

PUBLIKACE PRAŽSKÉ STÁTNÍ HVĚZDÁRNY.
No 2.
PUBLICATIONS DE L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE PRAGUE.

TROISIÈME ETUDE
SUR L'APPAREIL CIRCUMZÉNITHAL

NUŠL-FRIČ.

IIÈME PARTIE

CONSTRUCTION DE L'APPAREIL.

MODÈLE TRANSPORTABLE 1922.

PAR

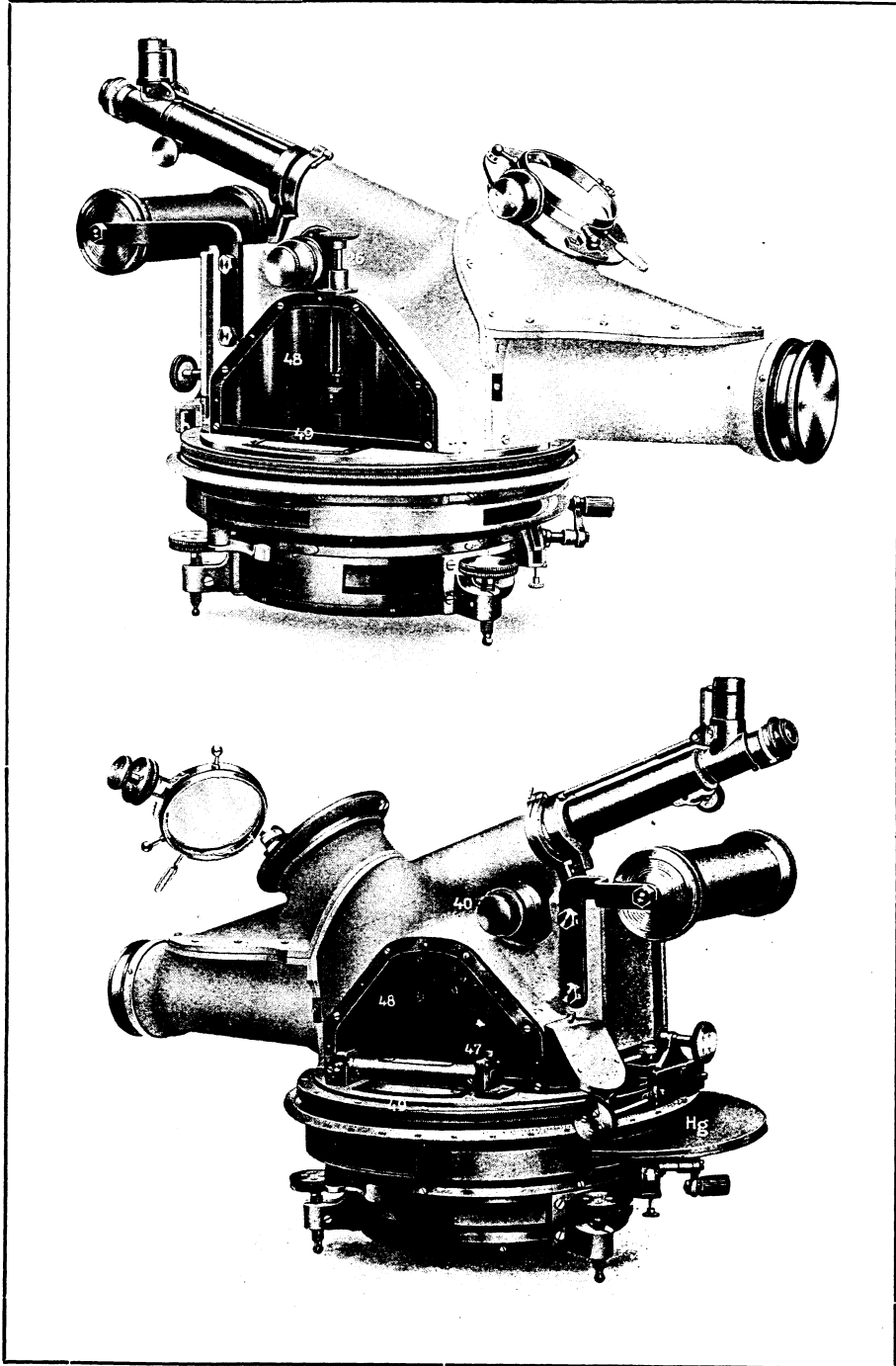
JOSEF JAN FRIČ.



1925.

IMPRIMERIE DE JEDNOTA ČESKOSLOVENSKÝCH MATEMATIKŮ A FYSIKŮ
A PRAGUE.

PLANCHE I.



APPAREIL CIRCUMZÉNITHAL NUŠL-FRIČ
modèle 1922.

Introduction.

Dans le premier numéro de ces Publications M. F. Nušl a exposé, les principes théoriques d'un appareil à prisme pour l'observation des hauteurs constantes. Il a fait mention de ce qui, dans le sextant, lui servit de guide au début de ses recherches. En automne 1899, alors qu'il était encore professeur au lycée de Hradec Králové en Bohême, M. F. Nušl improvisa lui-même le premier appareil à l'aide de moyens les plus simples.

Plusieurs essais ayant permis de constater l'exactitude de ses suppositions théoriques, M. Nušl termina son appareil improvisé en lui donnant la forme

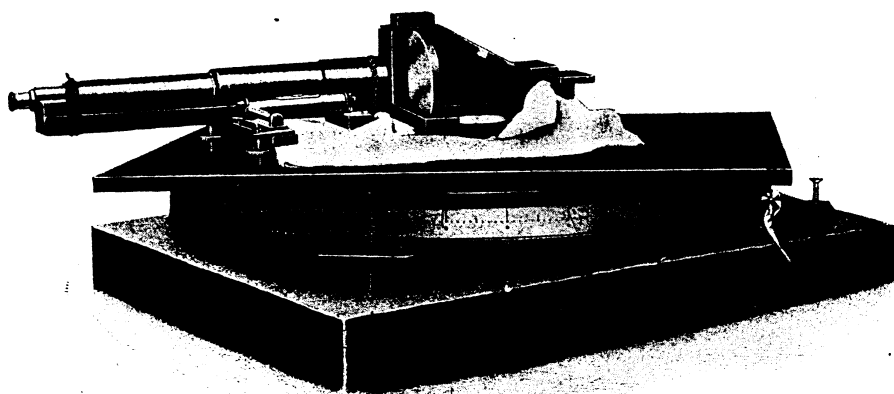


Fig. I.

que montre la figure 1, qui est la reproduction d'une photographie d'alors. Dans son premier essai, concernant la théorie de cet appareil, essai présenté à l'Académie tchèque des Sciences de Bohême, au mois de mai 1901 puis publié la même année, il fit connaître les résultats obtenus à l'aide de cette construction improvisée au cours de ses observations faites au mois de juin 1900.

