angle et destinée aux soldats pour leurs croquis topographiques.

9.024. — E. 1878.

27. *POCHE DE MINEUR* construit par *Rochette jeune*.

Une sacoche en cuir renferme une chaîne d'arpenteur en laiton à maillons, un goniomètre-boussole et un clisimètre destinés à être suspendus à des fils tendus dans les galeries de mines.

7.375¹. — E. 1865.

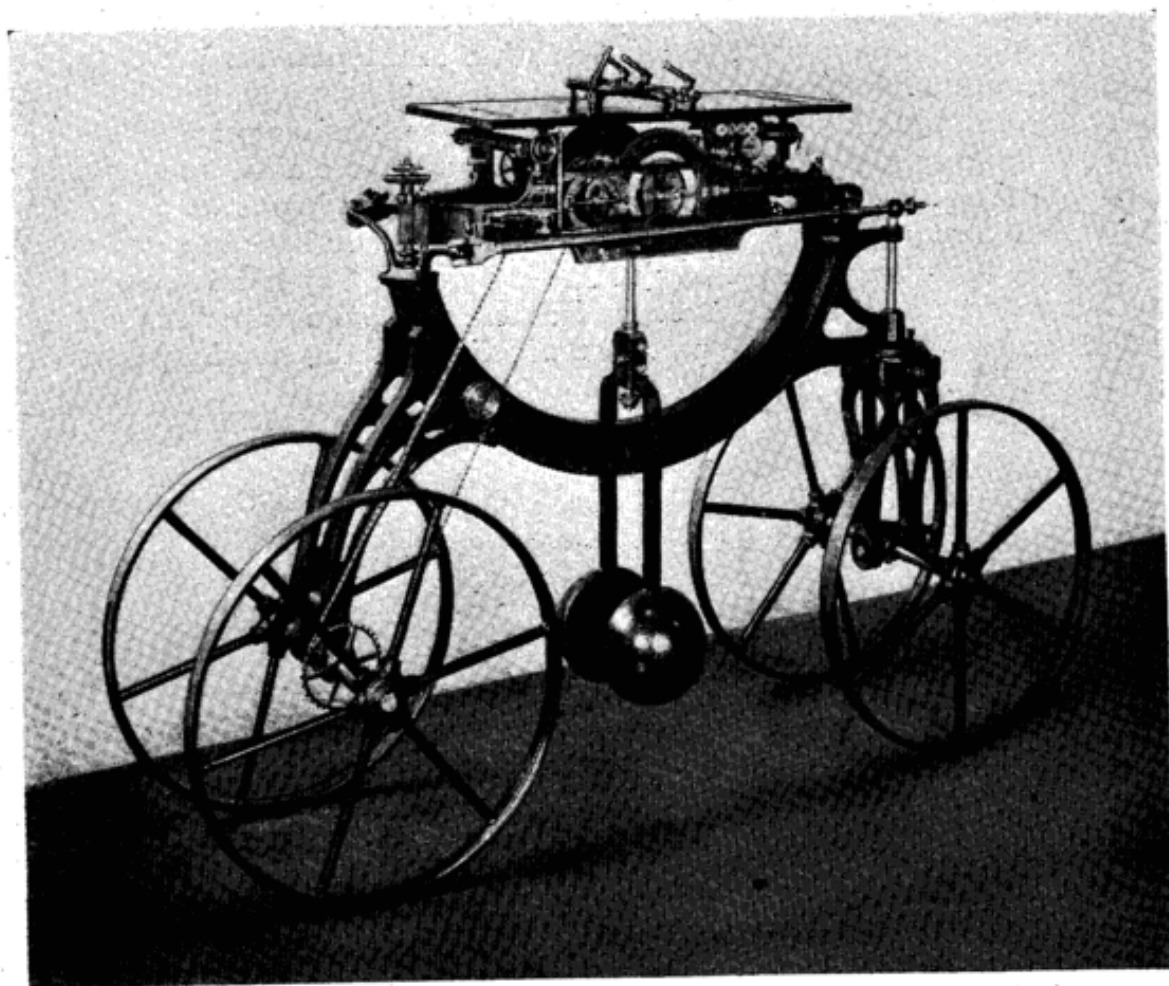


Fig. 67. — Profilographe de Dumoulin et Froment (13.758).

28. *DEMI-PIED* formant équerre et niveau construit par *Lemaire*.

Don de M. Boulet.

Appareil ancien qui servait à construire les angles horizontaux et verticaux mais ne permettait pas d'en connaître la mesure.

8.299. — E. 1871.

29. *PROFILOGRAPHE* (machine à mesurer les profils et courbes de niveau) de Adrien Dumoulin, construit par Froment (fig. 67).

Don de Melle Dumoulin.

Cet appareil, déplacé sur une route, dessine le profil en long de celle-ci. Un rouleau de papier entraîné par la rotation des roues de l'appareil se déroule de quantités proportionnelles aux distances parcourues. Ces distances sont automatiquement réduites à l'horizon grâce à un système de démultiplication à rapports variables déterminés par l'inclinaison d'un lourd pendule placé au milieu de l'appareil.

Un crayon peut se déplacer le long d'une glissière perpendiculaire au sens de déroulement du papier et tracer ainsi une ligne continue. La distance du crayon au bord de la bande de papier est à tout moment proportionnelle à l'altitude du lieu; ce résultat est obtenu au moyen d'un système intégrateur à cylindre et à disque dans lequel la distance parcourue est introduite par la rotation des roues de l'appareil et l'inclinaison du terrain par le pendule.

13.758. — E. 1905.

AUX RÉSERVES

1. *PLANCHETTE PRÉTORIENNE DU XVII^e SIÈCLE.*

Copie construite au Conservatoire National des Arts et Métiers.

12.677. — E. 1895.

2. *POCHE DE MINEUR* construite par Rochette Jeune.

Modèle analogue au n° 7.375¹.

7.395². — E. 1865.

3. *BOITE D'INSTRUMENTS* à l'usage des arpenteurs.

Cette boîte incomplète renferme deux fils à plomb, un clisimètre à perpendicule, une équerre à charnière et une règle divisée.

889. — E. 1814.

4. *ÉCHELLE RAPPORTEUR* de Trinquier pour l'exécution des levés irréguliers.

Appareil servant au dessin rapide des levés de reconnaissance.

6.991. — E. 1861.

5. *PLANCHETTE montée sur trépied à six branches construite par la Société des Lunetiers.*
11.157. — E. 1888.

6. *BOUSSOLE DIRECTRICE de marche du commandant Delcroix.*
Don du colonel Laussedat.
Modèle analogue au n° 12.563. 13.056. — E. 1898.

7. *TRÉPIED POUR THÉODOLITE ET BOUSSOLE DE MIRE construit par Brunner frères.*
Destiné à l'appareil n° 2.971¹. 2.971². — E. 1844.

8. *TRÉPIED POUR THÉODOLITE construit par Brunner frères.*
Destiné à l'appareil n° 7.700¹. 7.700². — E. 1867.

9. *TRÉPIED POUR THÉODOLITE construit par Morin.*
Destiné à l'appareil n° 13.153¹. 13.153². — E. 1899.

10. *TRÉPIED POUR TACHÉOMÈTRE de l'École d'Application construit par Tavernier-Gravet.*
Destiné à l'appareil n° 9.057¹. 9.097². — E. 1878.

11. *TRÉPIED pour instrument à lunette réductrice de Peaucellier et Wagner construit par Brunner frères.*
Destiné à l'appareil n° 15.604. 7.749². — E. 1867.

12. *TRÉPIED pour tachéomètre Sanguet.*
Destiné à l'appareil n° 12.872¹. 12.872². — E. 1896.

13. *TRÉPIED pour tachéographe Schræder construit par Balbreck fils aîné.*
Destiné à l'appareil n° 12.887¹. 12.887². — E. 1896.

14. *TRÉPIED pour coordinatometre construit par Sanguet, destiné à l'appareil n° 9.051¹.*
9.051². — E. 1878.

15. *TRÉPIED pour boussole à lunette construit par Bianchi.*

Destiné à l'appareil n° 6.699¹.

6.699². — 1858.

16. *TRÉPIED pour boussole nivelante du colonel Goulier, construit par Tavernier-Gravet.*

Destiné à l'appareil n° 10.500¹.

