

Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France

Fabrication en série d'un micromètre à double image de Lyot

par Edgar SOULIÉ
Président de la Commission des Étoiles Doubles

L'observation des étoiles doubles joue un rôle fondamental en astrophysique car conjuguée avec la détermination des parallaxes, elle rend possible la détermination des masses stellaires [1].

L'observateur peut se mettre à la recherche de nouvelles étoiles doubles, en appliquant par exemple la méthode proposée par Paul Muller. Pour étudier une étoile double, il a besoin d'un instrument de mesure appelé micromètre. Cet accessoire lui permet de déterminer les deux coordonnées ρ et θ qui définissent la position relative de l'étoile secondaire par rapport à l'étoile principale dans un repère dont la direction origine est celle du Nord. La qualité des mesures dépend non seulement de celle du micromètre et de l'habileté de l'observateur, mais encore de la qualité optique de l'instrument utilisé, et de l'agitation atmosphérique.

Alors que les fabricants d'instruments astronomiques proposent un grand choix d'accessoires tels qu'oculaires, prismes, filtres, hélioscopes d'Herschel, on ne trouve guère de micromètre sur le marché. Pour que la mesure des étoiles doubles devienne accessible aux amateurs, la Commission des Étoiles Doubles de la Société Astronomique de France a décidé de lancer le projet d'une fabrication en série d'un micromètre.

Plusieurs types de micromètres ont été utilisés depuis la découverte du mouvement relatif des composantes des étoiles doubles par William Herschel ; ils sont décrits par exemple dans le livre de Paul Couteau [2]. Les micromètres à fils sont les plus utilisés par les astronomes, mais la bissection de l'image d'une étoile par un fil est fort délicate à apprécier, de sorte que ce type de micromètre ne peut être recommandé à des amateurs pour des instruments de courte longueur focale. Les micromètres à étoiles de comparaison, très peu utilisés, n'ont pas été retenus. Les micromètres interférentiels et le micromètre à grille de

diffraction de Duruy se placent devant l'instrument et ont des dimensions qui dépendent du diamètre de celui-ci, ce qui écarte toute fabrication en série ; par ailleurs, ces micromètres occultent le faisceau de lumière incidente de façon importante.

Restent les micromètres à double image. Le micromètre à double image de Paul Muller utilise deux prismes de quartz collés. Le micromètre inventé par Bernard Lyot et utilisé pour la première fois par Henri Camichel [3] utilise un seul composant optique, une lame de spath à faces parallèles. La Commission a choisi le micromètre de Lyot en se fondant sur l'avis de Paul Couteau qui écrivait à son sujet [2] : «Ce micromètre, d'exécution fort simple, mériterait une large diffusion, il permet des mesures très précises».

Dans le micromètre de Lyot, la double image résulte de la biréfringence de la lame de spath, taillée de telle façon que l'axe de symétrie cristalline soit parallèle aux plans des faces. En inclinant la lame sur le faisceau incident, on sépare les rayons réfractés ordinaire et extraordinaire. Ainsi, en agissant sur la position de la lame (inclinaison et rotation), on peut modifier l'orientation et l'écartement des deux images de chaque composante d'une étoile double. Il est donc possible d'obtenir quatre images formant un carré, ou bien alignées et équidistantes. Connaissant la loi de variation de l'écartement des rayons réfractés avec l'inclinaison de la lame [4], on déduit de la mesure de cette inclinaison la valeur de la distance angulaire des composantes d'un couple. De la mesure de l'angle de rotation de la lame lorsque les quatre images forment la figure décrite plus haut, on déduit l'angle de position. Le principe de ce micromètre et de son utilisation ont été exposés en détail par Jean-Louis Agati et René-Georges Huret [4, 5].

La séparation théorique maximale dépend de l'épaisseur e de la lame et de la longueur focale résultante (c'est-à-dire la longueur focale multipliée par le facteur d'amplification) F de l'instrument utilisé :

$$\rho^{\max} \text{ (en secondes de degré)} = 10917.e/F$$

La séparation pratique maximale est plus petite, pour deux raisons. D'une part la sensibilité de la mesure diminue fortement lorsque l'angle d'inclinaison de la lame de spath approche de la valeur 55,8 degrés correspondant à la séparation maximale. La sensibilité reste bonne lorsque l'angle d'inclinaison de la lame n'excède pas 40 degrés ; la séparation correspondant à cette valeur de l'inclinaison vaut :

$$\rho^{\max} \text{ (en secondes de degré)} = 9342.e/F$$

Par exemple, pour une longueur focale résultante $F = 5400$ mm, les séparations maximales théorique et pratique sont $8,08''$ et $6,92''$ respectivement.

