Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 6 (1953)

Heft: 2

Artikel: Étude d'un photomètre photoélectrique : monté sur le téléscope Schaer de 100 cm

Autor: Golay, Marcel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739999

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ÉTUDE D'UN
PHOTOMÈTRE PHOTOÉLECTRIQUE
MONTÉ SUR LE TÉLÉSCOPE SCHÆR DE 100 cm

PAR

Marcel GOLAY

(Avec 4 fig.)

Introduction.

Notre but était de monter un photomètre photoélectrique utilisant des cellules à multiplication d'électrons 931 A non sélectionnées. Ces tubes se sont révélés insuffisants: bruit de fond trop considérable et amplification bien inférieure à celle annoncée par le constructeur. Pour utiliser tout de même ces cellules, nous devions éviter d'amplifier le bruit de fond ou d'en introduire de nouveau, quitte à perdre le bénéfice d'un enregistrement instantané. Nous avons donc réalisé un montage inté grateur.

Récemment, nous avons acquis une cellule 1P21, non sélectionnée, dont le bruit de fond est également supérieur à celui annoncé par le constructeur, mais mille fois plus faible que celui de la cellule 931A précédemment utilisée. Avec la cellule 1P21, nous pouvons ou faire l'enregistrement presque instantané de l'intensité lumineuse des étoiles — soit à l'oscillographe (étude des scintillations), soit dans un galvanomètre (étude d'étoiles relativement brillantes) — ou utiliser le circuit intégrateur pour les étoiles faibles.

1. Bruit de fond.

Dans la résistance de charge R se développe une f.e.m. dont le carré moyen dans l'intervalle de fréquence Δf est:

$$\overline{E}^2 = 4\,k\,T R\,g^2(f)\,\Delta f \qquad (1)$$

C'est l'effet Johnson, où:

k = constante de Boltzmann 1,380 10^{-2} $w:s$ par degré,
R = résistance en ohms,
T = température absolue ambiante,
$g(f)$ = gain de l'amplificateur.

D'autre part, le courant de la photocathode subit des fluctuations — effet Schottky — dont le carré moyen est:

$$\overline{i^2} = 2 e I_0 \Delta f \qquad (2)$$

I_0 = courant débité par la photocathode,
e = charge de l'électron $1{,}60 . 10^{-19}$ Cb.

L'effet Schottky exclut la possibilité de mesurer des flux lumineux inférieurs à un flux limite.

M. Lallemand [1] montre que le carré moyen des fluctuations à la sortie d'un multiplicateur de n étages est:

$$\overline{i_n^2} = 2 e I_0 \Delta f \, \delta^n \frac{1 - \delta^{n+1}}{1 - \delta}$$

δ est le facteur de multiplication.

Si i est le courant débité par le multiplicateur dans un récepteur de gain $g(f)$, on a:

$$\overline{i_n^2} = 2 e i g^2(f) \Delta f \frac{1 - \delta^{n+1}}{1 - \delta} \qquad (3)$$

Le seul moyen de réduire les fluctuations tout en conservant la multiplication est donc de diminuer Δf ou $g^2(f) \Delta f$.

2. Circuit intégrateur.

Supposons la cellule débitant un courant constant dans une capacité. Il y a deux possibilités:

a) Mesure du potentiel atteint après écoulement d'un temps fixé à l'avance;

b) Mesure du temps nécessaire pour atteindre un potentiel fixé à l'avance.

Nous avons choisi la deuxième solution car elle évite l'emploi d'un voltmètre à lampe d'impédance d'entrée trop faible par rapport à la résistance d'isolement du condensateur.

Le potentiel U atteint par un condensateur chargé à courant constant pendant un temps t est:

$$U = Ri\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

où R est la résistance en parallèle due aux fuites du condensateur et aux résistances des tubes. Les mesures ont donné 500 MΩ pour R et lorsque RC est très grand, il suffit de prendre les deux premiers termes du développement en série de $-e^{-\frac{t}{RC}}$.