10.500². — 1885.

17. *JALON-MIRE à voyant construit par Portier.*

8.958¹⁻². — E. 1878.

18. *MIRE A VOYANT pour règle-éclimètre construit par Tavernier-Gravet.*

S'emploie avec la règle-éclimètre (appareil n° 9.088¹).

9.088². — E. 1878.

19. *DEUX TRÉPIEDS, UN VOYANT ET UN SUPPORT construits par Tavernier-Gravet.*

L'un des trépieds est destiné à recevoir le voyant, l'autre le support qui semble être une fourche devant supporter une lunette.

9.091¹⁻²⁻³⁻⁴. — E. 1878.



PHOTOTOPOGRAPHIE

H 5

La phototopographie d'un objet est une perspective conique de cet objet. Elle fixe sur une plaque de verre ou une pellicule tous les éléments qui déterminent les positions relatives des rayons lumineux, allant du centre optique de l'objectif aux différents points de l'objet. On peut, ensuite, au laboratoire, reconstituer le faisceau de ces rayons et déterminer la position et les dimensions des objets photographiés.

L'application de ce principe à des domaines très variés : astronomie, médecine, architecture, archéologie, criminalistique, biologie, météorologie, balistiques, etc., a donné naissance à une science appelée photogrammétrie. Considérée seulement au point de vue topographique, on la désigne ordinairement sous le nom de phototopographie.

Les photographies sont prises à terre ou à bord d'aéronefs.

Dans le premier cas, les perspectives sont obtenues sur un plan vertical, ce qui n'est pas une condition très favorable pour en tirer une représentation sur un plan horizontal. Dans le second cas, les perspectives sont obtenues sur un plan sensiblement horizontal et ont déjà l'apparence d'une carte.

Par contre, dans le premier cas, les conditions de prises de vues (position et orientation de l'appareil) peuvent être exactement connues; elles sont inconnues dans le second cas.

Comme la topographie ordinaire, la phototopographie nécessite la détermination préalable de points de canevas qui ne peut être obtenue que par les procédés classiques.



PHOTOTOPOGRAPHIE TERRESTRE

H 5 - 1

MÉTROPHOTOGRAPHIE TERRESTRE

H 5 - 11

C'est le colonel Laussedat, ancien directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers, qui au milieu du siècle dernier eut l'idée d'utiliser pour l'établissement des plans les images perspectives données par la chambre noire. Il mit au point une méthode simple qui constitua un

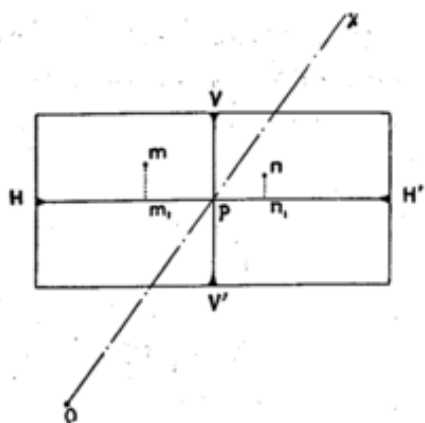


Fig. 68. — Schéma d'un cliché.

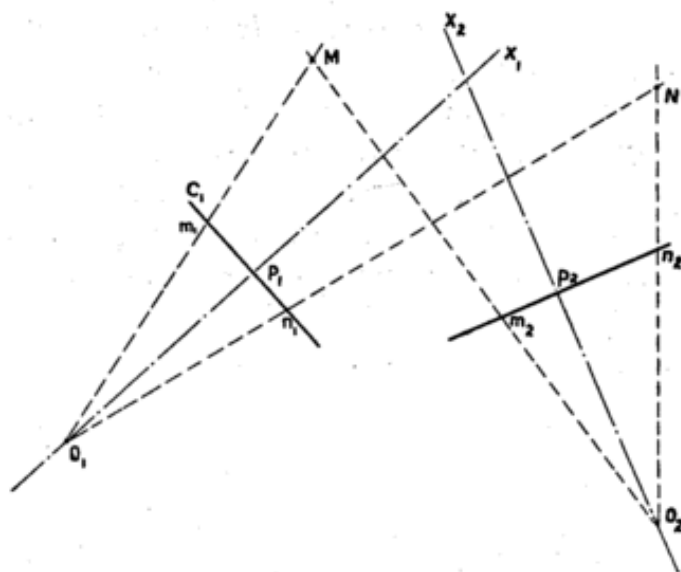


Fig. 69. — Schéma de restitution.

grand progrès pour l'époque mais qui ne présente guère actuellement qu'un intérêt historique.

Soit (fig. 68) une photographie d'un terrain obtenue avec un appareil placé en un point O de position connue, OX l'axe optique horizontal, la direction de cet axe étant soigneusement repérée. L'appareil possède des repères de plaques H, H', V, V' définissant sur la photographie la ligne

d'horizon HH' et la verticale VV' passant par l'axe optique de l'appareil.

Les images m et n de deux points M et N du terrain se projettent en m_1 et n_1 sur la ligne d'horizon HH'.

Reportons (fig. 69) sur une feuille de papier en O_1 la position du point O et OX_1 la direction de l'axe optique lors de la prise de vue.

La distance focale de l'appareil de prise de vue étant portée en O_1P_1 la trace du cliché sur le plan vient en C_1 .

On peut placer sur cette trace, en partant de P_1 les points m_1 et n_1 en reportant les distances relevées à partir de P (fig. 60) sur le cliché.

On obtient ainsi les directions O_1m_1 et O_1n_1 des points M et N inconnues. Une deuxième photographie prise d'un autre point connu O et contenant les images des mêmes points inconnus donne une deuxième direction pour chacun d'eux et permet d'en trouver la position par intersection.

Les points M et N étant déterminés en position, on mesure sur le plan leurs distances aux différents points de prise de vue, par exemple O_1M et on obtient leur différence de niveau Z par rapport à ces stations par la formule :

$$Z = mm_1 \times \frac{O_1M}{O_1m_1}$$

mm_1 étant la distance relevée sur le cliché, de l'image du point à la ligne d'horizon HH'.

Les appareils utilisés en métrophotographie terrestre dérivent du photothéodolite de Laussedat.

Ces appareils associent une chambre noire photographique et un théodolite destiné à mesurer les éléments angulaires nécessaires au repérage de la direction de l'axe optique de la chambre.

APPAREILS

1. PHOTOGRAMMÈTRE LAUSSEDAT construit par Ducretet.

L'appareil est constitué par une chambre noire en bois donnant des clichés du format 9×12 munie d'un objectif simple et d'un châssis de plaques à rideau. La chambre noire peut pivoter autour d'un axe vertical fixé à un triangle à vis calantes et muni d'un limbe gradué.

13.167. — E. 1899.

2. *PHOTOGRAPHIE D'UN APPAREIL du colonel Laussedat pour le levé et le nivellement.*

Don du colonel Laussedat.

Il s'agit d'un photogrammètre de conception analogue au précédent. Cet appareil est en outre muni d'une lunette de niveau formant éclimètre placée sur une face latérale de la chambre noire.

9.882. — E. 1883.

3. *PHOTOTHÉODOLITE LAUSSEDAT construit par Ducretet et horizon artificiel, trépied, objectif de rechange et magasin pour 15 plaques 6 × 9.*

Don de M. Ducretet.

Dans cet appareil, l'objectif peut être déplacé par une translation verticale de la plaque sur laquelle il est fixé, ceci pour permettre de prendre des vues plongeantes ou ascendantes en conservant la verticalité de la plaque photographique.

L'horizon artificiel est une glace noire de 7 cm de diamètre.

12.817^{1 à 5}. — E. 1896.

4. *APPAREIL MÉTROPHOTOGRAPHIQUE LAUSSEDAT construit par Ducretet.*

L'appareil se compose d'une chambre noire dont la moitié postérieure est formée d'une caisse rigide sur l'une des faces de laquelle se trouve une lunette stadimétrique et un éclimètre. La face opposée porte un déclinatoire et un viseur.

La moitié antérieure est métallique et de forme tronconique. Elle porte l'objectif et est vissée sur une plaque pouvant coulisser verticalement ce qui permet d'élever ou d'abaisser l'axe optique.

