

L'ASTROLABE IMPERSONNEL MODÈLE O. P. L.

Par M. André DANJON.

SOMMAIRE. — Description du nouvel instrument. Dimensions. Le prisme biréfringent a été modifié, ainsi que le mécanisme d'entraînement du micromètre. Atténuation des effets thermiques. Modification du pavillon. Importance des propriétés optiques et mécaniques réelles des instruments de position. Remerciements.

ABSTRACT. — Description of the new instrument. Dimensions. The doubly-refracting prism has been modified, as also the driving mechanism. Lessening of the effects due to temperature changes. Improvement of the pavilion. Importance of the real optical and mechanical properties of positional instruments. Acknowledgments.

ZUSAMMENFASSUNG. — Beschreibung des neuen Instrumentes. Ausmasse. Das doppelbrechende Prisma wurde abgeändert, ebenso wie das Antriebwerk des Mikrometers. Verminderung der Wärmeinflüsse. Veränderung der Beobachtungshütte. Wichtigkeit der wirklichen optischen und mechanischen Eigenschaften der Positionsinstrumente. Dank.

РЕЗЮМЕ. — Описание нового инструмента. Размеры. Призма двойного лучепреломления и движущий механизм микрометра были изменены. Уменьшение влияния тепловых воздействий. Изменение устройства павильона. Значение оптических и механических свойств астрометрических инструментов. Благодарности.

Le principe de l'astrolabe impersonnel et sa disposition générale ont été exposés en détail en 1955⁽¹⁾. L'astrolabe de 6 cm d'ouverture construit dans les ateliers de l'Observatoire et qui avait servi d'appareil d'expérience jusqu'au mois d'octobre 1953, a été régulièrement utilisé, sans

(¹) A. DANJON, *L'Astrolabe impersonnel de l'Observatoire de Paris* (*Bull. Astron.*, 18, 1955, p. 251-281). Cet article est désigné dans la suite par I.

aucune interruption, depuis cette date jusqu'aux derniers jours de l'année 1957. Après 51 mois de service au cours desquels plus de 25 000 passages ont été enregistrés, il a été démonté et trouvé en parfait état, à l'exception du moteur d'entraînement dont le remplacement était devenu nécessaire.

La construction en série d'un instrument définitif avait été demandée en 1954 à la Société Optique et Précision de Levallois. Le premier exemplaire du nouveau modèle fut installé à l'Observatoire de Paris au début du mois d'avril 1956 et les observations commencèrent aussitôt. Ainsi qu'on l'exposera plus longuement dans la suite de cet article, la ventilation du pavillon abritant l'instrument se montra insuffisante, la turbulence de l'air au niveau de la trémie d'observation provoquant une agitation nuisible des images stellaires. La tourelle tournante fut alors remplacée par un toit roulant découvrant entièrement l'astrolabe. L'instrument lui-même subit quelques modifications de détail suggérées par l'expérience.

Dès le début du mois de juillet 1956, on put organiser des observations régulières, avec le concours de MM. L. Arbey et B. Guinot, de M^{lles} Débarbat et Libralon, et, temporairement, de M. Billaud, de l'Observatoire d'Alger, ainsi que de plusieurs stagiaires français ou étrangers. A la fin du mois de janvier 1958, on disposait déjà de 12 000 passages, dont la discussion fera l'objet d'une publication de M. B. Guinot, le présent article ayant pour seul objet la description de l'instrument.

1. **Optique.** — L'astrolabe O. P. L. (*fig. 1*) est de plus grandes dimensions que le modèle original, l'ouverture de l'objectif ayant été portée de 6 à 10 cm, et sa distance focale, de 70 à 100 cm. Pour utiliser au mieux la surface de l'objectif et pour améliorer la forme des images de diffraction, les pupilles d'entrée ne sont pas des rectangles, mais des lunules dont l'axe vertical mesure 48 mm (*voir* I, p. 263 et *fig. 8*). L'éclairement au centre de l'une des images stellaires étant 1, l'isophote 0,5 est un ovale dont les axes mesurent respectivement 2",5 (axe vertical) et 1",5. Le prisme a pour base un triangle équilatéral de 10 cm de côté, mais on a pu réduire la longueur de ses arêtes à 8 cm sans empiéter sur les lunules.

L'objectif est un aplanat Couder dont les verres ont été soigneusement recuits, ainsi du reste que la matière du prisme. Les deux miroirs plans interposés entre l'objectif et le micromètre sont en silice fondue aluminée.

Le grandissement du véhicule placé à la suite du micromètre est de 3,5. Ce véhicule comprend deux lentilles achromatiques entre lesquelles les faisceaux sont parallèles. On a placé le prisme de renvoi à la suite du véhicule, et non entre ses verres comme dans le modèle primitif, afin de faciliter le réglage optique de l'instrument.

L'oculaire orthoscopique, de 20 mm de distance focale, fournit un

grossissement de 175, avec un champ de 11', suffisant pour observer à 30° du zénith les étoiles passant à plus de 7° du méridien, au Nord, et à plus de 20° au Sud, sous la latitude de Paris.

