

# La méthode de la grille en photométrie stellaire

Autor(en): **Fluckiger, Maurice**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): - **(1953)**

Heft 38

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900468>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# La méthode de la grille en photométrie stellaire

Par MAURICE FLUCKIGER, Lausanne

Le but de la photométrie est de mesurer les éclats apparents des étoiles en employant comme récepteur d'énergie, soit l'œil (photométrie visuelle), soit la plaque photographique (photométrie photographique, photovisuelle ou infra-rouge), soit la cellule photoélectrique (photométrie photoélectrique). Dans ces quelques lignes nous nous bornerons au cas le plus répandu, la photométrie photographique avec émulsions ordinaires sensibles aux radiations bleues-violettes du spectre. Les magnitudes ainsi obtenues sont les magnitudes photographiques qui correspondent à un récepteur d'énergie présentant un maximum de sensibilité chromatique situé vers 4230 Angströms. Les plaques photographiques ayant des propriétés fort mal connues, les différentes méthodes n'utilisent la plaque que comme indicateur de noircissement et le passage des densités photographiques aux magnitudes doit se faire de façon telle que le mécanisme intime de la plaque n'entre pas en ligne de compte. Parmi les différentes méthodes employées nous examinerons rapidement celle de la «grille» que nous avons expérimentée à Lausanne avec notre astrographe de 10 cm d'ouverture et qui s'adapte parfaitement à de petits instruments.

La «grille» est un réseau plan lâche généralement réalisé par des fils de diamètre constant tendus sur un support rigide. L'essentiel est de réaliser un parallélisme aussi parfait que possible. On peut très bien utiliser des fils d'acier tendus à la manière des cordes d'instruments de musique et guidés par des tiges filetées. Cette grille est placée devant l'objectif photographique et l'appareil ainsi constitué donne de chaque étoile une image principale encadrée de spectres de diffraction jouant le rôle d'images secondaires. Ces spectres sont rendus semblables à des images stellaires en plaçant la plaque un peu en dehors du plan focal de l'instrument. Pour notre compte, nous sommes arrivés au meilleur résultat en plaçant l'émulsion à 1 mm du plan focal, du côté de l'objectif, la distance focale de notre instrument étant de 55 cm.

La théorie élémentaire des réseaux permet d'établir un jeu de formules pour calculer les rapports d'intensité des différentes images. Nous avons avec les notations suivantes:

- a: espace entre les fils
- d: diamètre des fils
- p: période de la grille,  $p = a + d$
- I: intensité de l'image obtenue sans la grille
- $I_0$ : intensité de l'image principale
- $I_k$ : intensité du spectre d'ordre k

$$\frac{I}{I_0} = (p/a)^2 \quad (1)$$

$$\frac{I_k}{I_0} = \frac{\sin^2 (k \pi a/p)}{(k \pi a/p)^2} \quad (2)$$

$$\frac{I_k}{I} = \frac{\sin^2 (k \pi a/p)}{(k \pi)^2} \quad (3)$$

Les trois formules précédentes ne sont guère utiles pour les applications astronomiques et on préfère les transformer au moyen de la loi de Pogson, de façon à remplacer les rapports d'intensité par des différences de magnitudes. On obtient alors de jeu suivant:

$$m_0 - m = 5 \log_{10} (a/p) \quad (1')$$

$$m_k - m_0 = 5 \log_{10} \sin (k \pi a/p) - 5 \log_{10} (k \pi a/p) \quad (2')$$

$$m_k - m_0 = 5 \log_{10} \sin (k \pi a/p) - 5 \log_{10} (k \pi) \quad (3')$$

Ce sont les formules fondamentales de la théorie élémentaire de la grille. Elles montrent que la perte de magnitude entre les différentes images dépend essentiellement du rapport  $a/p$  appelé quelquefois constante de la grille. Les affaiblissements des images principales et des spectres du premier ordre correspondant à différentes valeurs du rapport  $a/p$  sont donnés dans le tableau I.