La base de ce premier appareil pourvu, à sa circonférence, d'un ruban divisé en degrés, formait un volant en fer porté par des planchettes munies de vis calantes. Pour faciliter le mouvement de rotation de la table reposant sur ce volant, elle était posée sur trois lames en verre fixées en dessous. La table était pourvue, à son centre, d'une large ouverture par laquelle passait

un support avec le bain de mercure. Sur la figure I ce bain est visible derrière la toile soulevée. Une petite caisse tronquée obliquement et placée devant l'objectif de la lunette, orientée horizontalement, portait trois pièces optiques, savoir un prisme de 60° appartenant à un spectroscope de l'école et fixé devant l'objectif, en position horizontale, entre les parois de la caisse; un disque en verre poli couvrant l'ouverture supérieure; puis un deuxième disque également en verre poli placé verticalement devant l'objectif de façon à ce qu'il en recouvre à peu près la moitié. Les surfaces en étant légèrement prismatiques, on put lui donner une position telle que les images dédoublées des étoiles

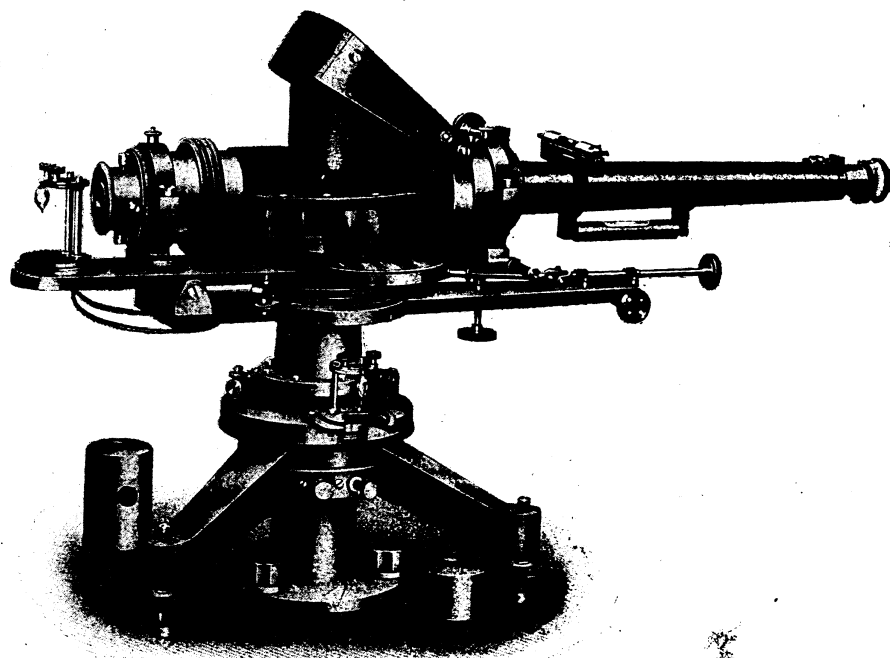


Fig. II.

se trouvaient dans le sens vertical, c'est-à-dire dans celui du mouvement de l'étoile. L'arête horizontale du prisme divisait le faisceau des rayons incidents en deux, une moitié supérieure et l'autre inférieure; les surfaces réfléchissantes du prisme étaient argentées. La lunette elle-même étant solidaire avec la caisse portant le prisme était fixée sur un simple support en bois. L'horizontalité de l'axe de la lunette et de l'arête du prisme pouvait être corrigée par des vis calantes d'après deux niveaux croisés.

Toutes les parties des pièces de cet appareil correspondent à la construction mécanique de 1901, ainsi que le représente la figure II. La description détaillée de celle-ci se trouve dans l'„*Etude sur l'appareil circumzénithal*“, publiée en 1903 dans le „*Bulletin International de l'Académie des Sciences de Bohême*“, voir l'article intitulé „*Construction de l'appareil circumzénithal modèle 1901—1902*“ pages 3—7. La seule différence résidait dans la grandeur

du bain de mercure plus petit dans notre premier modèle où il n'avait qu'un diamètre de 85 mm. La surface du mercure dans un bain de si petites dimensions n'étant pas plane à cause des phénomènes de capillarité, les observations du passage des mêmes étoiles variaient de jour en jour avec une telle irrégularité que les observations faites durant l'été de 1901 se montrèrent être sans aucune valeur. En 1902 nous pûmes déjà travailler avec succès après avoir remplacé le petit bain par un autre du diamètre de 200 mm. La modification de construction en résultant est évidente si l'on compare la fig. II avec la figure analogue „Etude etc. planche I.“ La construction de l'appareil est représentée en coupe longitudinale par la planche II de la même Etude.

Toutes deux, la construction primitive de 1901 et sa modification de 1902 étaient en principe analogues à l'appareil improvisé par Nušl en 1899. La seule différence était que la lunette et le prisme formaient un seul corps cylindrique placé dans deux larges coussinets. Ce corps était muni d'une pince et d'une vis permettant son mouvement micrométrique autour de l'axe horizontal qui forme en même temps l'axe optique de la lunette; c'est ainsi qu'ont été remplacées les vis calantes sur lesquelles reposaient la lunette et le prisme dans l'appareil improvisé. A l'extrémité de ce corps, on voit quatre vis de correction qui s'appuient à l'intérieur contre une tige horizontale portant le prisme. A proximité du prisme, la tige s'élargit en sphère pressée entre les parois d'un coussinet et on peut incliner cette tige en même temps que le prisme dans les limites des vis de correction. La tige est percée et le prisme est muni dans son centre d'une cavité suffisante à éclairer le champ de la lunette au moyen d'une petite lampe à incandescence placée à l'autre extrémité de l'appareil. Le bain de mercure, indépendant de l'appareil, était placé sur une colonne mobile dans le sens vertical traversant l'axe creux de l'appareil. Le modèle de 1901 ainsi que ses modifications postérieures de 1902 et 1905 étaient alors composés de deux parties concentriques mais indépendantes, l'une de l'autre. Un étui en forme de toit terminant l'axe vertical de la construction contenait soit une glace protectrice plane et parallèle soit un miroir de rectification, perpendiculaire au faisceau des rayons incidents.

Dans notre „Etude etc.“ de 1903 pages 57—61 nous avons projeté, nous basant sur les expériences acquises, les modifications de construction suivantes:

1^o Remplacer le prisme à arête horizontale par deux miroirs croisés destinés à partager le faisceau de rayons incidents non pas par un plan horizontal mais par un plan vertical, parallèle à la direction qu'ont les étoiles en se déplaçant dans le champ de la lunette.

2^o Partager, par conséquent, les rayons tombant sur l'objectif en six parties pour obtenir six images des étoiles comme dans le premier modèle de l'appareil

3^o Employer un mouvement d'horlogerie à vitesse variable pour déplacer l'appareil dans l'azimut.

4^o Régler l'intensité des images des étoiles par l'interposition d'écrans en tamis plus ou moins denses.

5^o Interposer au faisceau des rayons parallèles tombant sur l'appareil un *prisme achromatisé* à réversion avec un petit angle réfringent qui permettrait l'observation du passage d'une même étoile à trois reprises dans les hauteurs $h + \varepsilon$, h , $h - \varepsilon$.

6^o Rendre l'observation plus précise au moyen d'un *micromètre impersonnel* constitué par deux verres légèrement prismatiques, superposés et tournants dont la position relative serait enregistrée automatiquement, durant une révolution, par une série de contacts sur une bande chronographique. Les observations des instants du passage deviendraient inutiles de même que l'usage des lamelles prismatiques (mentionnées sub 2^o) et celui du prisme à réversion (mentionné sub 5^o).