L'ensemble est monté sur un limbe gradué muni d'un triangle à vis calantes. Si on veut se servir de l'appareil pour des opérations topographiques sans s'embarasser de la chambre noire, la lunette et son niveau peuvent être placés seuls sur l'axe du limbe gradué.

12.295. — E. 1892.

5. *PHOTOTHÉODOLITE BRIDGE-LEE construit par J. Richard.*

13.040. — E. 1898.

6. *CHAMBRE NOIRE DE NADAR.*

Cette chambre munie d'un viseur latéral à pinnules donne des clichés de format 13 × 18.

13.152. — E. 1890.

7. *CHAMBRE NOIRE avec accessoires pour levés topographiques construite par Okermans.*

9.855. — E. 1888.

8. *CHAMBRE NOIRE de touriste, construite par Martin, 1881.*

Cet appareil, spécialement étudié en vue des levés topographiques est monté sur un triangle à vis calantes avec limbe gradué et porte sur une face latérale de la chambre noire deux étriers destinés à recevoir la lunette de visée ci-dessous.

9.853. — E. 1882.

9. *LUNETTE DE VISÉE.*

Destinée à être placée sur le côté de la chambre noire n° 9.853.

11.162. — E. 1882.

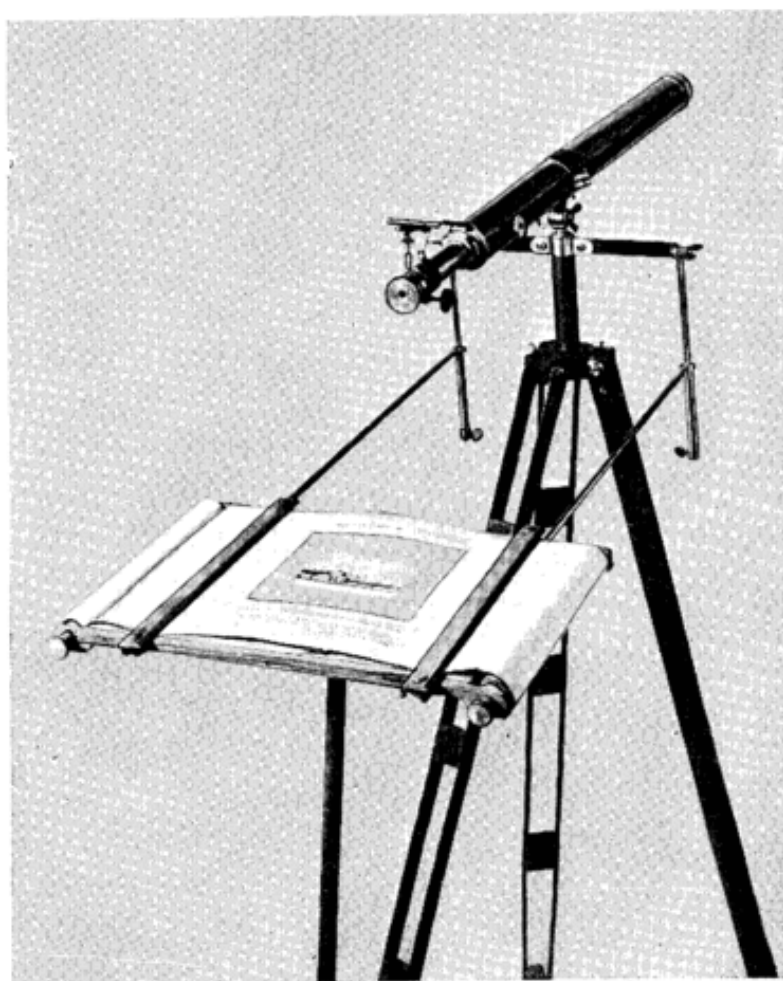


Fig. 70. — Télémétrigraphe du Colonel Laussedat (10.552).

10. *TÉLÉMÉTROGRAPHE* du colonel Laussedat construit par Bardou (fig. 70).

L'appareil se compose d'une lunette astronomique montée sur un trépied. Devant l'objectif de la lunette est fixé un prisme de Wollaston qui permet de dessiner avec exactitude sur une planchette à dessin le terrain vu dans le champ de la lunette. De ce dessin, on tirera les éléments numériques nécessaires à la construction du plan.

10.552. — E. 1885.

11. *PLANCHETTE PHOTOGRAPHIQUE* de A. Chevallier construit par Duboscq vers 1867 (fig. 71).

Don de M. Duboscq.

Une chambre noire tourne sous l'action d'un mouvement d'horlogerie autour d'un axe vertical de manière à parcourir

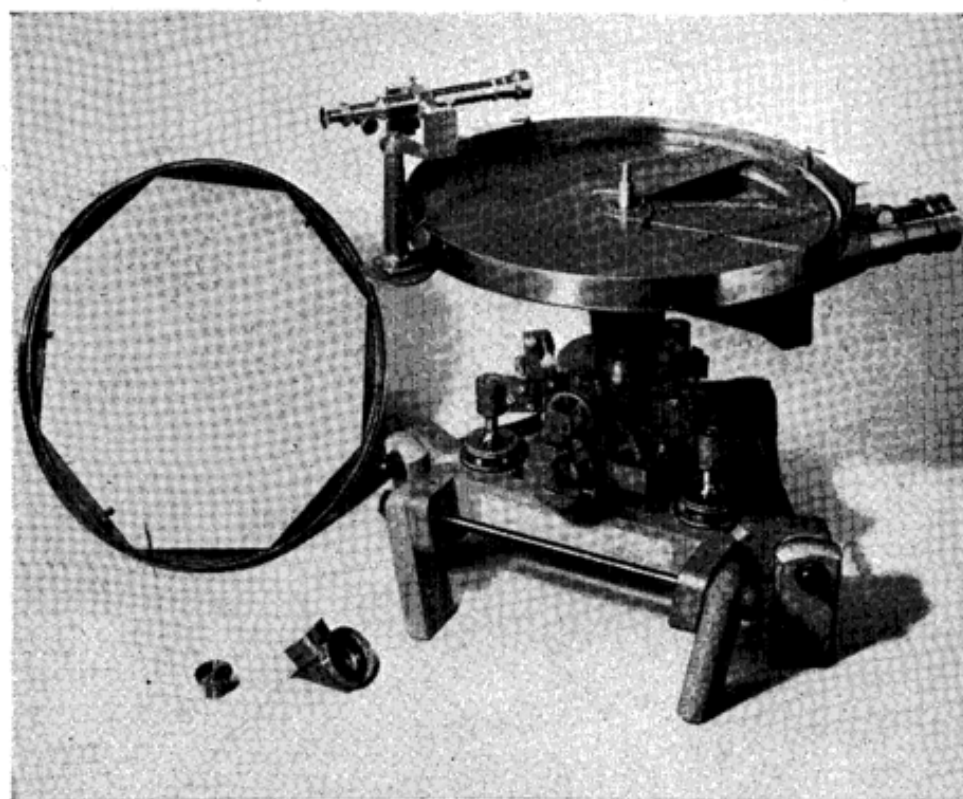


Fig. 71. — Planchette photographique de A. Chevallier (10.778).

tout le champ de l'horizon dans la durée d'une révolution.

La plaque sensible qui reçoit l'image est placée horizontalement au-dessus de la chambre noire et reste fixe. La lumière entrant par l'objectif est renvoyée sur la plaque par un prisme à réflexion

totale, en passant à travers une fente très étroite. La fente s'ouvre automatiquement lorsque la chambre noire a acquis un mouvement de rotation uniforme et se ferme lorsque le tour d'horizon est terminé.

Dans le cliché obtenu, tous les points conservent entre eux les vrais écarts angulaires sous lesquels on les voit de la station. Un fil situé à la hauteur de l'axe optique projette sur le cliché la trace du plan horizontal passant par l'objectif.

Le cliché permet de relever les angles azimutaux avec une précision voisine de 5 minutes sexagésimales.

10.778. — E. 1867.

DESSINS ET LEVÉS PHOTOGRAPHIQUES

1. *MÉTHODE pour lever les plans à l'aide de la photographie.*

Don du colonel Laussedat.

Schéma indiquant la méthode employée pour lever le plan de Buc (près de Versailles) à l'aide de huit photographies terrestres.