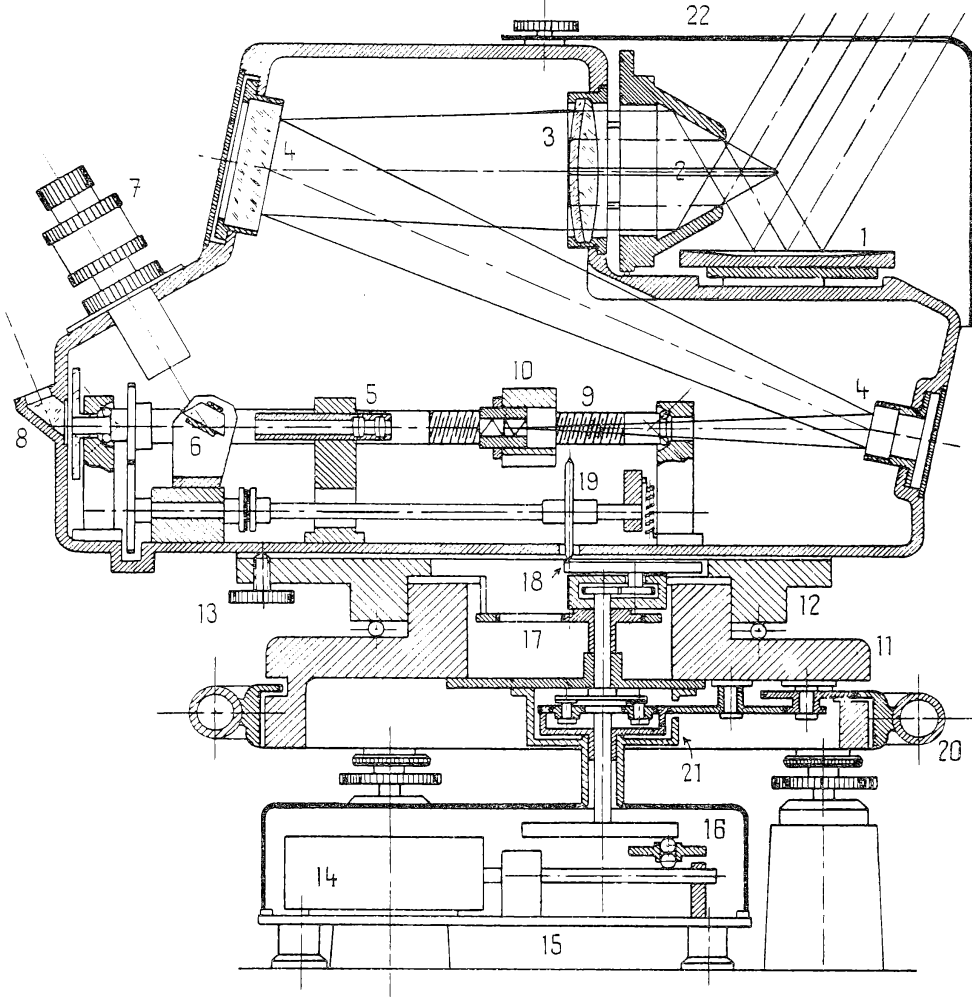


Fig. 1. — Coupe de l'astrolabe O. P. L. Cette figure montre la disposition générale des divers mécanismes, mais chacun d'eux n'est représenté que d'une manière schématique. La figure serait illisible si elle les représentait avec toute leur complexité.

1, bain de mercure; 2, prisme; 3, objectif; 4, miroirs plans; 5, véhicule; 6, prisme de renvoi; 7, oculaire; 8, prisme de lecture du tambour; 9, vis micrométrique; 10, chariot et prisme biréfringent; 11, cloche; 12, plate-forme tournante; 13, vis de réglage en hauteur; 14, moteur; 15, réducteur de vitesse; 16, premier variateur; 17, engrenage de La Hire; 18, plateau du second variateur; 19, galet du second variateur; 20, volant du correcteur différentiel; 21, correcteur différentiel; 22, capot.

Toutes les surfaces optiques non aluminées ont reçu un revêtement anti-reflets, à l'exception de celles du grand prisme et du prisme biré-