Parmi ces modifications projetées nous avons réalisé les deux principales dans le modèle de 1905, savoir: 1^o la construction des miroirs croisés remplaçant le prisme et 5^o la construction du prisme à réversion qui permet la répétition du passage dans trois hauteurs différentes. Ces deux modifications ont pu, en effet, être réalisées sur le modèle de 1905 sans qu'il fût pour cela nécessaire de changer foncièrement la construction de l'appareil.

En remplaçant le prisme par des miroirs croisés, il a fallu tenir compte des dimensions de l'appareil et, comme on les voulait munis de toutes les corrections, leur support n'a pu être formé d'une manière assez simple. Ceci fut réalisé par la combinaison de trois secteurs sphériques concentriques décrits et représentés dans la „Deuxième Etude etc.“ Planche I fig. 2—4 et pages 3 et 4. Ce support causait deux sortes de légers changements de l'angle des miroirs; l'un dépendait de la température, l'autre, était probablement dû à la tension dans les pièces métalliques du support et diminuait avec le temps. Nous avons traité cette question en détail dans l'article intitulé „Changement de l'angle des miroirs“ dans la „Deuxième Etude“ p. 24—29.

Nous avons renoncé à la division en six parties par des lamelles de la surface de l'objectif (rem. 2^o). Mais nous nous en sommes tenus à la *division en quatre parties* ce qui, il est vrai, causait la réduction du nombre des instants enregistrés, mais par contre augmentait l'éclat des images. Cette réduction fut compensée par l'usage du prisme à réversion mentionné sub 5^o.

En 1906, nous fîmes emploi d'un appareil, dont le support des miroirs croisés, était fait d'un seul bloc d'acier-nickel (invar) ce que nous avons relaté antérieurement dans la „Deuxième Etude“ p. 42. L'orientation précise de chaque miroir fut réalisée mécaniquement par trois boutons sphériques contre lesquels chaque miroir était légèrement pressé par de petits ressorts. Dans cette construction d'une seule pièce, sans vis de correction et sans tension mécanique, on ne put plus constater de changement de l'angle des miroirs causé par la variation de la température. (Voir les „Publications de l'Observatoire national de Prague“ N^o 1 page 20.).

L'application du *prisme achromatisé à réversion* interposé au faisceau des rayons incidents pour tripler le nombre des observations, réussit complè-

tement. Cette modification transforma même l'aspect extérieur de l'appareil. Sa description détaillée ainsi que le dessin de l'appareil de 1905 se trouve dans la „Deuxième Etude“ 1906 Planche I, fig 1, pages 3—6.

En 1922 on nous chargea de construire le circumzénithal en tant qu'*appareil transportable* et nous avons profité de l'occasion pour en faire la reconstruction complète. Cette nouvelle construction fait l'objet de la description qui suit.

Construction de l'appareil circumzénithal de 1922.

Ce ne fut qu'en 1922, après un long intervalle causé par la Grande guerre, qu'il nous a été possible d'apporter quelques améliorations à la construction de l'appareil circumzénithal, modifications résultant d'expériences acquises pendant nos travaux avec le modèle de 1905. L'Institut géographique, auprès du Ministère de la Défense Nationale, ayant exprimé le désir d'employer l'appareil circumzénithal comme appareil transportable devant servir à de nouvelles mesures astronomiques des coordonnées des points fondamentaux du réseau de triangulation de la République tchécoslovaque, nous primes le parti d'en construire un nouveau type*).

Ainsi que nous l'avons exposé dans l'introduction ci-dessus, nous avons travaillé jusqu'alors avec un appareil stable, monté sur un pilier. Le bain de mercure était placé sur un support indépendant et autour d'un axe creux, relativement mince, tournaient une lunette avec miroirs, le prisme à réversion et le reste de la construction. Dans le nouveau modèle nous avons élargi l'axe de telle façon que son diamètre dépassât le grand bain de mercure et nous avons posé toute la partie supérieure de l'appareil sur une ceinture de billes en acier. Dans le nouvel appareil le support du bain de mercure placé au centre comme auparavant forme donc un tout. Le choix d'une lunette avec objectif de diamètre et de longueur focale plus grands, afin de faciliter l'observation d'étoiles moins lumineuses avec un grossissement de l'oculaire plus faible exigeait une construction coudée. On obtient ainsi une puissance optique plus grande avec des dimensions réduites de l'appareil.

Dans l'article „Etude sur l'appareil circumzénithal“ 1903 p. 57 etc., nous avons exposé quelles avaient été les raisons qui nous avaient décidés à remplacer le prisme par les miroirs se croisant à la hauteur de l'axe optique de la lunette. Cette disposition de miroirs a un inconvénient. Ayant résolu de conserver le prisme à réversion interposé aux rayons incidents (pour tripler le

*) Cet appareil a été construit dans les ateliers de la maison Josef & Jan Fric à Prague XII^e.

M. le prof. F. Nušl, directeur de l'Observatoire national de Prague, à la demande du Secrétaire de l'Union Géodésique et Géophysique, présenta l'appareil à Madrid au mois de septembre 1924 lors du Congrès, puis, invité par M. Bigourdan et M. le général Ferrié, il fit une conférence sur l'appareil au Bureau des Longitudes à Paris dans la séance du 22 septembre 1924.

nombre des observations) ce prisme aurait dû avoir une forme très allongée et, par conséquent, les deux faisceaux des rayons, comme dans notre modèle de 1905, auraient traversé deux différentes parties de verre avant de tomber sur les miroirs. Cette fois-ci, pour écarter cet inconvénient, nous avons placé les miroirs sur un support spécial, directement au-dessus du centre du bain de mercure, nous les avons éloignés l'un de l'autre de telle façon que les faisceaux des rayons qui tombent sur eux, traversent le centre et non pas le rebord du prisme à réversion. De cette façon, comme dans le premier modèle, c'est la partie centrale, c'est-à-dire la meilleure du grand bain de mercure qui est utilisée. Cela nous a permis de donner au prisme à réversion une forme ronde et un diamètre ne qu'un peu plus grand que celui de l'objectif et d'utiliser optiquement la surface entière dans les deux positions.

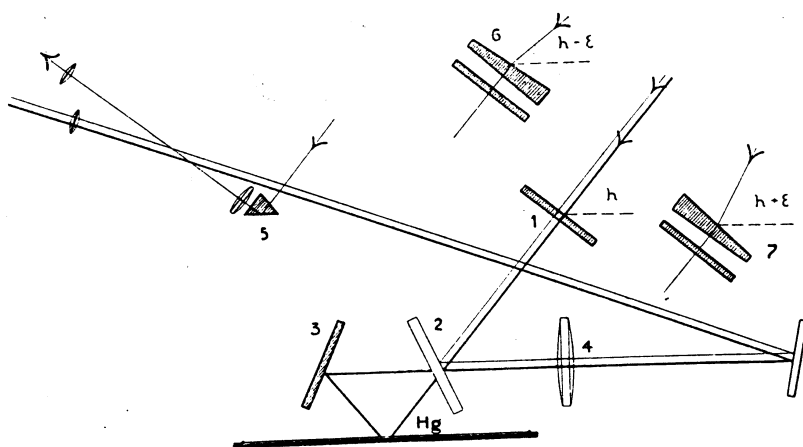


Fig. III.