398 T. — E. 1900.

2. *AQUARELLES montrant le principe des levés topographiques à l'aide de perspective naturelle.*

Don du colonel Laussedat.

Aquarelles exécutées à l'échelle de 1/5.000 par Laussedat (alors capitaine), le 20 juillet 1850 au moyen d'une chambre claire.

10.354¹. — E. 1894.

3. *LEVÉ PHOTOGRAPHIQUE de la position de Faverges (Haute-Savoie).*

Don du Ministre de la Guerre.

Plan topographique à courbes de niveau. Dans l'angle inférieur gauche sont représentées neuf photos mises en place de restitution autour de la partie de terrain qu'elles représentent figurée en plan topographique.

9.714. — E. 1882.

4. *LEVÉ PHOTOGRAPHIQUE d'une partie des Montagnes Rocheuses.*

Don du colonel Laussedat.

Collection comprenant 4 photographies terrestres et carte topographique du Canada. Plan topographique avec le relief figuré par teintes conventionnelles d'une partie de la région des Montagnes Rocheuses traversée par le chemin de fer du Pacifique Canadien.

12.424. — E. 1895.

5. *CHAMP DE LUNETTE dessiné au télémétoprographe Laussedat.*

Groupe d'officiers et de soldats allemands dans la Redoute du Montretout.

10.354². — E. 1894.

6. *SOUVENIRS du colonel Laussedat.*

Don de M. Émile Wenz-Chaponnière.

1. Photographie du médaillon du Colonel Laussedat par Roty.
2. Le pavillon d'Anne de Baeujeu à Moulins dessiné à la chambre claire en 1851 par le Colonel Laussedat.
3. Le monument Laussedat élevé à Moulins.
4. Les renseignements utiles pour une restitution.
5. Le monument Laussedat et le pavillon d'Anne de Beaujeu, photographie obtenue à l'aide d'une chambre noire, construite d'après les principes du Colonel Laussedat.
6. Ébauche de restitution de la photographie précédente d'après la méthode Laussedat.

16.237¹ à 6. — E. 1921.

7. *ÉPREUVE-SPÉCIMEN de la reconnaissance photographique du Mont-Valérien.*

Épreuve obtenue en 1884 d'après un négatif sur papier-cire pris en septembre 1861 ayant servi à l'exécution du plan du Mont-Valérien et au nivellement des terrains dans un rayon de 4 kilomètres.

10.088. — E. 1884.

STÉRÉOPHOTOTOPOGRAPHIE TERRESTRE

H 5 - 12

Considérons (fig. 72) deux appareils photographiques placés en O_1 et O_2 dont les axes optiques O_1X_1 et O_2X_2 sont perpendiculaires à la droite O_1O_2 (appelée base).

Un point A du terrain sera figuré en a_1 et a_2 sur les clichés; un point B en b_1 et b_2 .

Soit p_1 et p_2 les centres des clichés.

On démontre que pour tous les points du terrain situés sur une même droite parallèle à la base, on a :

$$a_1p_1 - a_2p_2 = \text{constante.}$$

Inversement, si on mesure sur les clichés les quantités a_1p_1 et a_2p_2 , on peut calculer la distance du point A à la base O_1O_2 . La direction de ce point pouvant se déduire de sa position sur l'un des clichés, on possède les éléments nécessaires au report du point A sur un plan.

La différence $a_1p_1 - a_2p_2$ s'appelle parallaxe stéréoscopique; on la mesure avec précision au moyen d'appareils appelés stéréocomparateurs.

Des appareils ont été construits qui reproduisent par des artifices mécaniques la position des rayons lumineux O_1A et O_2A à partir des points a_1 et a_2 des clichés et dessinent le plan du terrain photographié d'une manière automatique.

1. STÉRÉOPLANIGRAPHE LAUSSEDAT construit par Pellin.

Appareil d'examen des couples de clichés stéréoscopiques qui permet de rétablir l'illusion optique du relief. 13.611. — E. 1902.

2. STÉRÉOPLANIGRAPHE LAUSSEDAT construit par R. Mailhat.

13.807. — E. 1904.

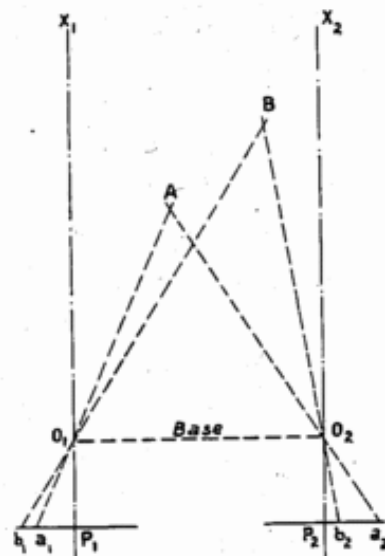


Fig. 72. — Principe de la stéréophototopographie terrestre.

PHOTOTOPOGRAPHIE AÉRIENNE

H 5 - 2

Une photographie prise d'un aéronef (cerf-volant, ballon, aéroplane) a l'apparence d'un plan. Une telle photographie serait une carte correcte si le terrain photographié était absolument plat et horizontal et si l'axe optique de l'appareil de prise de vues était vertical.

La non verticalité de l'axe optique entraîne une déformation d'ensem-

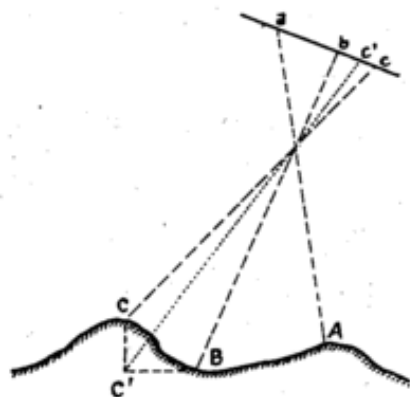


Fig. 73. — Photographie aérienne par cliché isolé.

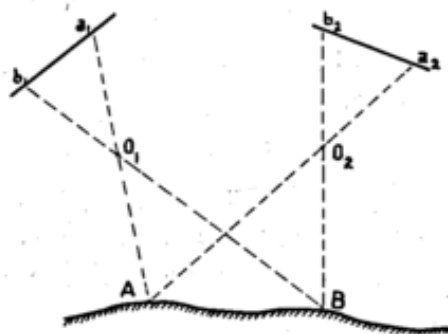


Fig. 74. — Photographie aérienne par couple de clichés.

ble due à un phénomène de perspective qui fait qu'un carré du terrain est représenté par un trapèze sur la plaque photographique. On restitue au cliché ses proportions réelles par des procédés graphiques ou optico-mécaniques (par exemple appareil de redressement Roussilhe).

Les différences de niveau des différents points du terrain provoquent également des déformations locales du cliché. Sur la figure 73, si le point C était en C', à la même altitude que le point B sa photographie viendrait en c' au lieu de c. On arrive également à corriger ces déformations et on obtient alors, à partir du cliché, une épreuve dont il suffit de calquer les éléments intéressants.

On peut également considérer les clichés par couple (fig. 74). Si on

possède deux clichés de la même partie de terrain, pris de deux points de vue différents O_1 et O_2 et qu'on projette ces clichés à l'aide de projecteurs occupant les mêmes positions respectives (réduites à une certaine échelle) que lors de la prise de vue, on reconstitue les faisceaux de rayons lumineux géométriquement semblables à ceux qui ont impressionné la plaque sensible. Lors de la prise de vue, des points AB du terrain seront figurés en a_1b_1 et a_2b_2 sur chaque cliché. A la projection, les rayons lumineux a_1o_1 , et a_2o_2 , d'une part, b_1o_1 , b_2o_2 et d'autre part se couperont respectivement en des points A et B de l'espace.

Ce procédé est mis en œuvre dans des appareils divers (autographe, stéréotopographe, appareil Gallus, Poivilliers, etc.) dont l'automatisme a été poussé à l'extrême et qui constituent actuellement le dernier mot de la technique en cette matière.

APPAREILS

1. TRANSFORMATEUR PHOTOPLANIMÉTRIQUE LAUSSE-DAT, construit par R. Mailhat.

Modèle primitif d'appareil destiné à redresser les clichés pris d'aéronefs.