Tableau I

| a/p   | d/p   | $m_1 - m_0$ | $m_0 - m$ | a/p   | d/p   | $m_1 - m_0$ | $m_0 - m$ |
|-------|-------|-------------|-----------|-------|-------|-------------|-----------|
| 0,950 | 0,050 | 6,402       | 0,111     | 0,775 | 0,225 | 2,870       | 0,554     |
| 0,925 | 0,075 | 5,476       | 0,170     | 0,750 | 0,250 | 2,614       | 0,624     |
| 0,900 | 0,100 | 4,806       | 0,229     | 0,725 | 0,275 | 2,382       | 0,698     |
| 0,890 | 0,110 | 4,583       | 0,253     | 0,700 | 0,300 | 2,171       | 0,774     |
| 0,880 | 0,120 | 4,378       | 0,278     | 0,675 | 0,325 | 1,978       | 0,854     |
| 0,870 | 0,130 | 4,188       | 0,303     | 0,650 | 0,350 | 1,800       | 0,936     |
| 0,860 | 0,140 | 4,012       | 0,328     | 0,625 | 0,375 | 1,638       | 1,020     |
| 0,850 | 0,150 | 3,848       | 0,353     | 0,600 | 0,400 | 1,486       | 1,109     |
| 0,840 | 0,160 | 3,694       | 0,378     | 0,575 | 0,425 | 1,345       | 1,202     |
| 0,830 | 0,170 | 3,547       | 0,404     | 0,550 | 0,450 | 1,214       | 1,298     |
| 0,820 | 0,180 | 3,410       | 0,431     | 0,525 | 0,475 | 1,093       | 1,399     |
| 0,810 | 0,190 | 3,279       | 0,458     | 0,500 | 0,500 | 0,980       | 1,505     |
| 0,800 | 0,200 | 3,155       | 0,484     |       |       |             |           |

L'examen des formules précédentes permet de faire la remarque que voici: si la période  $p$  de la grille est un multiple de la largeur des vides, donc si l'on a  $p = ma$ , les spectres dont l'ordre est un multiple de  $m$  ont une intensité nulle; ils disparaissent. C'est ainsi que pour la grille dite normale, où les vides sont égaux au diamètre des fils, on a:  $a = d$  et  $m = 2$ ; les spectres d'ordre pair disparaissent. Ce fait est une des raisons qui ont fait que la grille normale est la plus employée. Les spectres d'ordre pair disparaissant, les

chances de recouvrement entre spectres et images stellaires voisines sont diminuées.

Les formules indiquées permettent de calculer l'affaiblissement théorique d'une grille dont la constante  $a/p$  est connue. Ce rapport peut être déterminé à partir des mesures de  $a$  et  $d$  faites avec un microscope à micromètre. Il est préférable d'effectuer ces mesures sur une copie photographique de la grille obtenue en lumière parallèle plutôt que sur l'instrument lui-même à cause de l'irradiation et de la diffraction.

La théorie élémentaire des réseaux permet encore de calculer la dispersion de la grille. C'est ainsi que pour une radiation de longueur d'onde  $\lambda$  du spectre d'ordre  $k$ , sa distance  $L$  au centre de l'image principale est donnée par

$$L = \frac{f \cdot k \cdot \lambda}{p} \quad (4)$$

où  $f$  est la distance focale de l'objectif.

Si l'on emploie une émulsion sensible aux radiations de la bande  $(\lambda_1; \lambda_2)$ , la longueur du spectre d'ordre  $k$  est

$$l = \frac{f \cdot k \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)}{p} \quad (5)$$

Les deux formules 4 et 5 permettent de prévoir l'écartement des images secondaires et leur dimension. Elles trouvent emploi dans la détermination des longueurs d'onde effectives au moyen d'une grille, application dont nous ne parlerons pas ici.

Enfin pour que notre jeu de formules soit complet, il faut encore calculer l'augmentation de la durée de pose permettant d'obtenir avec une grille de constante  $a/p$  des noircissements identiques à ceux que l'on obtiendrait sans la grille. Pour cela il est nécessaire d'admettre que l'émulsion employée satisfait à la loi de réciprocité des actions photographiques. Cette loi, modifiée par Schwarzschild pour les besoins de l'astronomie peut s'énoncer ainsi:

Une même densité photographique peut être obtenue avec des intensités  $I$  et  $I_0$  et des durées de pose  $t$  et  $t_0$  à condition que l'on ait:

$$I \cdot t^s = I_0 \cdot t_0^s \quad (6)$$

l'exposant  $s$ , désigné souvent par  $p$ , est l'exposant de Schwarzschild. Il est à déterminer pour les conditions d'utilisation de la plaque, et il n'est constant que dans d'étroites limites. Pour la plaque Cappelli-blù, par exemple, nous l'avons trouvé égal à 0,75 pour des durées de pose allant de 1 à 15 minutes.