Le schéma III représente la marche des rayons dans l'appareil modèle 1922 quand le prisme à réversion a été enlevé et que les rayons venant de l'étoile à la hauteur h ne traversent que la glace protectrice plane et parallèle (1). Sur le schéma, le plan du papier s'identifie avec la coupe verticale et longitudinale du système optique. Devant ce plan est placé un miroir plan (2) dont la surface supérieure argentée réfléchit directement les rayons sur l'objectif (4). Derrière ce plan se trouve un miroir plan (3) argenté sur sa partie inférieure qui reçoit les rayons réfléchis par la surface du mercure (Hg). Après s'être réfléchis sur ce miroir les rayons pénètrent en même temps dans l'objectif (4).

Imaginons que nous interposions à la marche des rayons, devant la glace protectrice (1) tout d'abord un prisme dans la position (6) puis dans la position inverse (7). Les rayons, après avoir traversé le prisme, n'entreront dans l'appareil par la voie représentée dans le schéma III qu'à la condition que les rayons de l'étoile tombent sur ce prisme dans la position (6) sous un angle $h - \epsilon$, ou sous un angle $h + \epsilon$ dans la position inverse (7); l'angle ϵ dépend de l'angle du prisme. Nous avons choisi cet angle égal à peu près à $6'$.

L'emplacement du chercheur à grande puissance lumineuse et à grand champ se voit sur le schéma III (5). Devant son objectif est fixé un prisme corrigible à réflexion rectangulaire.

Le support de l'appareil. Celui-ci repose sur trois vis calantes et porte en dessous, à son centre, une partie taraudée dans laquelle une tige à pompe placée sous le plateau du trépied peut être vissée.

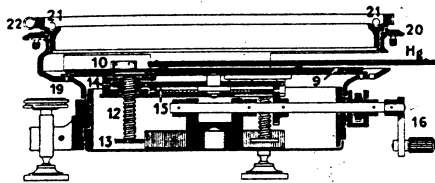


Fig. IV.

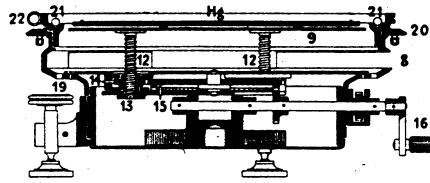


Fig. V.

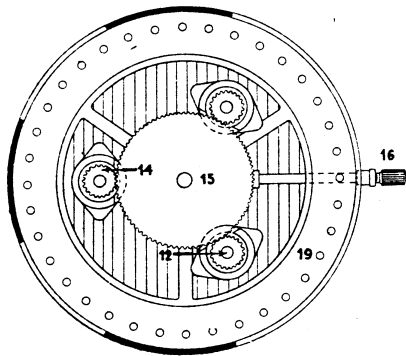


Fig. VI.

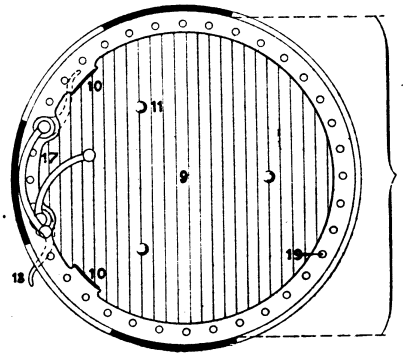


Fig. VII.

Les figures IV—VII donnent la disposition de l'ensemble. La partie inférieure a la forme d'une cuvette s'élargissant dans sa partie médiane de telle sorte que la paroi (V—VII, 8) puisse être découpée dans une largeur dépassant un peu le diamètre du bain de mercure (Hg). On pose celui-ci sur une plaque circulaire (IV—V—VII, 9). Cette plaque est pourvue de deux proéminences (IV—VII, 10) qui assurent la position centrale du bain de mercure, puis de trois petits boutons (VII, 11) sur lesquels il repose. La plaque est portée par trois vis verticales (IV—V—VI, 12) au-dessus desquelles s'élève le bain à une hauteur constante, garantie par des disques fixatifs (IV—V, 13). Les vis verticales peuvent s'élever au moyen de trois écrous dentés (IV—V—VI, 14) mûs simultanément à l'aide d'une manivelle (16) par une seule roue centrale (IV—V—VI, 15). Si le bain de mercure se trouve dans sa position inférieure (IV), on peut l'enlever au moyen de petits leviers représentés sur la fig. VII, 17. Ils sont placés à l'intérieur et on peut les mettre en mouve-

ment de l'extérieur (VII, 18). La circonférence de la paroi du support de l'appareil est percée de nombreux petits trous (IV—V—VI—VII, 19) par lesquels une brosse plate chasse les gouttelettes de mercure. Le rebord supérieur de cette partie inférieure de l'appareil porte un anneau mobile, concentrique, divisé en degrés assurant l'orientation en azimut. Ce rebord est muni, d'une part, d'une ceinture avec billes en acier (IV—V, 21) sur lesquelles tout le dessus de l'appareil repose et, d'autre part, il est muni d'une vis tangente de rappel servant à réaliser le mouvement lent dans l'azimut.

Au lieu du bain de mercure on peut mettre dans l'appareil un anneau en bois assez épais qui, étant élevé en position V, peut soulever tout le dessus de l'appareil, y compris les miroirs et la lunette, de sorte que son poids ne repose plus sur les billes mais uniquement sur l'anneau. Cette position peut être fixée par un cliquet empêchant la manivelle (16) de se détendre. Si l'appareil doit être transporté cette disposition s'impose.

Le bain de mercure est constitué par une plaque en cuivre épaisse de 4 mm et d'un diamètre dépassant 200 mm.



Fig. VIII.

Sur le pourtour de la plaque minutieusement aplanie on pratique une entaille et on reborde le pourtour à la hauteur d'un millimètre environ. Sur le fond et le rebord de la plaque on recourbe ensuite un disque en tôle d'une épaisseur d'environ 0,4 mm. Ceci a un double but: d'une part, le fond de la plaque et ses rebords sont protégés contre la formation de l'amalgame, d'autre part il reste entre la tôle et la plaque en cuivre un petit espace; il en résulte que la position du bain reposant sur trois points (VII, 11) reste élastique. Cela modère le tremblement accidentel de la surface de mercure. La tôle est enduite d'une couche de vernis. En cas de vent, la grande découpe dans le support de l'appareil peut être recouverte par un segment en bois préparé à cet effet.

Les miroirs et leur support. La plaque représentée fig. IX, 23 et reposant au cours des observations sur la ceinture de billes (IV—V, 21) porte toutes les autres parties de l'appareil dont il n'est représenté sur la dite figure, que les miroirs avec le support correspondant.