13.719¹. — E. 1905.

2. TRANSFORMATEUR PHOTOPLANIMÉTRIQUE LAUSSE-DAT, construit par R. Mailhat.

Modèle réduit et simplifié.

13.719². — E. 1905.

3. STÉRÉOTOPOGRAPHE POIVILLIERS-SOM, type A. (figures 75 et 76).

Don de l'Institut Géographique National.

Le « Stéréotopographe Poivilliers », type A, N° 1, est le prototype de plusieurs séries d'appareils de restitution inventés par M. Poivilliers et construits par la Société d'Optique et de Mécanique de Haute Précision (S. O. M.); appareils qui permettent d'effectuer le levé topographique d'un terrain à partir de deux photographies distinctes de celui-ci, prises dans des conditions d'orientation et de position quelconques, connues ou non.

Son étude remonte à 1921; il a servi aux premiers essais d'établissement de la nouvelle carte de France au 20.000^e à l'aide de photographies aériennes. Il a été utilisé pour ces travaux

par le Service Géographique de l'Armée (S. G. A.) de 1928 à 1949, date à laquelle l'Institut Géographique National, successeur du S. G. A., en a fait don au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Les méthodes de levé du terrain à l'aide de photographies aériennes mises au point par M. Poivilliers sur cet appareil,

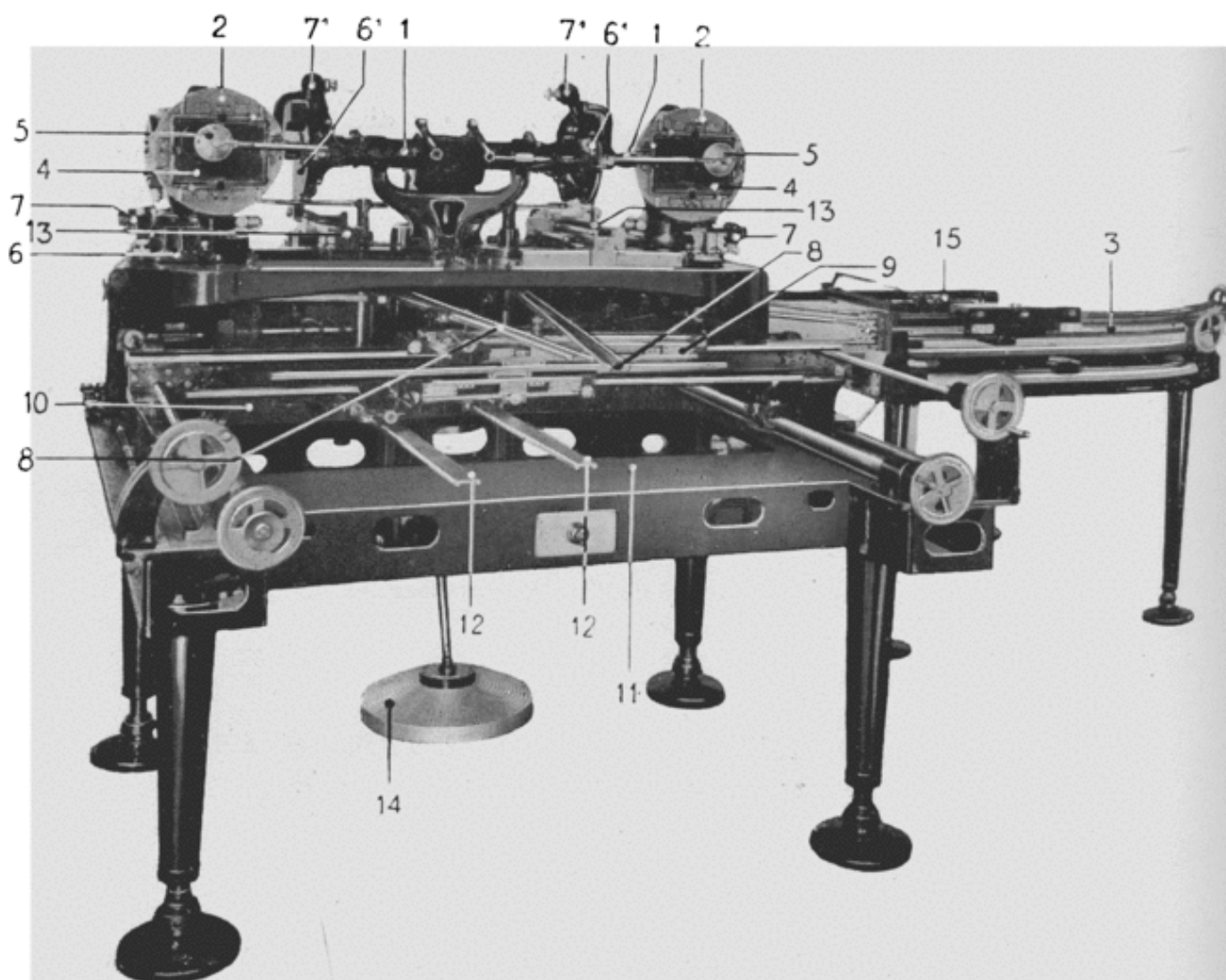


Fig. 75. — Stéréophotographe Poivilliers-Som, type A (1928).

ont complètement remplacé les anciennes méthodes de levé par mesures directes pour l'établissement de la nouvelle carte de France et celui de la carte des territoires de l'Union Française.

Le « Stéréotopographe Poivilliers », type A, N° 1, comprend :

Un dispositif optique d'observation des clichés et de mesures angulaires comportant une lunette binoculaire (1) associée à deux chambres porte-clichés dites « chambres de restitution » (2, 2'), munies chacune d'un objectif identique à celui de prise de vue.

Un mécanisme restituteur fournissant, par rapport à un système particulier de référence, les coordonnées rectangulaires x , y , z d'un point du terrain lorsque l'opérateur vise simultanément les deux images de ce point.

Une table à dessin appelée « coordinatographe » (3) sur laquelle

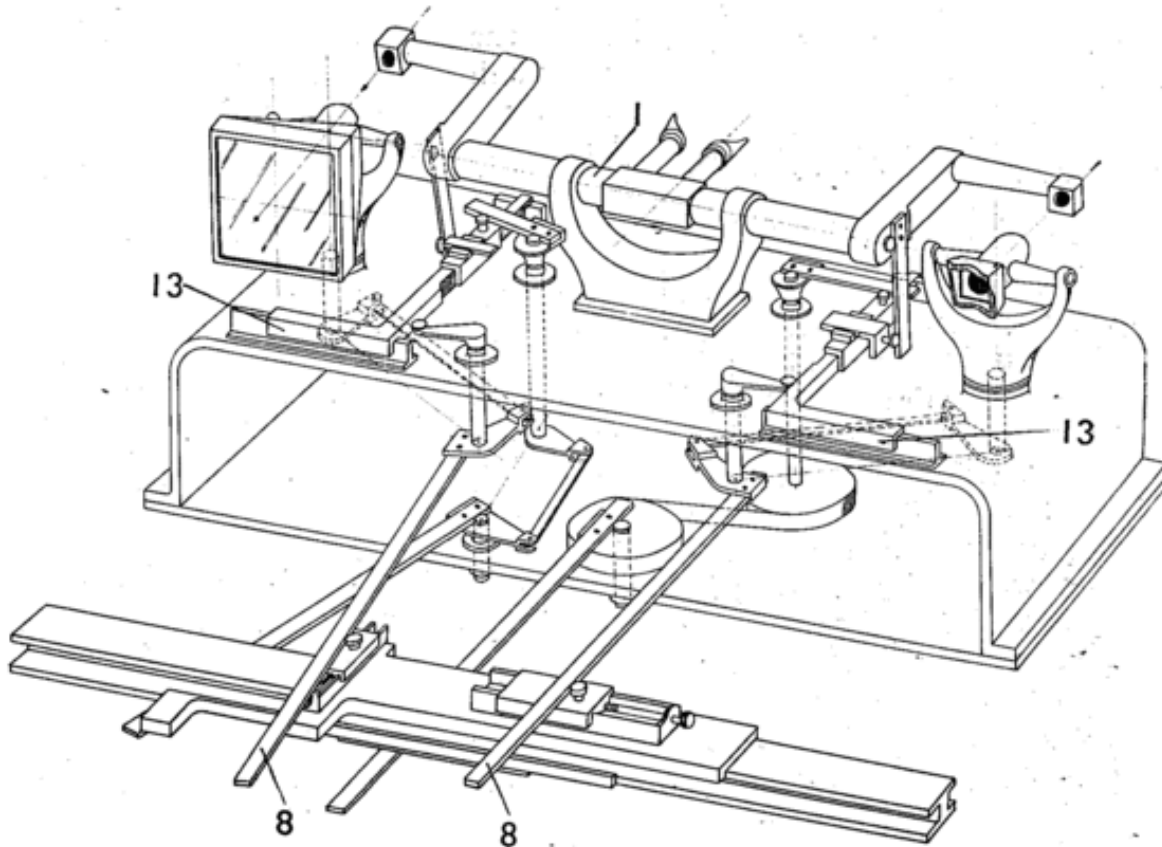


Fig. 76. — Schéma du stéréophotographe Poivilliers.

s'effectue l'enregistrement graphique des deux coordonnées x , y du point à l'instant même de la visée.