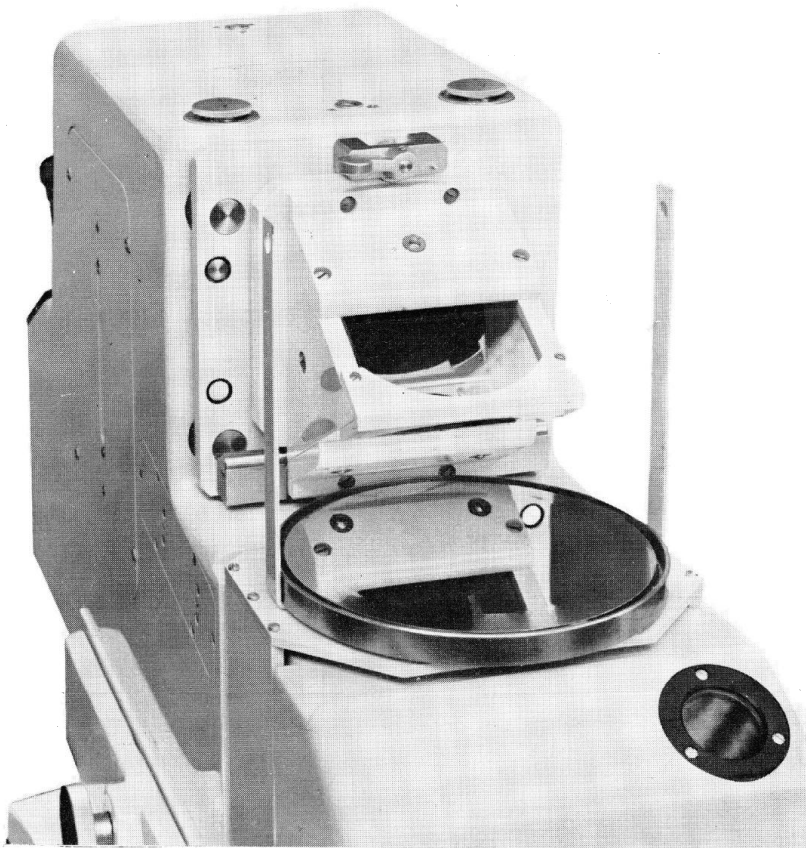


Planche II. — Prisme et bain de mercure de l'Astrolabe O. P. L.
Le capot a été retiré. En bas, à droite, l'objectif du chercheur.

fringent. Grâce à la luminosité de l'instrument, on peut pointer avec une bonne précision toutes les étoiles jusqu'à la magnitude 6,0. Cette limite eût été reculée de quelques dixièmes si l'on avait conservé le grossissement de 125 adopté pour le modèle original, mais, de l'avis des observateurs, il valait mieux laisser aux images stellaires vues dans l'oculaire les dimensions angulaires auxquelles ils étaient habitués et qui leur paraissaient bonnes, quitte à sacrifier quelques-unes des étoiles fondamentales.

Le même oculaire sert à l'observation des étoiles et à la détermination de v_0 par autocollimation sur un miroir plan auxiliaire : il suffit de passer de l'éclairage faible à l'éclairage intense par le jeu d'un interrupteur. Quant à la substitution du miroir au prisme, elle ne cause aucune perte de temps et n'exige aucun tâtonnement, la monture de chacune de ces pièces optiques portant à sa partie inférieure une broche cylindrique horizontale qu'un système de blocage à excentrique maintient dans deux logements en forme de V ; la remise en place est ainsi assurée avec une très bonne précision (*pl.* II).

L'astrolabe O. P. L. possède un chercheur indépendant dont le champ a un diamètre de $2^{\circ}30'$ et qui donne un grossissement de 15.

2. Le micromètre. — Dans un micromètre astronomique du type classique, le diamètre de la vis est de quelques millimètres, et son pas, de quelques dixièmes de millimètre. Le micromètre de l'astrolabe possède des caractéristiques bien différentes.

Le diamètre de la vis pris sur les filets est de 25 mm, et son pas atteint 5 mm, le creux du filet ayant pour section un triangle équilatéral de 2,5 mm de côté (*pl.* III). Le chariot est entraîné par l'intermédiaire d'un galet à jante triangulaire de 20 mm de diamètre, qu'un galet antagoniste presse contre les flancs du filet. Ce chariot, dont la course est de 13 cm, est guidé le long d'une tige cylindrique de 20 mm de diamètre par quatre galets de 16 mm, avec deux galets antagonistes poussés par des ressorts. Cet assemblage, dépourvu de jeu, ne comporte que des frottements de roulement, aussi la résistance qu'il oppose au mécanisme d'entraînement est-elle bien inférieure à celle du système vis-écrou.

Un tour de la vis vaut $25'',85$. A Paris, dans l'azimut Z, la durée de sa révolution est $2^{\text{s}},611/\sin Z$. Le chronographe imprimant enregistre les temps à un millième de seconde près, cette précision ayant été reconnue nécessaire si l'on tient à bénéficier pleinement des qualités mécaniques et optiques de l'astrolabe O. P. L. ⁽²⁾. Ce chronographe, d'un type nou-

⁽²⁾ Dans les meilleures conditions atmosphériques, l'écart-type en distance zénithale s'abaisse, pour une étoile, à $0'',10$, ce qui correspond à $0^{\text{s}},010$ sur le temps, à Paris et dans le premier vertical. L'enregistrement des passages et celui de l'horloge à quartz doivent donc être faits à une milliseconde près. D'autre part, si l'on veut se servir des