Les figures X et XI ne représentent enfin que ce dernier, vu respectivement, de côté et de haut. L'angle formé par les plans des deux miroirs est déterminé par le choix de hauteur dans laquelle on veut observer les passages des étoiles au-dessus de l'horizon; cet angle enfin détermine aussi les dispositions générales de la partie supérieure de l'appareil. Nous avons choisi cet angle égal à 50°, hauteur où, dans nos latitudes, on voit l'étoile Polaire au nord et γ Aigle au sud. Les dimensions des miroirs dépendent en premier

lieu de cet angle d'observations et encore du diamètre de l'objectif. Le support, moulé en bronze, sur lequel reposent les miroirs, chacun d'eux sur trois boutons, a la forme d'un toit où sont ménagées des ouvertures permettant à tous les rayons incidents de le traverser et de pénétrer sans obstacle dans

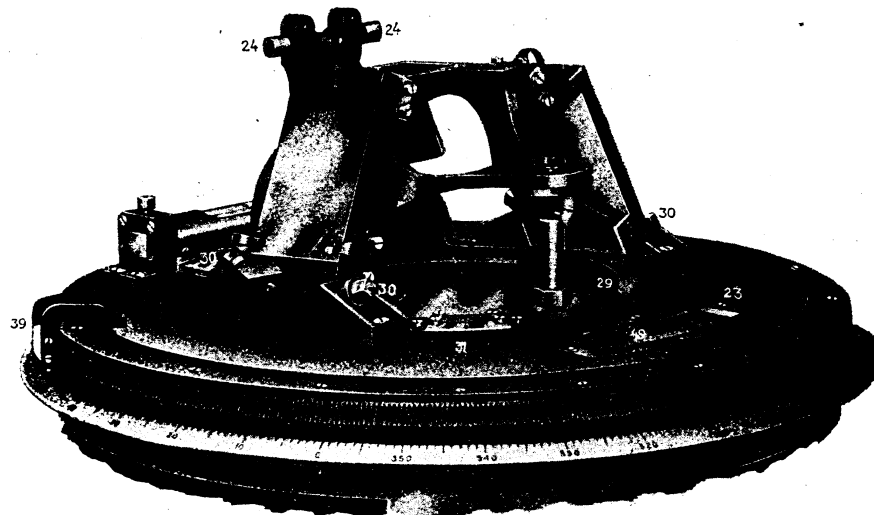


Fig. IX.

la lunette. Ce support tout entier est donc d'une seule pièce de métal y compris les boutons contre lesquels les miroirs sont légèrement appuyés.

La rectification exacte de l'appareil exige que le couple de miroirs formant un tout avec le support soit pourvu de trois sortes de corrections :

1^o une première dans le plan de la section vertical passant par l'axe optique de la lunette.

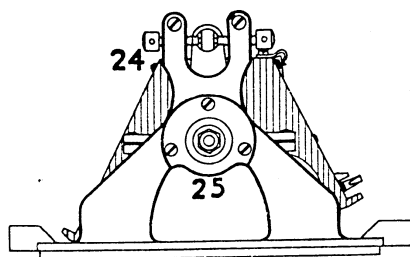


Fig. X.

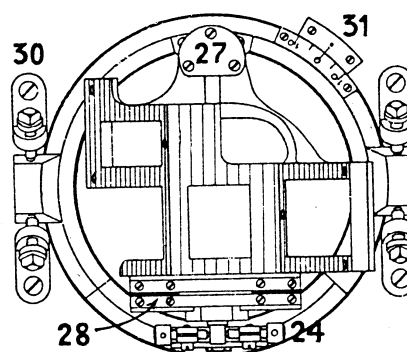


Fig. XI.

2^o une seconde dans le plan perpendiculaire à l'axe de la lunette

3^o une troisième dans l'azimut à savoir dans le plan horizontal.

Les vis qui servent à réaliser la première correction sont représentées fig. IX — X — XI, 24. Elles serrent une chevillette en acier terminant un bras qui, en même temps que le couple des miroirs bascule autour d'un axe horizontal court (25).

Pendant l'observation d'un passage, les deux images de l'étoile se déplaçant dans le champ de la lunette, en sens opposé, suivent une direction verticale. Si le moment d'une coïncidence doit être jugé avec exactitude, il faut que les images se touchent presque en se déplaçant; l'intervalle horizontal qui les sépare doit être aussi petit que possible et il faut alors que cette distance puisse être réglée, même pendant l'observation du passage, par une vis de rappel (Planche I, 26) à portée de la main de l'observateur et dont la pointe appuie contre une proéminence (IX—XI, 27) qu'un tube à ressort pousse vers la pointe. Du côté opposé, le support des miroirs est relié au bras de correction par deux lamelles d'acier courtes et minces (XI, 28). Pour qu'en outre on puisse pratiquer la troisième correction de l'ensemble du support et des miroirs dans le plan de l'azimut le support a été élargi à sa base en forme d'anneau (IX, 29) enfoncé dans la plaque IX, 23; cet anneau s'élargit, formant deux chevillettes opposées contre lesquelles viennent s'appuyer les vis de correction (IX—XI, 30). La grandeur de cette troisième correction peut être contrôlée sur une courte division (IX—XI, 31).

La lunette et le chercheur. La figure XIII montre, comment l'objectif a été placé à l'intérieur de l'appareil et, devant lui, deux lamelles en verre légèrement prismatiques (50" et 90") dont on s'était déjà servi, avec succès, dans le modèle 1901 de l'appareil circumzénithal. Elles servent à doubler les deux images de l'étoile observée dans la lunette. Ces images passent alors dans l'espace qui sépare les deux fils d'araignée verticaux du champ de la lunette, voir fig. XII.

La surface de l'objectif est divisée en quatre parallélogrammes égaux par les bords internes des lamelles prismatiques (32) et par les bords internes des deux miroirs. La ligne centrale, pointillée sur la figure XIII représente la projection de ces deux bords superposés. Cette répartition verticale a pour effet d'allonger les images des étoiles en traits courts et horizontaux.*) Chacune des lamelles est fixée dans

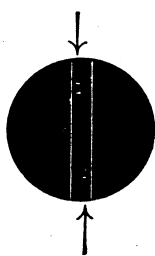


Fig. XII.

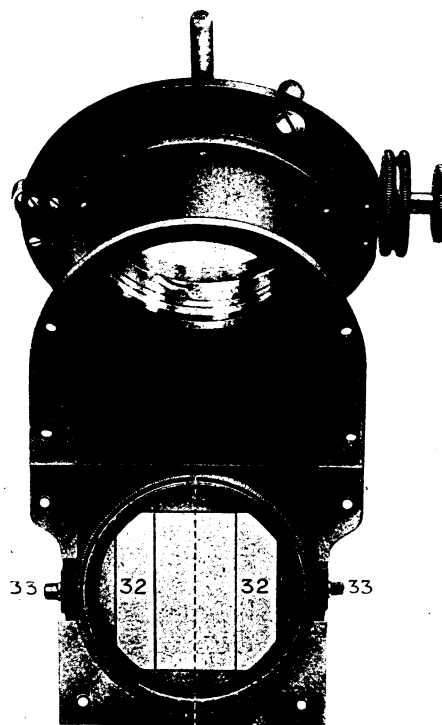


Fig. XIII.

un anneau concentrique avec l'objectif, un peu corrigible autour de son axe,

*) Bull. astron. Juillet Paris 1902 p. 8 — „Etude sur l'appareil circumzénithal“ 1903 p. 58. „Deuxième Etude etc.“ 1906 p. 5.

pour que l'arête réfringente de chacune d'elles soit amenée dans la direction horizontale et que les images doublées des étoiles se trouvent exactement l'une au-dessous de l'autre. La position trouvée, on fixe les anneaux avec leurs lamelles par des vis latérales (XIII, 33).