Dans ces conditions nous avons en tenant compte des relations 6 et 1:

$$\frac{t_0}{t} = \left( \frac{I}{I_0} \right)^s = (p/a)^{2/s} \quad (7)$$

Cette relation appliquée à la grille normale nous donne, pour une émulsion admettant un  $s$  égal à 0,75 :

$$t_0 = 6,35 t \quad (8)$$

autrement dit, pour obtenir avec une grille  $a = d$  les mêmes noircissements que ceux obtenus sans la grille, il faut poser 6,35 fois plus longtemps. Cette augmentation des durées de pose est un inconvénient de cette méthode, sur lequel nous reviendrons plus tard.

Voyons maintenant comment se fait le passage des densités photographiques mesurées sur le cliché aux éclats apparents des astres mesurés en magnitudes.

Nous admettrons que la courbe caractéristique de la plaque est une courbe ordinaire, courbe en S avec une partie rectiligne plus ou moins longue. Dans ces conditions, on peut admettre que la magnitude  $m$  est reliée à la densité  $d$  par une relation du type :

$$m = a + bd + cd^2 + ed^3 \quad (9)$$

Cette relation est la loi de noircissement de l'émulsion, valable aussi bien pour les images principales que secondaires. Nous avons alors pour une étoile donnée :

$$\text{image principale} \quad m_0 = a + bd_0 + cd_0^2 + ed_0^3 \quad (10)$$

$$\text{image secondaire} \\ \text{du 1er ordre} \quad m_1 = a + bd_1 + cd_1^2 + ed_1^3 \quad (11)$$

et en faisant la différence entre 11 et 10

$$m_1 - m_0 = b(d_1 - d_0) + c(d_1^2 - d_0^2) + e(d_1^3 - d_0^3) \quad (12)$$

Dans cette dernière relation le premier membre est connu, c'est l'affaiblissement réel de la grille (à déterminer sur le ciel) ; les parenthèses du second membre sont aussi connues, ce sont les densités mesurées sur le cliché. Une relation telle que 12 peut être établie pour chaque étoile du cliché et l'ensemble de ces relations, traité par une méthode de résolution comme celle des moindres carrés, fournit les valeurs les plus probables des coefficients  $b$ ,  $c$  et  $e$ . La constante  $a$  est à déterminer au moyen de plusieurs étoiles connues figurant sur le cliché ou par comparaison avec une séquence étalonnée. Ces valeurs, portées dans 9, donnent la loi de variation de la magnitude en fonction de la densité, loi qui nous permet de calculer les magnitudes de toutes les étoiles du cliché une fois connue leur densité photographique.

Remarquons que l'échelle des magnitudes est fournie par l'affaiblissement de la grille, indépendant du mécanisme intime de la plaque photographique. La condition posée au début est donc bien remplie.

Voyons maintenant quels sont les avantages et défauts de cette méthode et quelles sont les précautions à prendre dans son application. Nous avons vu que l'obtention des images principales et secondaires est effectuée simultanément sur une même plaque. Autrement dit les étoiles à mesurer et l'échelle des magnitudes sont obtenues dans les mêmes conditions atmosphériques et sensitométriques. Ceci est l'avantage capital de cette méthode; nous savons en effet qu'une faible fluctuation des conditions atmosphériques peut entraîner des variations d'éclat apparent allant jusqu'à une magnitude. D'autre part les propriétés des plaques photographiques varient d'une plaque à l'autre, même faisant partie du même lot de fabrication. Cet avantage est énorme comparé au défaut déjà signalé, l'augmentation parfois excessive des durées de pose. Chaque cliché forme ainsi un tout comprenant les étoiles à étudier et l'échelle des magnitudes. Nous avons vu que seule la constante additive  $a$  doit être déterminée au moyen d'une étoile connue. Si le champ étudié n'en comporte pas, les magnitudes du champ sont à rapporter à une étoile choisie comme référence et seul le zéro de l'échelle des magnitudes est à étudier spécialement.