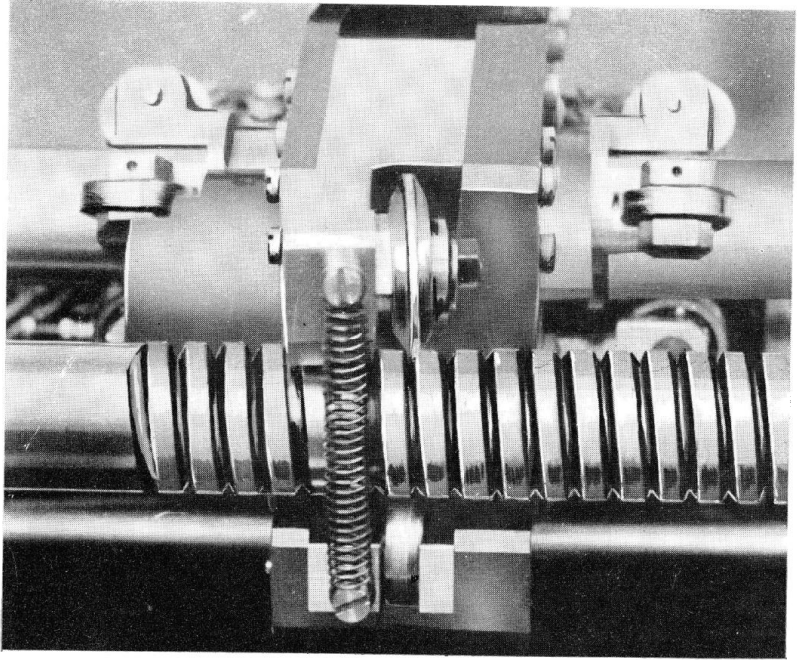


Planche III. — Vis micrométrique, galet et chariot de l'Astrolabe O. P. L. n° 1. Sur les autres appareils de la même série, les galets de guidage (au second plan) sont deux fois plus écartés.

veau, a été construit par les Établissements Édouard Belin pour les opérations de l'Année Géophysique Internationale. Il est relié à l'astrolabe par deux circuits différents. Dans le cas des étoiles qui passent, à Paris, à plus de 15° du méridien au Nord, et à plus de 35° au Sud, le circuit est fermé et ouvert une fois par tour par un disque à contacts, un distributeur limitant l'enregistrement à 12 tours. Dans le premier vertical, l'observation dure 26 s (I, p. 267-268). En en augmentant la durée, on a sensiblement amélioré la détermination du temps. Un second disque, utilisé pour l'observation des étoiles circumméridiennes, donne quatre inscriptions par tour, mais sur six tours seulement, le nombre total des inscriptions étant encore de 24. Les disques ont 56 mm de diamètre et le contact est pris par des frotteurs sur leur surface cylindrique dont la vitesse de déplacement est de $67 \sin Z$ mm/s.

3. **Le prisme biréfringent.** — Le prisme biréfringent dont le micromètre avait été muni lors d'un premier montage était le wollaston double symétrique dont la description a été donnée antérieurement (I, p. 259 et *fig. 5*, pour la disposition des axes). Au cours du réglage, on s'aperçut que les deux images polarisées d'un même fil, vues par autocollimation, étaient situées dans des plans distants de 0,3 mm environ. Eu égard à la hauteur des pupilles d'entrée, cet écart reste contenu dans des limites tolérables de mise au point ⁽³⁾ mais on sait, d'autre part, que, si l'ouverture de l'objectif est grande, une faible erreur de mise au point se traduit par une coloration au centre de l'image, rouge lorsque la pseudo-image est intrafocale, verte lorsqu'elle est extrafocale. En effet, l'oculaire étant mis au point sur un plan intermédiaire, l'une des images du fil paraissait rose, l'autre verte.

Les images données par l'appareil original ne présentant pas ce défaut, on peut légitimement admettre qu'il s'était trouvé éliminé par compensation au cours du réglage optique conduit empiriquement par M. Texereau; mais pour le réglage en usine, il fallait trouver un mode de compensation par construction, d'une application facile et n'exigeant ni tâtonnements ni modification des montures déjà réalisées en série.

Des essais de laboratoire me conduisirent aux constatations suivantes. Un wollaston double symétrique du type déjà utilisé et que j'appellerai *normal* (*fig. 2*, en haut), de 31 mm de longueur avec un angle de coupe de 50° , placé au foyer d'un faisceau homocentrique, donne deux images

écarts $o - c$ pour déterminer les constantes fondamentales et les corrections du catalogue, la précession et la réduction au jour doivent être calculées avec une précision au moins égale à celle des enregistrements. Je tiens à remercier ici le Docteur Fricke, de l'Astronomisches Rechen Institut de Heidelberg, qui fait établir pour nous des éphémérides spéciales.

⁽³⁾ A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et Télescopes*, Paris, 1935, p. 101. Voir aussi p. 495.

polarisées du point lumineux. Celle dont la vibration est contenue dans le plan de dédoublement (plan de la figure) est stigmatique quelle que soit la distance h de l'axe du faisceau à la face latérale AC du biréfringent. La seconde image, polarisée dans une direction normale au plan de dédoublement, est affectée d'un astigmatisme variable avec h , et qui s'annule lorsque h est environ le tiers de la hauteur AB de la face d'entrée. Dans cette position particulière du faisceau, elle est donc stigmatique, comme la première image, mais elle est plus proche de l'objectif d'environ 0,16 mm.

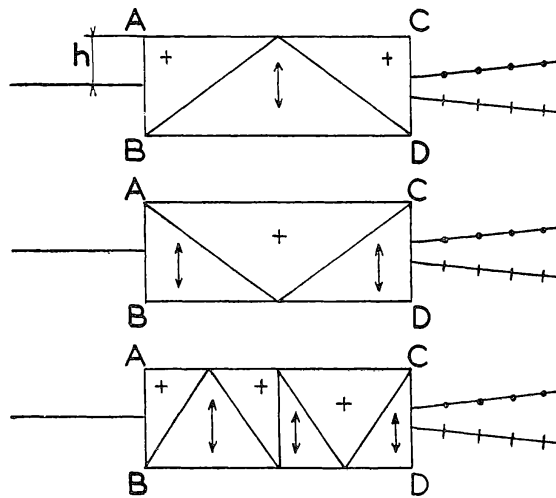


Fig. 2.