D'autre part, le stigmatisme de la lame à faces parallèles n'est qu'approché, et pour obtenir de bonnes images, il faut que les rayons lumineux soient peu inclinés sur la normale à la lame. Par conséquent l'ouverture relative doit être petite, et la lame pas trop inclinée sur l'axe du faisceau. En outre, en raison du mode de propagation de la lumière dans un milieu anisotrope, l'image extraordinaire présente un astigmatisme particulier [6]. L'étude théorique de Pierre Bacchus et les essais sur le ciel ont montré que l'on pouvait bien repérer les positions des images ordinaire et extraordinaire et mesurer une étoile double, à condition que l'ouverture relative D/F n'excède pas $1/15$, et que l'oculaire ait une longueur focale pas trop courte. Les images sont altérées pour une inclinaison dépassant une trentaine de degrés. Si la photométrie des composantes des étoiles doubles était envisagée (grâce à un équipement spécifique auxiliaire), l'obtention de bonnes images serait nécessaire et l'ouverture relative ne devrait pas dépasser $1/20$.

Le prototype de micromètre à lame de spath, réalisé sous la direction de Jean-Louis Agati, fut essayé par plusieurs membres de la Commission ainsi que par des astronomes amateurs espagnols. Ces essais ont permis de valider le choix du micromètre à lame de spath et d'améliorer le projet pour la partie mécanique.

Ce micromètre, dont la masse avoisine 500 grammes, pourra être monté sur tous les instruments dont le porte-oculaire a un coulant égal ou supérieur à 29 mm. Il est nécessaire que la monture de l'instrument soit très stable et que le porte-oculaire ne présente pas de jeu. Sur les télescopes de Newton, on installera une lentille amplificatrice de Barlow, d'une part pour compenser le chemin optique supplémentaire, de l'ordre de 83 mm, introduit par le micromètre, et d'autre part pour réduire l'ouverture relative à moins de $1/15$. Nous recommandons l'amplificateur de Barlow de longueur focale $f' = -113,4$ mm fabriqué par Clavé (division de Kinoptic 33, rue de Tlemcen F-75020 Paris France) sous la référence 45-11.

Le micromètre à lame de spath peut également être utilisé pour la mesure des diamètres apparents des planètes [7] et des phénomènes mutuels des satellites des planètes.

Le micromètre est maintenant fabriqué en série. Le contrôle optique et mécanique des exemplaires fabriqués est assuré par Gino Farroni. Une notice d'utilisation est fournie avec chaque micromètre.

Les astronomes professionnels et amateurs éventuellement intéressés peuvent demander la fiche technique du micromètre [8] :

au secrétariat de la Société Astronomique de France

3, rue Beethoven

75016 PARIS

et demander un micromètre au fabricant :

S.A. MECA-PRECIS

Z.I. des Sables de Beauregard

36700 Châtillon-sur-Indre

Télécopie : 54.38.94.54

RÉFÉRENCES

- [1] Ouvrage collectif du Bureau des Longitudes, les étoiles ; le système solaire, Encyclopédie Scientifique de l'Univers, Gauthier-Villars, Paris, 197, chapitre 12, Les étoiles doubles par Paul MULLER
- [2] Paul COUTEAU, L'observation des étoiles doubles visuelles, Flammarion, Paris, 1978, p. 67
- [3] Henir CAMICHEL, Mesures d'étoiles doubles faites au Pic du Midi, Journal des Observateurs, XXXII, n° 8-9, p. 94 (1949)
- [4] René HURET, Biréfringence des cristaux. Principe et réalisation du micromètre à double image de Bernard Lyot, Bulletin intérieur de la Commission des Étoiles Doubles, n° 10, premier semestre 1985
- [5] Jean-Louis AGATI, Micromètre à lame de spath, Bulletin intérieur de la Commission des Étoiles Doubles, n° 15, octobre 1987
Jean-Louis AGATI et René-Georges HURET, Le micromètre à double image à lame de spath, L'Astronomie, décembre 1988, pp. 482-489
- [6] Georges BRUHAT et Alfred KASTLER, Optique, éditeur Masson, Paris, sixième édition revue et corrigée, 1965, § 172 pp. 338-340

- [7] Audouin DOLLFUS, L'observation à la Tour Eiffel du passage de Mercure devant le soleil pour la mesure de son diamètre, *L'Astronomie*, septembre 1954, pp. 337-345
- [8] Commission des Étoiles Doubles, Micromètre à double image à lame de spath de Lyot. Conditions d'emploi et spécifications techniques, Société Astronomique de France, Paris, décembre 1990.