Si i_1 et i_2 sont les courants débités par la cellule dans le cas de deux étoiles E_1 et E_2 de magnitude m_1 et m_2, on a alors:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{t_2}{t_1} .$$

D'où les différences de magnitude:

$$\Delta m = 2{,}5 \log_{10} \frac{t_2}{t_1} \qquad \Delta m = m_2 - m_1 \tag{4}$$

3. Influence des fluctuations de i sur t.

On a:

$$t = \frac{UC}{i}$$

Le carré moyen des fluctuations de t sera:

$$\overline{t^2} = \frac{U^2 C^2}{i^4} \overline{i^2}$$

avec

$$\overline{i^2} = 2 e i g^2(f) \Delta f \frac{1 - \delta^{n+1}}{1 - \delta}$$

D'où:

$$\overline{t^2} = 2 \frac{U^2 C^2}{i^3} e g^2(f) \Delta(f) \frac{1 - \delta^{n+1}}{1 - \delta} \tag{5}$$

Etendons ce résultat à toutes les fréquences. On montre facilement que:

$$\int_0^\infty g^2(f)\,df = \int_0^\infty \frac{1}{R^2\left(\omega^2 C^2 + \frac{1}{R^2}\right)}\,df = \frac{1}{4RC} \qquad (6)$$

avec: $\omega = 2\pi f$

$$\overline{i^2} = \frac{U^2 C e}{2 i^3 R}\,\frac{1-\delta^{n-1}}{1-\delta} \qquad (7)$$

ce qui, dans notre cas, donne une erreur probable de $\frac{2}{100}$ de s. environ, erreur considérablement inférieure à celle du compteur actuel.

On peut également montrer que l'effet Johnson, appliqué à la résistance de fuite de la capacité et à la résistance d'isolement des tubes, est négligeable.

L'expression [6] fait ressortir l'avantage d'un montage intégrateur. En effet, nous avons dit qu'une des façons de réduire le carré moyen du bruit de fond était de diminuer la bande passante, or, le circuit intégrateur se comporte comme un amplificateur de gain 1 sur une bande passante de:

$$\frac{1}{4 \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{8000}\ \text{Hz}\ .$$

avec: $R = 500\,M\Omega$ et $C = 2\,\mu F$.

4. Description du dispositif.

Le courant débité par la cellule charge un condensateur — choisi parmi les cinq au choix dont les capacités sont comprises entre 3,75 μF et 0,01 μF. Ces condensateurs sont à l'huile pour les capacités de 1 et 3,75 μF et au polystyrène pour les autres.

Au repos, la cellule est court-circuitée. Quand le court-circuit est levé, une impulsion est envoyée sur la grille d'un des tubes du flip-flop à deux lampes qui se détend dans un sens. Un relais placé dans le circuit anodique correspondant autorise le passage d'impulsions de 10 p:s ou de 1 p:s Ces impulsions actionnent un compteur téléphonique avec remise à zéro.

Quand le potentiel du condensateur atteint — 8 v., un circuit « trigger » de Schmitt se détend et envoie une impulsion qui rétablit le flip-flop dans son état primitif, interrompant ainsi le comptage des impulsions. Quand les temps à mesurer sont courts, on peut enregistrer l'impulsion initiale et l'impulsion finale sur un chronographe enregistreur situé dans un des