Dispositif optique. Les clichés (négatifs ou contre-types positifs) occupent par rapport aux objectifs de restitution la même position qu'ils occupaient par rapport à l'objectif de prise de vue. Ils sont éclairés par derrière, par une lampe (5), le faisceau de rayons lumineux émergeant de l'objectif est identique au faisceau incident de prise de vue.

Les chambres de restitution (2) sont orientées par rapport au système de référence de l'appareil, comme l'étaient les chambres de prise de vue par rapport au système de référence correspondant du terrain.

Le corps de la lunette binoculaire est horizontal. Ses deux extrémités (1') sont coudées et mobiles autour de l'axe de la lunette, les deux lignes de visée décrivent, dans ce mouvement en rotation, deux plans verticaux parallèles.

Les deux chambres de restitution sont mobiles chacune autour

d'un axe vertical situé dans le plan de visée de la chambre correspondante de la lunette. Les axes de rotation des chambres et des branches de lunette se coupent au centre de la pupille d'émergence de l'objectif.

Dans ces conditions, il est possible de viser simultanément les deux images d'un même point du terrain et de lire sur des cercles divisés horizontaux (6) et verticaux (6') à l'aide de microscopes (7) les angles de rotation des chambres et des branches de lunettes, angles qui — si les calages des chambres sont corrects — sont les mêmes que ceux qui auraient pu être obtenus à l'aide d'un théodolite mis en station en chacun des points de vue.

La lunette binoculaire permet en outre de fusionner stéréoscopiquement les deux images du terrain et d'en percevoir une image unique en relief. Lorsque la visée simultanée des deux images d'un même point est obtenue, l'opérateur voit une marque unique reposant sur l'image en relief du terrain en ce point. Si elle ne l'est pas, la marque en relief semble flotter dans l'espace en dessus ou en dessous de la surface du sol. Il est ainsi possible de viser stéréoscopiquement des points dont les deux images ne sont pas identifiables séparément sur les photographies.

Deux leviers horizontaux (8) commandent directement le pivotement des chambres; ils matérialisent la projection des lignes de visée sur le plan principal de référence. Leur rotation est assurée par un chariot roulant sur un guide horizontal (pont) (10), mobile lui-même dans une direction horizontale perpendiculaire. La position du pont et du chariot définissent la projection, sur le plan de référence, du point visé stéréoscopiquement.

Un deuxième chariot (11), mobile sur un guide parallèle au premier et situé à la partie inférieure du pont (10), commande la rotation de deux autres leviers (12) qui matérialisent la projection des lignes de visée sur un deuxième plan de référence perpendiculaire au premier. La position de ce chariot (11) définit la troisième coordonnée du point visé.

Deux mécanismes (13), appelés relais, commandent l'inclinaison i de chacune des branches de la lunette, en fonction des inclinaisons a et i' des deux leviers supérieur et inférieur correspondants. Les relais résolvent la relation trigonométrique :

$$\operatorname{tg} i = \operatorname{tg} i' \cos a.$$

Le plan principal de référence est un plan horizontal dans le cas de vues terrestres ou aériennes panoramiques, c'est un plan vertical sensiblement parallèle à la base dans le cas de vues aériennes à axe vertical. Le second plan de référence est un plan vertical sensiblement perpendiculaire à la base.

Deux manivelles non visibles sur la figure commandent les déplacements en x et y et une pédale le déplacement en z . La marque de visée stéréoscopique peut ainsi être amenée en contact avec l'image en relief d'un point quelconque du terrain et à se déplacer de façon continue sur l'axe d'une route par exemple.

Le traceur (15), relié aux déplacements x , y enregistre alors sur le coordinatographe la projection horizontale de cette ligne.

Les courbes de niveau sont « filées » en agissant sur les manivelles x et y de façon à déplacer la marque stéréoscopique en maintenant son contact apparent avec l'image en relief du terrain.

19.282. — E. 1950.

4. PHOTORESTITUTEUR GALLUS-FERBER, N° 1.

Don de l'Institut Géographique National.

Le photorestituteur a été construit en 1927 par les usines Gallus sur les données de M. Robert Ferber. Il utilise la double projection et permet le tracé de la carte (planimétrie et nivellement) — généralement par points isolés — en partant de deux photographies aériennes à axes convergents.

Cet appareil comprend essentiellement :

- un bâti portant les chambres;
- un système de chariots permettant de déplacer un écran dans un plan horizontal dans deux directions rectangulaires x et y ;
- une planchette sur laquelle un piquoir solidaire de l'écran enregistre les déplacements de celui-ci.

1. Disposition des chambres.

Les deux chambres de restitution, optiquement et géométriquement identiques à la chambre de prise de vue et, comme elle, pratiquement mises au point à l'infini, sont portées par un pont horizontal dans sa position initiale de réglage.

Ce pont peut se déplacer verticalement et parallèlement à lui-même entre deux glissières par la rotation de deux vis filetés commandées par un moteur électrique. Son déplacement, compris entre 35 et 90 cm au-dessus du plan de l'écran, peut être lu sur un compteur qui indique l'altitude du point restitué. En débrayant l'une des deux vis, le pont pivote autour d'une articulation et prend l'inclinaison voulue lorsque les deux points de vue ne sont pas à la même altitude.

L'une des chambres peut recevoir un mouvement de translation parallèle au pont, ce qui permet de régler l'écartement des deux objectifs à la longueur de la base réduite à l'échelle de la restitution. Aux échelles auxquelles l'appareil permet de restituer (1/2.000 à 1/10.000), l'encombrement propre des chambres ne permet d'introduire la base qu'à la condition d'utiliser des vues convergentes.

Chacune des chambres peut être orientée par rotation autour d'un système de trois axes passant sensiblement par le centre de l'objectif. Les clichés étant fixés sur le fond des chambres, l'ensemble définit les deux faisceaux perspectifs identiques à ceux de l'espace et orientés comme eux.

Les chambres, étant réglées sur l'infini, la netteté de la projection sur un écran à distance finie et variable nécessite l'interposition, entre l'objectif et l'écran, d'un système convergent à focale variable. Ce système ne doit pas modifier la direction du rayon perspectif issu d'un point quelconque du cliché. Il faut donc qu'il puisse tourner autour du point matérialisant le centre de perspective et que son axe optique reste à tout instant parallèle à l'axe secondaire représentant la direction du point restitué. La solution de ce problème a été donnée par l'ingénieur allemand Bauersfeld. C'est un téléobjectif comportant une lentille convergente et une lentille divergente de mêmes focales. Le foyer de la lentille divergente coïncide avec le point de rotation du système et la lentille convergente peut être déplacée automatiquement par un système de came en fonction de la hauteur du pont et de l'inclinaison du rayon lumineux.

2. *Écran de projection.*

L'écran peut rouler dans un plan horizontal sur un système de deux chariots perpendiculaires, l'un étant parallèle au pont.

Il porte, en son centre, une croix fine sur laquelle doivent venir se former les deux images homologues du point restitué.

Il est relié aux chambres par deux tiges coulissantes qui ont pour but d'orienter les deux téléobjectifs et les deux projecteurs et qui supportent en outre les cames de mise au point.