L'écart change de sens si l'on emploie un wollaston double *inversé*, dont les axes sont à angle droit de la position que j'appelle normale (*fig. 2*, au milieu), mais les deux images sont alors affectées d'astigmatisme quelle que soit la valeur de h . Ce défaut, nettement perceptible lorsque l'ouverture du faisceau atteint $f/8$, est moins sensible avec un objectif diaphragmé comme celui de l'astrolabe; dans ce cas les cercles de moindre aberration se distinguent difficilement d'images stigmatiques, mais on ne peut pas les voir au point simultanément.

Ceci dit, remplaçons le wollaston double normal, utilisé dans l'appareil original, par deux wollastons de longueur moitié, l'un normal, l'autre inversé, placés à la suite l'un de l'autre de telle manière que leurs dédoublements angulaires s'ajoutent (*fig. 2*, en bas) : les deux images se forment maintenant dans un même plan. L'expérience montre que le faible résidu d'astigmatisme dont elles sont affectées est d'autant moins apparent que le faisceau lumineux traverse le prisme plus près de sa face latérale BD. Du reste, comme il n'apparaît aucune aberration dissymétrique du genre coma et que les images ne se distinguent plus par leur coloration, les pointés par autocollimation sont pratiquement affranchis d'erreurs systématiques. Quant aux images d'étoiles artificielles observées dans

l'atmosphère calme du laboratoire, un œil exercé n'y distingue pas d'anomalies autres que les légers défauts dus aux imperfections dont les surfaces optiques les mieux exécutées ne sont jamais tout à fait exemptes. Cependant, une agitation modérée, d'origine atmosphérique, y fait reparaître des traces perceptibles d'astigmatisme.

A la suite de ces expériences, les astrolabes du type O. P. L. ont été munis de tels wollastons quadruples, composés de six parties assemblées trois par trois par collage, de 33 mm de longueur totale, avec un angle de coupe de $34^{\circ},6$. Si l'on se reporte à la figure 2, en bas, on peut se représenter la marche des faisceaux dans l'astrolabe en supposant que la lumière vient de la droite et pénètre par la face CD, les axes des faisceaux, d'abord convergents, étant parallèles à la sortie.

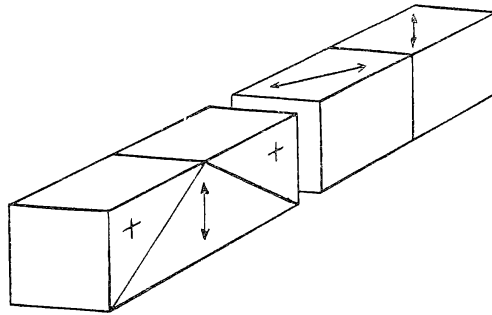


Fig. 3.

Plus récemment, une autre série d'expériences m'a fait connaître un compensateur d'un autre type, qui fournit des images stigmatiques situées dans un même plan lorsque le faisceau incident passe au centre de la face d'entrée. Le biréfringent proprement dit est un wollaston double normal (*fig. 3*) qu'on fait précéder, dans le cas d'un faisceau homocentrique, ou suivre dans le cas de l'astrolabe, de deux lames de quartz taillées à 45° de l'axe du cristal, et dont l'une a été retournée par rapport à l'autre. L'épaisseur totale du compensateur constitué par ces deux lames est pratiquement égale à celle du wollaston. Cet ensemble, placé au foyer d'un faisceau homocentrique d'ouverture $1/8$, donne deux images du point lumineux pratiquement indiscernables. Ceci doit s'entendre, non seulement des images focales, mais encore des pseudo-images extra ou intrafocales, dont on connaît la sensibilité aux aberrations.

Cette solution, qui paraît supérieure à la précédente, a l'inconvénient d'écartier davantage le plan-image de l'objectif, mais comme on peut diminuer d'un tiers au moins les dimensions actuelles du biréfringent et par suite celles du compensateur, sans réduire la course utile du micromètre, la nouvelle combinaison n'exigera aucune transformation de la monture. L'essai en sera fait prochainement sur l'astrolabe O. P. L. de l'Observatoire de Paris.

4. **Lunette et mécanismes d'entraînement.** — La caisse de la lunette, ainsi que la plate-forme qui la supporte et son bâti en forme de cloche ont la même disposition générale que dans le modèle original. Pour les motifs qu'on a exposés en 1955 (I, p. 279) et sur lesquels on reviendra plus loin, ces diverses pièces ont été exécutées en fonte et non plus en aluminium. Comme, d'autre part, toutes les dimensions de l'instrument ont été accrues, son poids atteint 175 kg.

On a conservé, en les améliorant dans le détail, les organes de réglage du prisme décrits antérieurement, ainsi que la vis qui sert à pointer la lunette en hauteur, et les commandes de fixation et de rappel de la plate-forme tournante. Le support du bain de mercure (diamètre de la cuve, 160 mm) est solidaire de cette plate-forme, et par suite, indépendant de la caisse. Le tableau des commandes électriques : moteur, contacts, éclairages, est fixé sur le côté gauche de la plate-forme. Un câble souple relie ce tableau aux lignes électriques fixes.