Un miroir circulaire et argenté, de position inclinée, est interposé à la marche des rayons entre l'objectif et l'oculaire et forme la lunette coudée. Il repose sur trois vis de correction contre lesquelles il est légèrement appuyé.

Le coulant de l'oculaire à crémaillère, représenté planche I, fut remplacé dans le dernier modèle de notre appareil par un oculaire combiné avec chercheur fig. XIV.

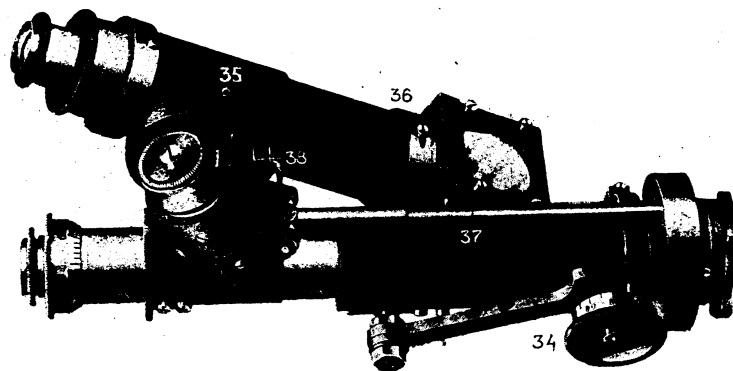


Fig. XIV.

Pour rendre la mise au point de l'image aussi précise que possible, nous avons muni le pignon d'un segment denté dans lequel engrène un second pignon à tête divisée (XIV, 34). Un chercheur bien lumineux fixé latéralement au coulant de l'oculaire, est pourvu de corrections dans deux sens: l'une dans le plan de la lunette, l'autre, attachée au prisme à réflexion, dans le sens perpendiculaire du plan. Une fois la position du chercheur trouvée, on la fixe par des vis XIV, 35 et 36.

Éclairage du champ et du cercle divisé. La tige XIV, 37 et agrafe 38 amènent le courant jusqu'à une lampe à incandescence qui sert à éclairer les fils d'araignée dans le champ de la lunette et du chercheur. Ceux-ci ne servent pas, bien entendu, à faire des mesures, mais uniquement à limiter la partie centrale du champ où l'observation des passages doit avoir lieu.

C'est la figure XV qui montre comment l'éclairage du champ a été résolu. Dans le coulant de l'oculaire on a placé un tube de verre touchant presque le diaphragme portant les fils. La moitié de celui-ci est dépoli à sa surface extérieure. Cette partie reçoit par un trou latéral la lumière d'une lampe. Ceci

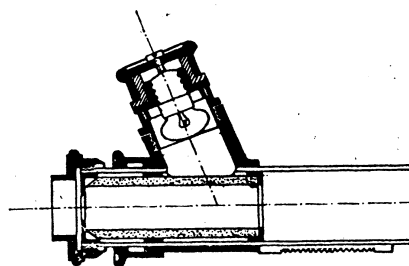


Fig. XV.

suffit pour que le tube de verre paraisse éclairé tout autour dans toute l'épaisseur de sa paroi, noircie à l'intérieur. Cette lumière est ensuite obliquement réfléchi sur le diaphragme, par le rebord poli et conique du tube. Le choix de cette disposition est avantageux en ce que les fils tendus dans le champ sont éclairés d'une façon uniforme quelle que soit leur direction. Une petite lampe à incandescence placée entre la lunette et le chercheur suffit à éclairer en même temps les fils des deux oculaires.

Le courant qui alimente la lampe est fourni par une pile de poche de dimensions habituelles placée dans un étui solidaire à l'appareil. Le même courant sert à alimenter une seconde petite lampe qui éclaire l'index du cercle azimutal (IX, 39). Dans les deux cas on interpose au conduit une résistance correspondante (Pl. I, 40).

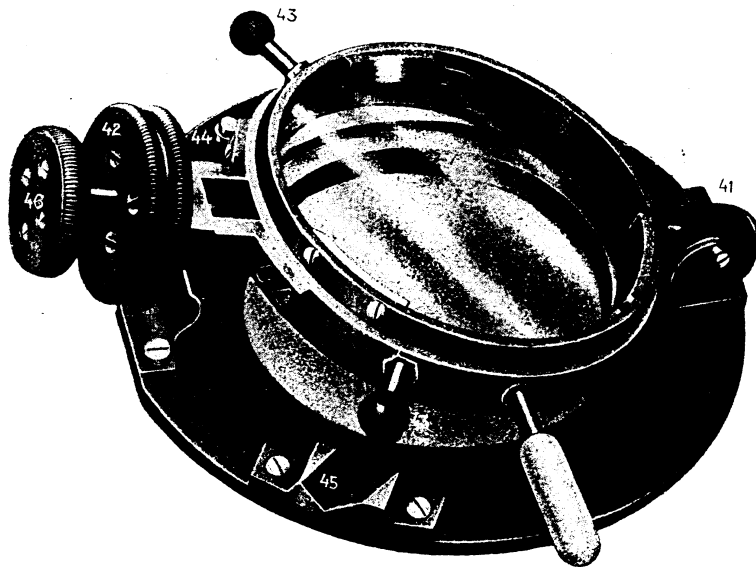


Fig. XVI.

Prisme à réversion. Pour augmenter le nombre des instants de coïncidence pendant le passage de chaque étoile, nous interposons aux rayons parallèles, avant qu'il ne tombent sur les miroirs, un prisme achromatisé causant une déviation de 6'. Ainsi que nous l'avons mentionné dans l'introduction du présent article, nous avons déjà fait emploi d'un prisme à réversion, dans le modèle 1905 de l'appareil circumzénithal. Ce prisme a maintenant la forme d'un disque dont le diamètre dépasse un peu celui de l'objectif de la lunette. Le barillet métallique du prisme est porté par un bras court, terminé par une bille d'acier qu'un ressort presse contre son coussinet (XVI, 41). Du côté opposé le barillet avec le prisme est muni d'un bouton (42) qui permet de le manoeuvrer aisément.

Il est indispensable qu'à chaque observation le prisme ait la même position bien déterminée; c'est pourquoi deux billes d'acier distantes de 120° (XVI, 43) ont été jointes au barillet; l'une vient s'appuyer sur une petite

surface plane (44), l'autre vient buter contre les parois d'une crapaudine (45). Si nous retournons le prisme, ces deux billes échangent leurs places. Sur le pourtour élargi du support une lamelle d'acier recourbée a été fixée et une vis de fixation (46) s'y appuie assurant ainsi la position exacte du prisme.

Pour éviter toute erreur dans la position du prisme, un manche en ivoire a été fixé sur le barillet dans la direction de l'angle réfringent. La direction de ce manche tourné vers le haut ou vers le bas indique à l'observateur, qui, en général, se trouve dans l'obscurité, si le prisme élève ou diminue la hauteur de l'étoile.

Si on emploie notre nouveau *micromètre impersonnel* il faut le mettre à la place du prisme à réversion.