L'observation se fait par scintillement, les deux clichés étant projetés alternativement à une fréquence réglable par moteur électrique, environ 4 fois par seconde. La fixité des images alternées d'un point au centre de la croix indique la position correcte du point restitué. L'altitude se lit sur le compteur et la position planimétrique est enregistrée sur la planchette par simple abaissement du piquoir.

19.346. — E. 1950.

PHOTOGRAPHIES

1. *ASSEMBLAGE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES DE MONTPELLIER.*

Don du Service géographique de l'Armée.

Assemblage à l'échelle de 1/5.000 de photographies redressées.

17.552¹. — E. 1927.

2. *ASSEMBLAGE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES DE MONTPELLIER.*

Don du Service géographique de l'Armée.

Réduction à l'échelle de 1/10.000.

17.552². — E. 1927.

3. *ASSEMBLAGE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES DE MONTPELLIER.*

Don du Service géographique de l'Armée.

Plan à l'échelle de 1/10.000 tiré de l'assemblage.

17.552³. — E. 1927.

4. *VUE AÉRIENNE DE LA FERME D'ENLAURE, commune de Labrugière (Tarn), et photographies du cerf-volant et des accessoires (baromètre, chambre noire, etc.) ayant servi à la prise de vue.*

Don de M. A. Batut.

11.440. — E. 1889.

5. *VUE AÉRIENNE de l'avenue du BOIS DE BOULOGNE (1858).*

Don de M. Nadar.

Premier résultat obtenu par photographie aérienne.

10.994. — E. 1887.

6. *ÉPREUVE ET AGRANDISSEMENT de 2 photographies aériennes.*

Don de M. Nadar.

10.959. — E. 1887.

7. *VUE AÉRIENNE DE L'ILE SAINT-LOUIS.*

Don de M. Tissandier.

10.775. — E. 1886.

8. *COLLECTION DE 7 PHOTOGRAPHIES prises en ballon.*

Don de MM. G. Tissandier et J. Ducour.

Clichés pris au 1/50 de seconde d'altitudes différentes au cours d'une même ascension.

10.701. — 1885.

9. *VUE AÉRIENNE DE STAMFORD-HILL (Londres).*

Don de M. Shadbolt.

10.090. — E. 1884.

10. *VUE AÉRIENNE de la PLACE DU CARROUSEL.*

Don de M. Dargon.

Cette photographie a été prise par M. Dagron du Brand Ballon
Captif de Griffard en 1878.

9.987. — E. 1883.

11. *VUES AÉRIENNES DU MESNIL-ESNARD (près Rouen).*

Don de M. Desmarets.

Photographies à l'échelle de 1/4.000 environ prises en ballon.

9.500¹. — E. 1880.

12. *VUE AÉRIENNE DE BOSTON (États-Unis).*

Don de M. Glaisher.

9.762. — E. 1882.



PLANS, DESSINS ET DIVERS

H 6

Le but de la géodésie, de la topographie et du levé des plans est l'obtention d'une représentation du terrain appelée plan ou carte.

Les plans ou cartes sont généralement dessinés sur papier et la représentation du relief y est figurée par des points cotés, des hachures, des courbes de niveau ou des teintes conventionnelles pouvant parfois donner l'impression du terrain éclairé par une lumière oblique.

On réalise aussi des « plans en relief » expression impropre désignant une représentation à trois dimensions du terrain à une certaine échelle.

1. *HYPSONOME, petit modèle.*

Don de M. Abadie-Dutemps.

Appareil permettant par une matérialisation mécanique de triangles semblables, l'interpolation entre deux points cotés d'un plan dans le but de trouver la place d'un point dont la cote est un nombre rond de mètres.

16.692¹. — E. 1928.

2. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief avec cotes d'altitudes, échelle 1/10.000.*

Le relief est accompagné de points cotés d'altitude, indiquant la hauteur de chacun de ces points au-dessus du niveau moyen de la mer.

6614⁰. — E. 1856.

3. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, avec courbes de niveau, échelle 1/10.000 (fig. 77).*

Les courbes de niveau sont tracées. Une interpolation entre les points cotés a permis de déterminer les points dont l'altitude est égale à un nombre rond de mètres; en joignant les points de même altitude ronde par une ligne continue on a obtenu les courbes de niveau.

6.614². — E. 1856.

4. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief avec hachures, échelle 1/10.000.*

Des hachures sont dessinées entre les courbes de niveau et perpendiculairement à celles-ci. Leur écartement est égal au quart de l'écartement des courbes de niveau. L'intensité variable de l'impression de teinte grise ainsi obtenue est très suggestive.

6.614¹. — E. 1856.

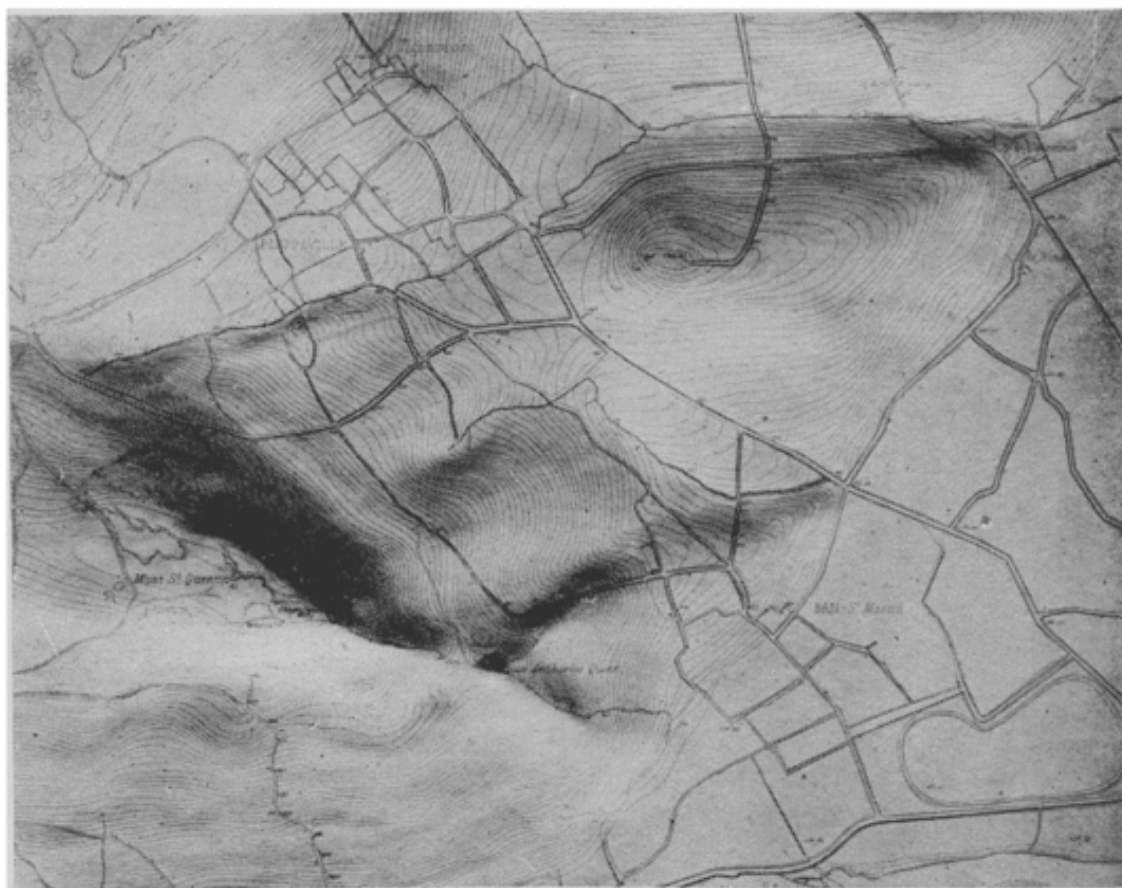


Fig. 77. — Plan des environs de Metz avec courbes de niveau (6.614²).

5. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief avec hachures et teintes, échelle 1/5.000.*

Une teinte est superposée aux hachures, cette teinte donne l'impression que le plan est éclairé par une lumière oblique, faisant ressortir le relief par le contraste entre les zones éclairées et celles qui sont dans l'ombre.

3.018. — E. 1845.