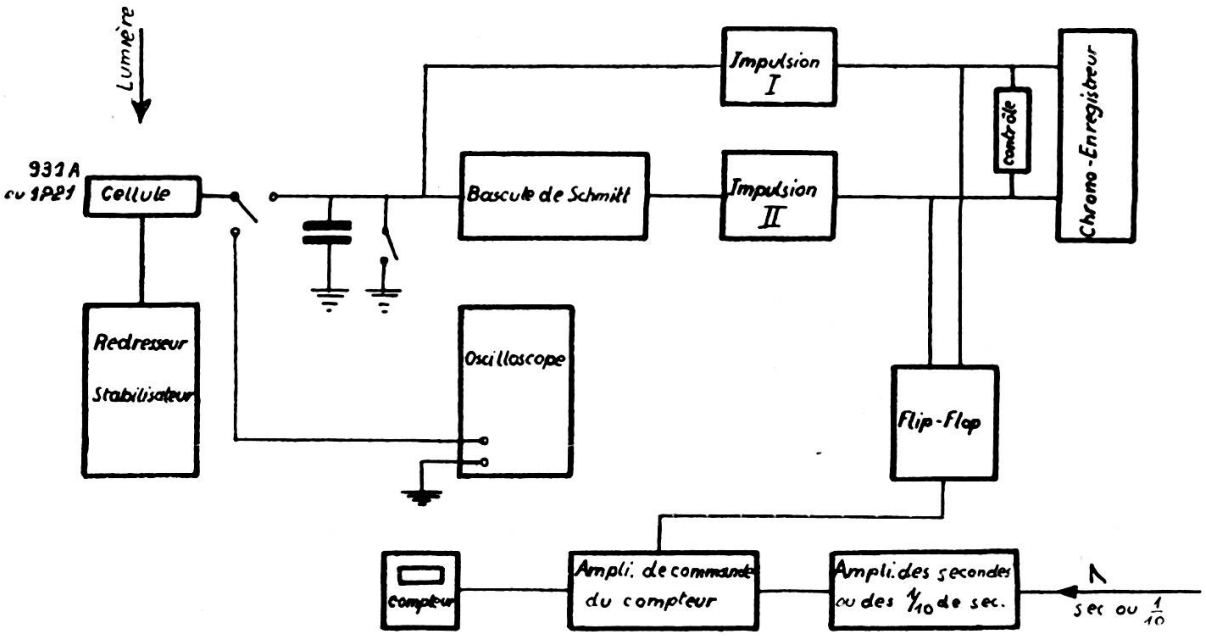

Fig. 1.

Schéma de principe du photomètre photoélectrique.

bureaux de l'observatoire. Un écouteur permet alors de vérifier l'envoi de ces deux impulsions et d'être ainsi averti de la fin de la mesure.

La cellule comporte neuf étages et la tension d'alimentation est de 1000 volts, soigneusement stabilisée par un stabilisateur à pentode-triode.

La bascule de Schmitt est précise et n'introduit pas d'erreurs actuellement appréciables.

5. Influence de la stabilisation et du filtrage.

Une variation de 1% sur le potentiel d'alimentation introduit une variation de 16% sur le courant de sortie, ce qui impose une stabilisation rigoureuse.

D'autre part, le filtrage doit aussi être excellent.

Si

ΔV est l'amplitude du ronflement

n le nombre d'étages

m la pente de la caractéristique $g = f(v_i)$

v_i la tension de chaque étage

g l'amplification totale

le rapport est:

$$\frac{\text{ondulation}}{\text{signal}} = \frac{m}{g} \frac{\Delta V}{n+1}$$

Or, on trouve que pour un rapport $\frac{\text{ondulation}}{\text{signal}} = \frac{1}{100}$ l'amplitude de l'ondulation ne doit pas dépasser 1 v., soit un coefficient d'ondulation de 1/1000.

6. Variation de la sensibilité de la photocathode.

Voir figure 2.

Cette étude a été faite avec une cellule 931A, et nous avons constaté que la réponse du tube dépendait considérablement de la position du point lumineux sur la cathode. On remarque que le maximum de sensibilité se trouve parfois à l'intérieur d'un rayon de 1 mm de diamètre. Ces inégalités dans la sensibilité de la cathode nous ont permis de déterminer l'importance du roulement du grand miroir du télescope et de l'étudier en fonction de la distance zénithale.

7. Description de la partie optique.

Le photomètre se trouve au deuxième foyer du télescope qui est du type Cassegrain, et il est monté sur une chambre photographique précédemment utilisée pour la photographie planétaire. Un oculaire coudé permet de guider l'instrument en observant par réflexion l'étoile, dans une glace sans tain. Derrière cette glace se trouve une lentille de Fabry, puis la cellule.