La rectification de l'appareil. Renvoyant à la I. partie de notre Troisième étude (N^o 1 de ces Publications) pages 10—12., pour ce qui concerne la théorie de ce procédé, nous faisons suivre la description de son mode d'exécution.

Avant de procéder à la rectification de l'appareil il faut donner une position juste au miroir oblique de la lunette coudée. Nous couvrons l'ouverture par laquelle les rayons lumineux pénètrent dans l'appareil et nous enlevons l'oculaire. Ensuite nous plaçons entre l'oeil et l'extrémité oculaire de la lunette un petit miroir auxiliaire, muni d'un petit trou circulaire. Ce petit miroir convenablement incliné et éclairé projette un faisceau lumineux à l'intérieur du tube; en regardant par le petit trou du miroir nous apercevons alors à l'intérieur du tube obscur une série de disques lumineux de différentes grandeurs et de positions différentes. Ces disques sont les images du diaphragme de l'oculaire (éclairé extérieurement par le petit miroir), elles sont dues aux réflexions sur les différentes surfaces sphériques de l'objectif. Ces disques doivent être en coïncidence, si le miroir oblique de la lunette coudée est dans une position juste. Il est clair qu'en actionnant les trois vis de réglage de ce miroir on parvient à le régler sans difficulté.

Ensuite on peut procéder à la *première rectification* de l'appareil. On installe celui-ci horizontalement à l'aide de niveau (Pl. I, 47) comme pour une observation, on prépare le bain de mercure et on le monte dans sa position normale. Laissons maintenant pénétrer la lumière dans la lunette par l'extrémité oculaire et observons, du côté de l'objectif, d'abord sans oculaire, puis avec une lunette à faible grossissement, celle-ci calée d'avance à l'infini. Nous verrons alors deux images circulaires du champ éclairé, images qu'il faut mettre en coïncidence à l'aide d'une vis micrométrique (Pl. I, 26) dans la direction transversale et, à l'aide de deux vis de correction (IX—X—XI, 24) dans la direction verticale. De cette façon les deux miroirs de l'intérieur de l'appareil sont amenés à des positions symétriques par rapport au bain de mercure et la ligne d'intersection de leurs plans se trouve être horizontale.

La *seconde rectification*, plus précise, sera effectuée à l'aide d'un collimateur auxiliaire, placé, l'objectif en bas, dans l'angle et au milieu du faisceau des rayons incidents. On voit cette disposition, dont nous nous servons, représentée fig. XVII.

La lunette, ayant une forme coudée, se compose d'un objectif de 50 *mm* de diamètre, d'un miroir plan et argenté et porte auprès de l'objectif, à quelques centimètres au-delà du plan focal une petite lampe à incandescence.

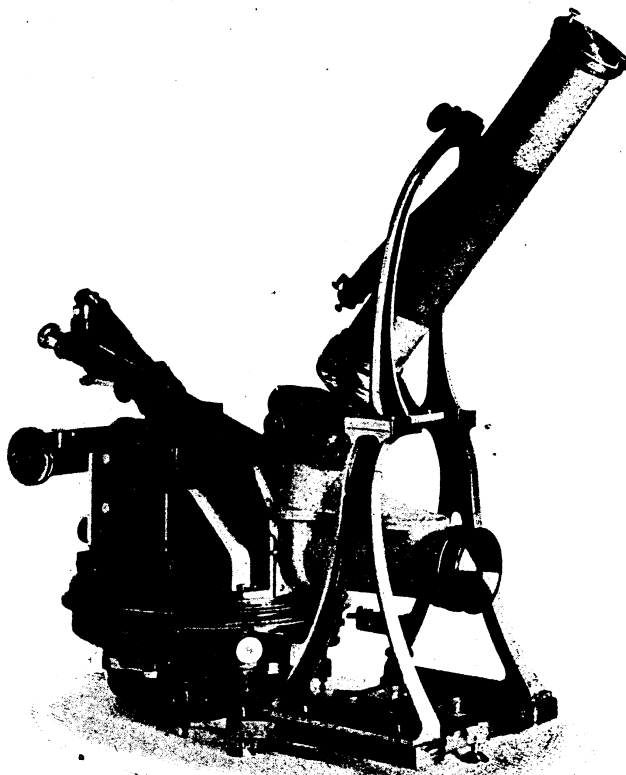


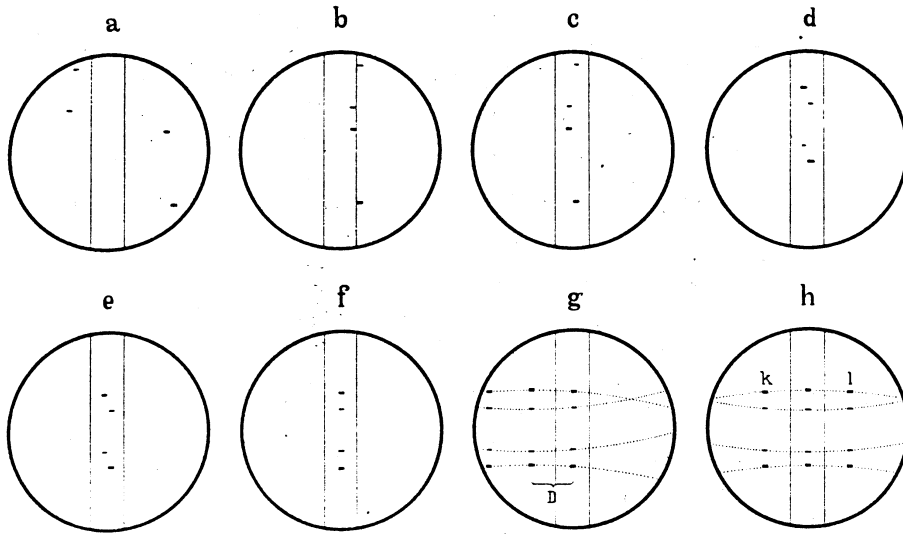
Fig. XVII.

Celle-ci éclaire un petit trou circulaire fait dans un écran, placé dans le plan focal de l'objectif. Ce trou représente ainsi une étoile artificielle. L'inclinaison de la lunette, par rapport au centre de l'objectif, peut être réglée par une vis de calage placée en haut à l'extrémité supérieure du support, près de l'autre extrémité du tube. Le support de la lunette est muni d'un niveau circulaire et de deux vis de calage puis, d'une paire de vis auxiliaires d'appui qui facilitent l'orientation rapide de cet aide-appareil par rapport au circumzénithal.

Cette mire, observée dans l'oculaire du circumzénithal nous donne deux paires d'images que nous ramenons d'abord au champ de l'appareil.

Supposons ces images être dans une position analogue à celle représentée par la figure *a*. Il faut alors d'abord amener l'une des paires au-dessus de l'autre, dans la position *b* en actionnant la vis micrométrique (Pl. I, 26). Un petit déplacement de l'appareil en azimut, effectué à l'aide de la vis tangente mettra les images au milieu du champ, entre les deux fils verticaux,

dans la position *c*, et une petite variation de la hauteur de l'étoile artificielle, faite par un petit changement de l'inclinaison du collimateur amènera enfin les deux paires d'images de façon à ce que l'une se trouve entre l'autre



comme le montre la figure *d*. Puis, comme le représente la fig. *e*, nous amènerons le groupe d'images au milieu du champ à l'aide des vis (24). Enfin, en corrigeant la position des lamelles prismatiques (XIII, 33) à l'aide de vis (XIII, 34), nous rangerons symétriquement les quatre images sur une ligne verticale. Nous appelons cette position une „coïncidence centrale“.