Pour mieux dégager les abords du pilier, le moteur d'entraînement a été placé sous l'appareil, entre ses vis calantes. C'est un moteur à courant continu (12 V) du type compound à régulateur centrifuge agissant sur les enroulements shunt. Sa vitesse est en moyenne de 6 000 t/m et elle est stable à 5 ‰ près. Un réducteur fixe planétaire à billes la réduit dans le rapport de 10,5 à 1. Il est suivi d'un variateur de vitesse continu, destiné à ajuster la vitesse sur la latitude du lieu, et qui comprend un axe cylindrique en acier, de 10 mm de diamètre, entraîné par le moteur, et un plateau horizontal de 110 mm de diamètre. Entre les deux sont intercalées deux billes qui se touchent, et dont l'une s'appuie sur le cylindre, l'autre sur le plateau qui se trouve ainsi entraîné. On modifie à volonté sa vitesse, en déplaçant, parallèlement à l'axe du cylindre, la cage qui porte les billes, ce réglage pouvant être fait même à l'arrêt. Le plateau entraîne un arbre vertical qui pénètre dans la cloche.

Le second variateur de vitesse, qui doit imprimer à la vis micrométrique une vitesse proportionnelle à $\sin Z$, est identique, dans son principe, à celui de l'appareil original (I, p. 269-273), mais la réalisation en a été améliorée par la substitution d'un engrenage de La Hire au mécanisme primitif à came excentrée. Si l'on fait rouler un cercle à l'intérieur d'un cercle fixe de rayon double, un point de sa circonférence décrit un diamètre du plus grand cercle; le petit cercle est matérialisé sous la forme d'une roue à denture extérieure, et dont l'axe est solidaire de la cloche, l'autre par une roue évidée à denture intérieure, solidaire de la plate-forme tournante sur laquelle repose la caisse de la lunette. Dans ces conditions, l'axe de rotation du plateau, qui passe au point de contact des deux cercles, décrit un cylindre par rapport à la cloche, et un plan par rapport à la plate-forme, avec une course totale de 100 mm (au lieu de 40 mm dans le modèle original).

Le galet dont la jante s'appuie sur le plateau et qui entraîne la vis micrométrique par l'intermédiaire de deux pignons dentés, a un diamètre de 80 mm (au lieu de 60 mm). Aucun glissement n'étant à redouter ici, en raison de la petitesse des frottements dans le micromètre, on a jugé inutile de garnir de caoutchouc ce galet, dont la jante triangulaire porte directement sur le plateau. Le fonctionnement du variateur ainsi amélioré est pleinement satisfaisant, même aux températures les plus basses. La vitesse du micromètre est correcte à 2 ‰ près jusqu'à 20° environ du méridien, et à 5 ‰ près jusqu'à 10°.

A la partie inférieure de la caisse, du côté des oculaires (*pl.* I), on aperçoit un disque portant une manette. Ce disque peut occuper deux positions différentes : poussé à fond, il commande le rappel à main du micromètre; tiré vers l'observateur, il provoque l'embrayage du micromètre sur le moteur.

Le correcteur différentiel a été placé à l'intérieur de la cloche; il est commandé par une couronne dentée concentrique à la cloche, et garnie d'un volant en matière plastique de 5,4 cm de diamètre que l'observateur doit saisir à deux mains. Un tour de ce volant fait varier la distance zénithale de 40" dans le premier vertical.

Le fonctionnement des organes d'entraînement et de rappel, d'une exécution particulièrement soignée, s'est montré excellent dès le premier jour. Depuis sa mise en station, l'instrument n'a exigé aucun entretien.

5. Phénomènes thermiques. — Dans le prototype, la position du plan focal variait rapidement avec la température (I, p. 279). Ce défaut était dû, pour une part, à la variation de l'indice des verres, insuffisamment recuits, et pour le surplus, à l'emploi de l'aluminium, métal à coefficient de dilatation élevé : $23 \cdot 10^{-6}$.

On a adopté la fonte, pour les astrolabes O. P. L., nonobstant sa densité, parce que son coefficient de dilatation est seulement $9 \cdot 10^{-6}$. D'autre part, les verres, recuits avec le plus grand soin, ont été examinés en lumière polarisée et reconnus exempts de trempé. On pouvait donc espérer que, sur l'instrument terminé, la variation de ν_0 avec la température serait beaucoup plus faible que dans le modèle original. En effet, le déplacement de l'image par rapport à la monture est de $7 \cdot 10^{-6}$ pour 1°, soit huit fois moins que dans le premier appareil. Le coefficient de la distance focale est par conséquent de $+2 \cdot 10^{-6}$, au lieu de $-33 \cdot 10^{-6}$, ce qui confirme l'importance d'un bon recuit des verres.

Le pavillon de l'astrolabe primitif était construit en bois, et surmonté d'une tourelle mobile percée d'une ouverture qu'il fallait orienter avant chaque passage. L'air extérieur, aspiré par un ventilateur, pénétrait dans la salle par cette ouverture, en écoulement laminaire. La température intérieure différant peu de la température extérieure, les images restaient

calmes, surtout en hiver; car en été, après une journée ensoleillée, les observateurs ont souvent noté une certaine agitation.