6. *PLAN en relief de l'île de Tino, avec tracé des courbes de niveau construit par Bardin.*

2.922². — E. 1843.

7. *DEUX MODÈLES en relief d'étude de rochers au point de vue de la topographie et de la géologie construits par Bardin.*

5.281. — E. 1852.

8. *PLAN en relief du MONT-CENIS et sa carte gravée, échelle 1/10.000 construit par Bardin.*

6.636. — E. 1857.



Fig. 78. — Plan en relief du Mont-Blanc (8.316).

9. *PLAN EN RELIEF du Mont-Blanc construit par Drivet (fig. 78).*

La représentation du relief est accompagnée de teintes conventionnelles différentes selon les altitudes.

8.316. — E. 1872.

10. *RELIEF du fond du Pas-de-Calais, construit par Muret.*

Ce modèle comportant des coupes géologiques des côtes française et anglaise était destiné à l'étude du tunnel sous la Manche.

9.360. — E. 1879.

11. *PLAN-RELIEF de la Ville de Paris ; échelle des longueurs 1/10.000, échelle des altitudes 3/10.000 (fig. 79).*

Don de M. Muret.

La différence de l'échelle entre les longueurs et les altitudes a pour but d'accentuer la représentation du relief; celui-ci est ainsi amplifié 3 fois.

11.880. — E. 1890.



Fig. 79. — Plan en relief de la ville de Paris (11.880).

12. *VERSAILLES : carte au 50.000^e en couleurs, type 1922, lignes de niveau.*

Don de l'Institut Géographique National.

18.720. — E. 1947.

13. *LYON : carte au 50.000^e en couleurs, type 1922, lignes de niveau.*

Don de l'Institut géographique National.

18.721. — E. 1947.

14. *LA GRAVE* n° 7 : carte au 20.000^e, lignes de niveau, 1944.

Don de l'Institut Géographique National.

18.722. — E. 1947.

15. *ROUEN* : carte au 20.000^e en couleurs, type 1922-1942, lignes de niveau, 1946.

Don de l'Institut Géographique National.

18.723. — E. 1947.

16. *MARCHAND* : carte du Maroc au 100.000^e en couleurs, lignes de niveau, 1944.

Don de l'Institut Géographique National.

18.724. — E. 1947.

17. *ATHÈNES* : carte au 1.000.000^e en couleurs, lignes de niveau, 1939.

Don de l'Institut Géographique National.

18.725. — E. 1947.

18. *AMÉRIQUE NORD-OUEST* : carte au 10.000.000^e, lignes de niveau.

Don de l'Institut Géographique National.

18.726. — E. 1947.

19. *GRENOBLE* : carte au 200.000^e en relief.

Don de l'Institut Géographique National.

18.802. — E. 1947.

20. *SAINT-BONNET* : carte au 500.000^e en relief.

Don de l'Institut Géographique National.

18.803. — E. 1947.

21. *LA MURE* : carte au 50.000^e en relief.

Don de l'Institut Géographique National.

18.804. — E. 1947.

22. *LA GRAVE* : carte au 50.000^e en relief.

Don de l'Institut Géographique National.

18.805. — E. 1947.

AUX RÉSERVES

1. *HYPSONOMES.*

Don de M. Abadie-Dutemps.

16.692²⁻³. — E. 1928.2. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, avec courbes de niveau, échelle 1/10.000.*6.614³. — E. 1856.3. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief à l'échelle de 1/5.000, construit par Bardin.*

2.921. — E. 1843.

4. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, plan teinté avec lumière oblique, échelle 1/10.000.*6.614⁸. — E. 1856.5. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief avec courbes de niveau, échelle 1/5.000, construit par Bardin.*

3.019. — E. 1845.

6. *PLAN DES ENVIRONS DE METZ, relief avec teintes conventionnelles.*6.614⁷. — E. 1856.7. *RELIEF de l'île de Tino, golfe de la Spezzia, échelle 1/1.000, construit par Bardin.*2.922¹. — 1843.8. *RELIEF en plâtre de l'île de Tino, échelle 1/2.000, construit par Bardin.*2.922³. — E. 1843.9. *PLAN de l'île de Tino, avec courbes de niveau construit par Bardin.*

3.020. — E. 1845.

10. *RELIEF en plâtre de l'île de Tino, échelle 1/5.000, construit par Bardin.*

5.482. — E. 1853.

11. *PLAN en relief de l'île de Porquerolles à marée basse.*

6.614⁴. — E. 1856.

12. *PLANS en relief de l'île de Porquerolles à marée haute.*

6.614⁵⁻⁶. — E. 1856.

13. *MODÈLES d'étude de rochers construits par Bardin.*

1 — Modèle d'étude au point de vue topographique.

2 — Modèle d'étude au point de vue géologique.

5.028¹⁻². — E. 1852.

14. *PLAN en relief, à gradins, de la chaîne des Puys d'Auvergne, construit par Bardin.*

7.396. — E. 1865.

15. *PLAN en relief du Canal de Suez, construit par M.-E. Muret.*

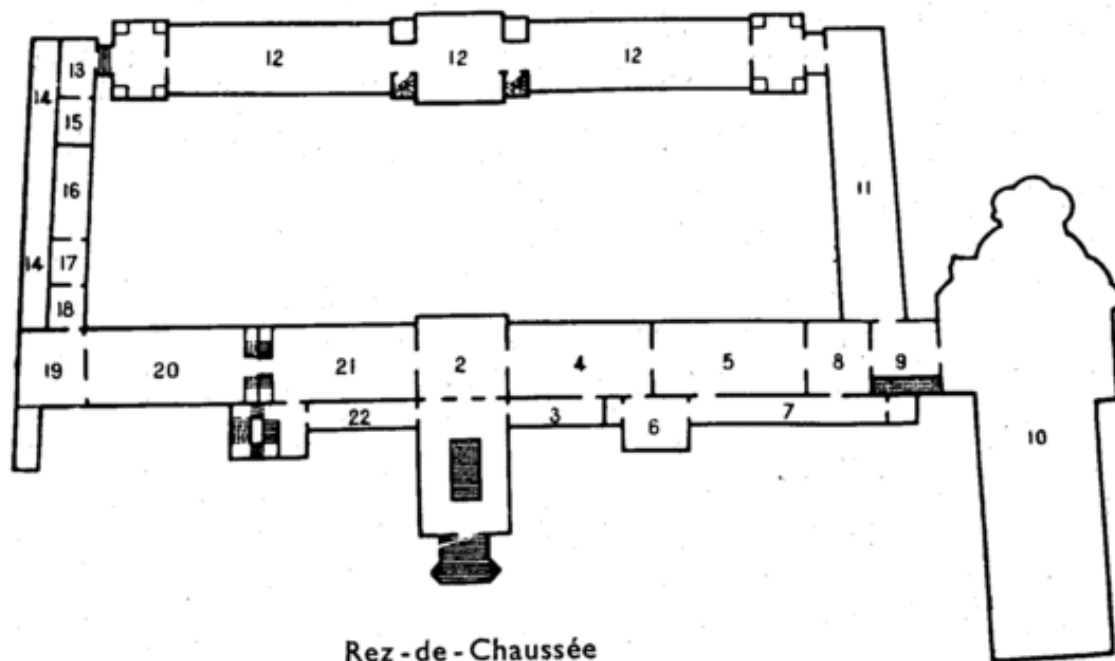
Reproduction d'après l'original exécuté sous la direction du vice-amiral Pâris.

8.830. — E. 1877.

16. *PLAN-RELIEF à gradins du BALLON DE GUEBWILLER construit par Bardin.*

7.264. — E. 1864.

PLAN DU MUSÉE



Rez-de-Chaussée

Salle 2. — Salle de l'écho.

Salles 4, 5, 8 et 9. — Métallurgie.

Salle 10. — Transports.

Salle 11. — Agriculture.

Salle 12. — Musée de la Prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle.

Salle 13. — Topographie — Géodésie.

Salle 15. — Automates.

Salles 16 à 20. — Horlogerie, Astronomie.

Salle 21. — Chemins de fer.

ACHEVÉ D'IMPRIMER
— LE 5 JUIN 1953 —
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE FIRMIN-DIDOT
MESNIL-SUR-L'ESTRÉE (EURE)