On peut alors entreprendre la *dernière correction*. Si nous tournons l'appareil en azimut, les deux paires d'images décrivent, dans le champ de l'oculaire, deux cercles dont les rayons de courbure sont égaux mais de signes opposés, comme le représentent les figures *g* et *h*. Pour faciliter l'explication, ces cercles, dont les parties visibles dans le champ de l'oculaire ne diffèrent pas beaucoup des lignes droites, ont été dessinés avec une forte courbure.

L'œil étant très sensible aux petits changements dans les positions relatives des points lumineux, nous pouvons observer, en tournant l'appareil en azimut, que la culmination (supérieure ou inférieure) de nos images, amenées en coïncidence au milieu du champ, a lieu, en général, en dehors de ce milieu. On en trouve le dessin dans la fig. *g*, où *D* représente, en valeur angulaire, le décalage en azimut du support des deux miroirs principaux de l'appareil (fig. IX.). Pour écarter ce décalage, nous nous servons de quatre vis de correction (IX—XI, 30); le segment divisé (31) indique la valeur de correction. Nous répétons alors plusieurs fois les mouvements en azimut et nous corrigeons la position du support jusqu'à ce que la culmination des images ait lieu au milieu du champ entre les fils de l'oculaire. La rectification complète est ainsi terminée.

Une simple expérience nous montre encore le degré d'exactitude de nos opérations et peut servir, au besoin, à améliorer la rectification. Déplaçons l'appareil en azimut, amenons ainsi le groupe d'images vers un bord du champ de l'oculaire (en k) et, en touchant la vis de calage du collimateur, formons une coïncidence centrale des plus parfaites. En amenant le groupe par un mouvement en azimut vers le bord opposé du champ (en l), ce groupe d'images doit de nouveau former une coïncidence centrale à la même distance de ce bord. Si nous trouvons une différence, nous la ferons disparaître en nous servant encore une fois des vis de correction (30).

Préparation du bain de mercure. La surface de la cuvette en cuivre, soigneusement polie avec de la toile à l'émeri, doit être recouverte d'une couche uniforme d'amalgame. Il faut prendre toutes les précautions possibles afin que la surface soit exempte de toute impureté. Pour la laver, on emploie de l'acide chlorhydrique dilué. Comme tout contact des doigts ou de quelque objet tranchant dont la propreté est douteuse doit être évité nous faisons usage pour le lavage d'un peu d'ouate enroulée à l'extrémité d'une tige de verre. Après un lavage à l'eau répété on enduisait la surface du disque d'amalgame en y versant goutte à goutte du mercure et en frottant avec de l'ouate jusqu'à ce que le mercure adhère parfaitement à chacun des points de la surface du disque. Après avoir passer un courant d'eau sur le disque on le pose horizontalement, on le recouvre d'une couche assez épaisse de mercure et on le laisse en repos pendant plusieurs heures. S'il était resté de l'eau sur le mercure elle disparaît par évaporation.

Le bain employé par nous est très peu profond. Son diamètre égalant 200 mm, si donc on répand sur le bain de 10 à 16 cm³ de mercure, l'épaisseur de la couche n'est que de 0,3 à 0,4 mm. Il est vrai qu'une aussi mince couche maintient le niveau du mercure très calme mais, il est nécessaire de nous préoccuper non seulement de la pureté de la surface, mais encore de la position bien horizontale du disque. Pour cela il faut déjà d'avance donner aux boutons (VII, 11) sur lesquels le bain repose, une juste hauteur. Le mercure forme alors une couche uniforme, l'appareil ayant été calé d'après le niveau d'orientation (Pl. I, 47).

La cuvette du bain nettoyée et, sans mercure, est mise dans l'appareil. On la glisse d'abord dans l'ouverture comme un tiroir en en laissant dépasser une partie (Pl. I. Hg.); on y verse alors la quantité de mercure pur mesurée et on pousse le bain jusqu'à ce qu'il heurte contre les proéminences (IV—VII, 10); on l'élève au moyen de la manivelle (16). Pour que, avant et pendant l'observation, on puisse s'assurer de la parfaite surface du mercure, l'appareil est pourvu de quatre ouvertures vitrées, opposées, deux plus grandes (Pl. I, 48), deux plus petites (Pl. I — fig. IX, 49). Si nous tournons l'appareil d'un tour complet, toute la surface du mercure est visible dans son centre aussi bien qu'à sa périphérie sans que, pour cela, la position de l'appareil, préparé pour l'observation, en soit changée. L'observation finie et le mercure enlevé, on retournera la surface amalgamée de la cuvette contre une plaque de verre

afin d'empêcher son oxydation. Le fond de l'étui, où l'on enferme le bain de mercure pour le transporter, est de même recouvert d'une plaque de verre.

Pour les manipulations avec du mercure il est avantageux de se servir de cuvettes plates en tôle émaillée employées dans la photographie, formats 13×18 et 24×30 cm. S'il s'agit d'écarter par un courant de mercure la surface oxydée de la cuvette amalgamée, il est bon d'employer un support (XVIII) ayant un grand bouton au milieu. Ce support est en outre pourvu de trois vis calantes sur lesquelles on peut le faire reposer pour obtenir une position horizontale.

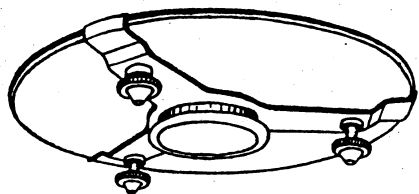


Fig. XVIII.

Pour filtrer le mercure, on a recours à un appareil cylindrique fermé, dont la coupe est représentée fig. XIX. Il est entièrement en tôle. L'entonnoir supérieur pouvant contenir 2,5 Kg de mercure se prolonge en un tube, long d'environ 25 cm, dont le bas est fermé par un écrou de fer. Celui-ci renferme un morceau de peau de daim. Le mercure traverse la peau en menues gouttelettes recueillies dans un verre.

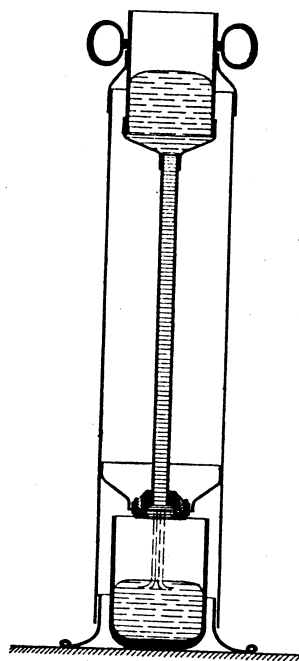


Fig. XIX.

Pour conserver une plus grande quantité de mercure, nous faisons usage de flacons de fer à soudure autogène contenant 200 cm^3 et ayant une cape taraudée à fermeture hermétique.