Avec l'astrolabe O. P. L., une meilleure protection thermique devenait indispensable, vu la masse et l'inertie calorifique du nouvel instrument. Son pavillon, construit dans l'angle sud-est de la terrasse de l'Observatoire, le plus loin possible de tout autre bâtiment, comprend, une pièce de 2,3 m sur 3,1 m, pour l'astrolabe, surmontée primitivement d'une tourelle, avec une autre pièce plus petite pour le chronographe imprimant. Les parois de bois sont revêtues à l'extérieur de deux couches d'aluminium en feuilles ondulées minces (*Ardor*), protégées elles-mêmes par de la tôle ondulée d'aluminium pur, qui laisse entre la paroi et le métal un espace de 8 cm d'épaisseur où l'air extérieur peut circuler librement. Au plus fort de l'été, l'amplitude totale de l'onde diurne de température est de l'ordre de 4° C, la salle restant close, alors qu'elle atteignait 16° C dans l'ancien pavillon. L'énergie solaire reçue par le pavillon est dissipée en partie par réflexion, en partie par ventilation.

Mais on s'aperçut bientôt que cette protection n'était pas moins efficace contre le refroidissement nocturne que contre l'ensoleillement, et qu'elle jouait alors un rôle nuisible. Au coucher du soleil, la température intérieure était plus basse que la température extérieure, mais l'écart changeait de sens environ 2 h plus tard, et vers minuit, il atteignait fréquemment 2° C, la température de la salle variant avec une extrême lenteur, et parfois en sens inverse de la température extérieure, en raison de la chaleur dégagée par l'observateur, le moteur et les appareils d'éclairage. Il devint bientôt évident que, si une protection thermique aussi efficace que possible était indispensable dans la journée, en revanche, au cours de la nuit, il fallait aérer aussi largement que possible la salle d'observation.

Tant que la tourelle dont on avait surmonté le nouveau pavillon fut en place, l'air chaud s'élevant par la trémie provoquait une vive agitation des images, que la mise en marche d'un puissant ventilateur ne suffisait pas à calmer.

On chercha alors à refroidir artificiellement l'intérieur du pavillon en faisant passer l'air extérieur, aspiré par le ventilateur, sur un bloc de glace placé dans le pavillon, ce qui rendit les images beaucoup plus stables. Dans ces conditions, l'air refroidi sortait par la trémie d'observation. Il est probable qu'une machine à conditionner l'air aurait donné des résultats encore plus satisfaisants, mais la solution la plus simple et la moins coûteuse, la plus efficace aussi, ne tarda pas à s'imposer. La tourelle fut démontée et remplacée par un toit roulant sur deux rails, qui découvre entièrement une ouverture circulaire de 2,3 m de diamètre au-dessus de l'astrolabe. On l'ouvre à la tombée du jour; l'équilibre de température avec l'extérieur, rapidement atteint, se maintient jusqu'à

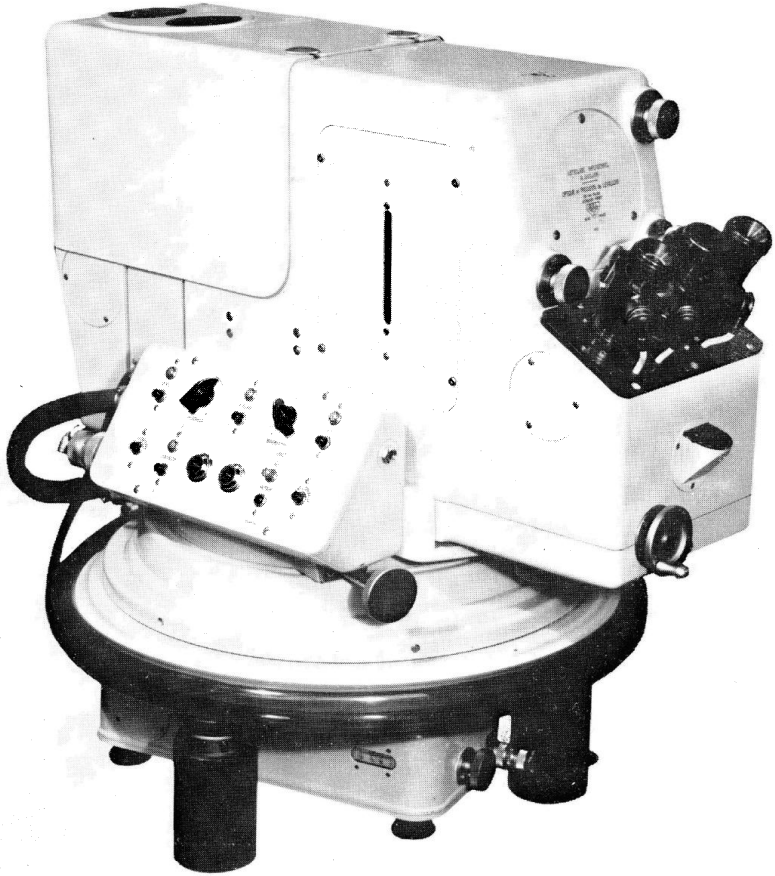


Planche I. — L'Astrolabe Impersonnel O. P. L.

la fin de la nuit. Les parois latérales mettent l'observateur et l'instrument à l'abri du vent, et pour une part, du rayonnement nocturne. De plus, un capot recouvre le prisme et le bain de mercure (*pl.* I). Jamais les observateurs n'ont observé une agitation appréciable des images sous l'effet du vent.