La constante de la grille calculée à partir des mesures de  $a$  et de  $d$  permet de calculer les affaiblissements théoriques. La pratique a montré que ces affaiblissements sont supérieurs aux affaiblissements réels mesurés sur des clichés. Il faut donc étalonner préalablement la grille au moyen d'une séquence connue comme la séquence polaire nord ou les régions standards de Harvard. C'est cet affaiblissement réel qu'il faut adopter dans la formule de réduction donnée sous le No. 12.

Afin de pouvoir appliquer la méthode de réduction indiquée, il faut que la position de la plaque photographique par rapport au plan focal de l'objectif soit invariable au cours d'un même travail. On sait en effet qu'une variation de cette position entraîne une variation de l'affaiblissement. D'autre part, lors de la mesure des densités photographiques il faut aussi que la mise au point du photomètre soit invariable faute de quoi les densités mesurées ne correspondent plus au même type de densité photographique.

Moyennant les précautions indiquées, cette méthode fournit d'excellents résultats, soit pour la photométrie des champs stellaires, soit pour l'établissement d'une courbe de lumière photographique. Nous avons obtenus avec nos différentes grilles des magnitudes avec une erreur moyenne comprise entre 1 et 3 centièmes de magnitude, erreur de l'ordre de grandeur de celle admise dans les grands catalogues d'étoiles.

Dans un prochain article, nous reviendrons sur cette méthode en nous attachant plus particulièrement à ses applications spectrographiques.

### Bibliographie succinte

- H. Mineur: Photographie stellaire: Actualités scientifiques et industrielles. Fascicule 141 (1934).
- Eberhardt: Handbuch der Astrophysik, Bd. II/2.
- Hertzprung: Vorschlag zur Festlegung der photographischen Grössenskala. AN 186, p. 177.
- Chapman & Melotte: On the application of parallel wire diffraction gratings to photographic photometry. MN 74, p. 50.
- Van Rhijn et Plaut: International phot. magnitudes of the Harvard Standard C Regions. BAN 11, p. 245.
- M. Fluckiger: Cartes des Harvard Standard C Régions. Doc. des observateurs (Paris 1952).
- E. de Vaucouleurs: La séquence polaire nord. Doc. des observateurs (Paris 1951). Régions Standards de Harvard: HA Vol. 71 et 89.
- Séquence polaire nord: Ap. J. 46, p. 97; Contr. Mt. Wilson Obs. No. 235; Trans. IAU: Vol. I, 1922.
- 

## Wahl eines neuen Astronomie-Professors in Basel

Auf 1. März 1953 ist zum Direktor der Astronomisch-meteorologischen Anstalt und zum Ordinarius für Astronomie an der Universität Basel Herr Prof. Dr. Wilhelm Becker gewählt worden. Prof. Becker, geb. 1907 in Münster i. W., war bisher an verschiedenen grossen deutschen Sternwarten tätig, so u. a. am astrophysikalischen Observatorium Potsdam, an der Sternwarte in Göttingen und zuletzt an der Sternwarte Hamburg-Bergedorf. Von seinen zahlreichen Arbeiten soll nur seine Reform der astronomischen Integralphotometrie erwähnt werden. Die durch rein äusserliche Umstände bedingte Bestimmung der Farbenindizes aus dem visuellen und photographischen Spektralbereich ist dem eigentlichen Problem schlecht angepasst. Prof. Becker schlug deshalb durch geeignete Filter und Platten definierte Spektralbereiche vor, die präzisere Aussagen über die Energieverteilung in den Fixsternspektren zu machen gestatten, insbesondere auch über die interstellare Verfärbung. So ist denn Prof. Becker auch ein Kenner der heute als überaus wichtig erkannten interstellaren Materie. Schliesslich sei auf sein Buch «Sterne und Sternsysteme» hingewiesen, das schon die zweite Auflage erleben durfte, und das dem fortgeschrittenen Amateur wie dem Fachmann unentbehrlich geworden ist. Prof. Becker beabsichtigt, in Basel seine Arbeiten auf dem Gebiet der beobachtenden Stellarastronomie fortzusetzen, ein Gebiet, das bisher in der Schweiz kaum bearbeitet wurde. Wir erhoffen von ihm einen starken Auftrieb astronomischer Forschung in der Schweiz und wünschen ihm recht angenehme und fruchtbare Arbeitsbedingungen.

M. Sch.

---