La lentille de Fabry donne sur la cathode de la cellule une image du petit miroir. Cette image a 3 mm de diamètre et son

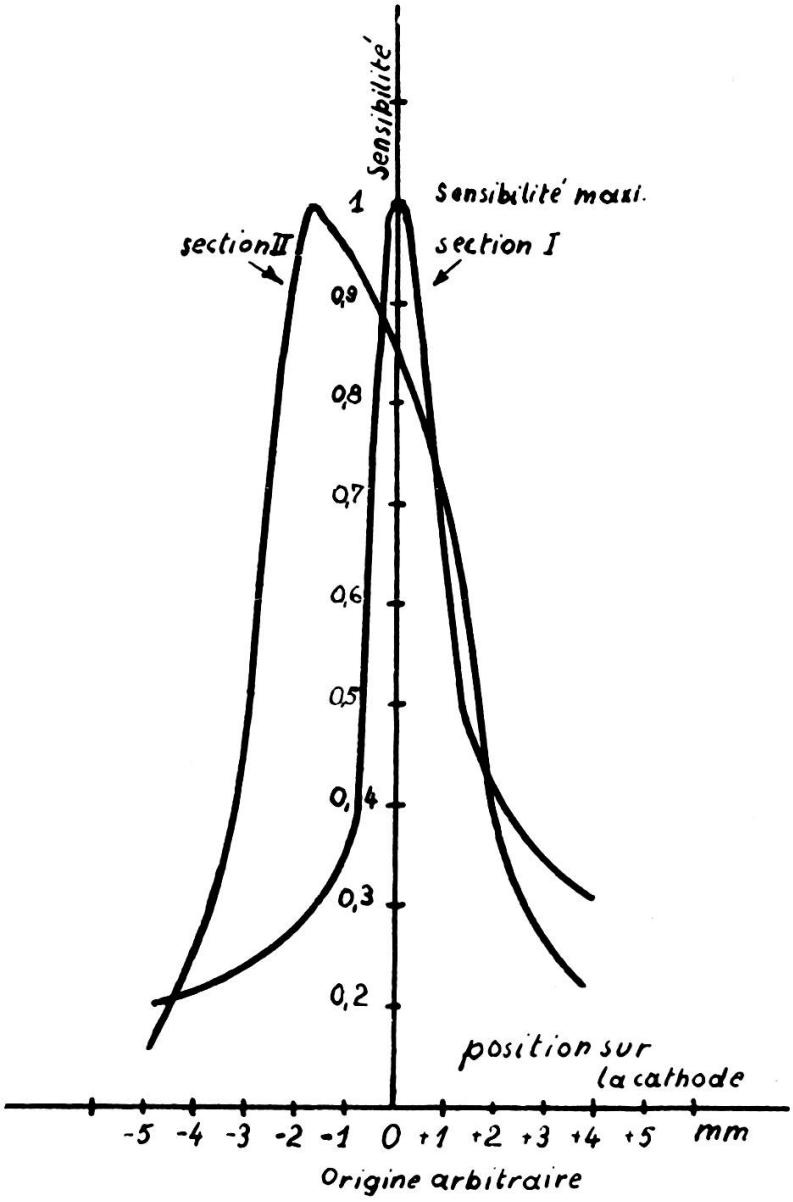

Fig. 2.

Sensibilité en fonction de la position de l'image sur la photocathode selon deux sections différentes
(la sensibilité maximum de la section est réduite à 1)

éclairement est pratiquement uniforme. La lentille a pour but de diminuer l'importance des faibles erreurs de guidage et du roulement en évitant de maintenir l'image presque ponctuelle

de l'étoile sur le domaine très restreint du maximum de sensibilité.