La suppression de la tourelle fit tomber l'écart quadratique de quelques dixièmes de seconde à $0'',17$ en moyenne, après élimination des erreurs de catalogue. Les résultats sont homogènes et l'on ne rencontre jamais de résultats aberrants; jamais on n'a éliminé aucune observation. Dans les conditions les meilleures, on a noté des écarts de $0'',11$ ou $0'',10$, et même, deux fois, $0'',09$, et ces faibles valeurs ne sont pas le privilège exclusif d'observateurs très entraînés : d'excellents résultats ont été obtenus par des stagiaires dès la troisième ou la quatrième nuit. Contrairement à une opinion répandue mais contestable, les observations visuelles ne sont pas nécessairement des exercices de haute virtuosité exigeant des dons exceptionnels.

La précision intrinsèque de l'astrolabe O. P. L. paraît donc caractérisée par un écart-type de $0'',10$, le surplus étant dû à l'agitation des images. Lorsque, en 1955, je cherchais à supputer cette précision, j'estimais qu'elle s'établirait aux environs de $0'',12$ (I, p. 263). L'expérience a confirmé cette prévision, elle l'a même dépassée.

L'ancien pavillon où, depuis les premiers jours de l'année 1958, est installé un second astrolabe O. P. L. mis obligeamment à notre disposition par l'Institut Géographique National auquel il appartient, a été lui aussi revêtu d'aluminium, et sa tourelle a été remplacée par un toit roulant. Les deux instruments, dont la comparaison ne peut manquer d'être instructive, se trouvent ainsi placés dans des conditions identiques.

6. Conclusion. — Les améliorations apportées aux dispositions du premier modèle se sont traduites par un gain notable de précision et par une commodité que les observateurs ont appréciée à l'usage. Dans l'ensemble, le mode d'emploi de l'instrument n'a guère changé, et l'on pourra se reporter à l'article de 1955 pour tout ce qui se rapporte à sa mise en station, à son réglage, à la préparation et à la conduite des observations, à l'entretien du bain de mercure.

Si, dans le présent article comme dans le précédent, je me suis attaché à décrire la construction du micromètre, le mécanisme d'entraînement, les aberrations, l'aération du pavillon, etc., c'est qu'on ne saurait attribuer trop d'importance aux propriétés optiques et mécaniques *réelles* des instruments de position et du milieu qui les environne. Un appareil doit être jugé en dernier ressort sur sa réalisation et non sur son principe, lequel est sans valeur lorsqu'il suppose satisfaites des conditions matérielles impossibles à remplir. On ne peut que déplorer le manque de données numériques et d'informations précises sur la plupart

des instruments imaginés depuis une cinquantaine d'années, et dont les auteurs n'ont publié que des schémas réduits à de simples lignes géométriques. Et pourtant, les matériaux qui les constituent ne sont pas indéformables, leurs pièces optiques ne sont pas exemptes d'aberrations ni de défauts d'exécution, l'air qui les baigne n'est pas un milieu isotrope et leurs propriétés dépendent autant de facteurs physiques que de données géométriques. L'expérience ne tarde pas à démontrer l'insuffisance de toute théorie qui ne tient pas compte de ces facteurs. Si l'astrolabe impersonnel a effectivement répondu à ce qu'on en attendait, c'est, d'une part, qu'on avait poussé à fond l'étude expérimentale et la mise au point du prototype, et que, d'autre part, les ingénieurs chargés de réaliser le modèle définitif n'ont négligé aucun des enseignements fournis par l'usage quotidien de ce prototype. J'ai cru devoir exposer ces enseignements dans mes deux articles, sans dissimuler aucune des difficultés qui, à certaines époques, m'avaient plus ou moins longuement arrêté, parce que l'analyse s'en est révélée instructive et que d'autres pourront s'en inspirer.

M. le duc de Gramont a pris personnellement le plus vif intérêt à la réalisation de l'astrolabe impersonnel, et je conserve de notre collaboration un souvenir reconnaissant. Grâce à lui, les appareils destinés à la détermination des longitudes et des latitudes, conformément au programme de l'Année Géophysique Internationale, ont été achevés en temps utile.

La Société Optique et Précision de Levallois avait à appliquer le mode de fabrication et les conceptions mécaniques qui ont fait sa réputation, à la construction d'un instrument nouveau pour elle et dont les caractéristiques essentielles lui étaient imposées. Ingénieurs et astronomes ont su se comprendre, et leur coopération, cordiale et confiante, a été pour beaucoup dans le succès de l'entreprise. Quant à l'exécution des diverses pièces optiques et mécaniques, elle est irréprochable, ainsi que je l'ai mentionné plusieurs fois dans le cours de cet article.

(Manuscrit reçu le 22 février 1958).

ERRATUM.

André DANJON. — *L'astrolabe impersonnel de l'Observatoire de Paris*
(*Bull. Astron.*, t. XVIII, fasc. 4, p. 251-281).

Page 252, 6^e ligne, *au lieu de équalitatéral, lire équilatéral.*

Page 255, note, 3^e ligne du bas, *lire a fini par.*

Page 270, dernière ligne, *au lieu de cône, lire cylindre.*