Signalons que, pour un instrument difficile à guider comme le nôtre, on a avantage à utiliser une lentille de Fabry donnant une grande image, car l'éclairement varie avec le cos β, et β est inversement proportionnel à c, diamètre de l'image. On peut, en effet, facilement montrer que:

$$\beta \simeq \frac{a}{c} \frac{x}{F}$$

où:

a = diamètre de l'objectif (1.000 mm),
c = diamètre de l'image (3 mm),
F = longueur focale (15.000 mm).
x = erreur de guidage en mm dans le plan focal.

8. Installation.

Afin de rendre les connexions essentielles aussi courtes que possible: les capacités, la pentode EF 50, la bascule de Schmitt, les amplificateurs d'impulsions de commande sont montés directement sur la chambre photographique qui contient la cellule. La photométrie photoélectrique en astronomie présente des difficultés techniques sous nos climats à cause de l'humidité, aussi tous les éléments ont été recouverts d'un vernis au polystyrène. De plus, les circuits de comptage et l'alimentation à haute tension sont dans une enceinte légèrement chauffée.

Conclusion.

La cellule 1P21 actuellement utilisée fonctionne avec 100 v. par étage et donne une amplification totale de 2.10^6 avec une sensibilité de 80 ampères par lumen. Pour l'étoile Aldebaran de première magnitude environ, nous avons une tension de 40 volts aux bornes de l'impédance d'entrée de 2MΩ de l'oscillographe. Le courant d'obscurité atteint 10^{-8} amp. et est plus élevé que celui annoncé par RCA. Les mesures des magni-

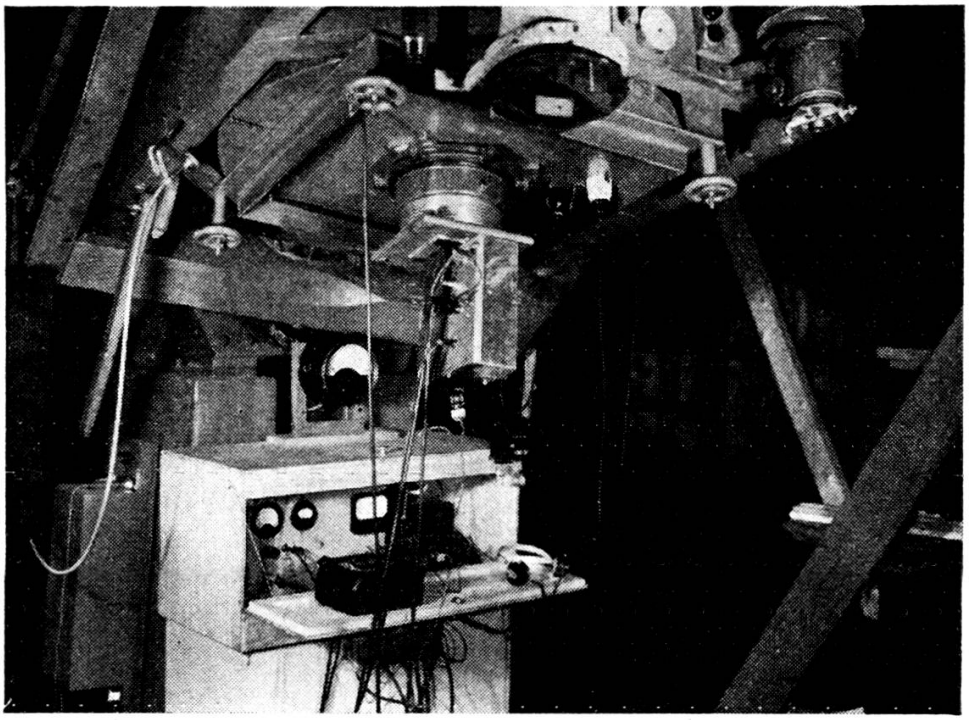

Fig. 3.

Vue générale: en bas, l'enceinte chauffée contenant le redresseur et le stabilisateur (à gauche), le circuit de commande du compteur (à droite).

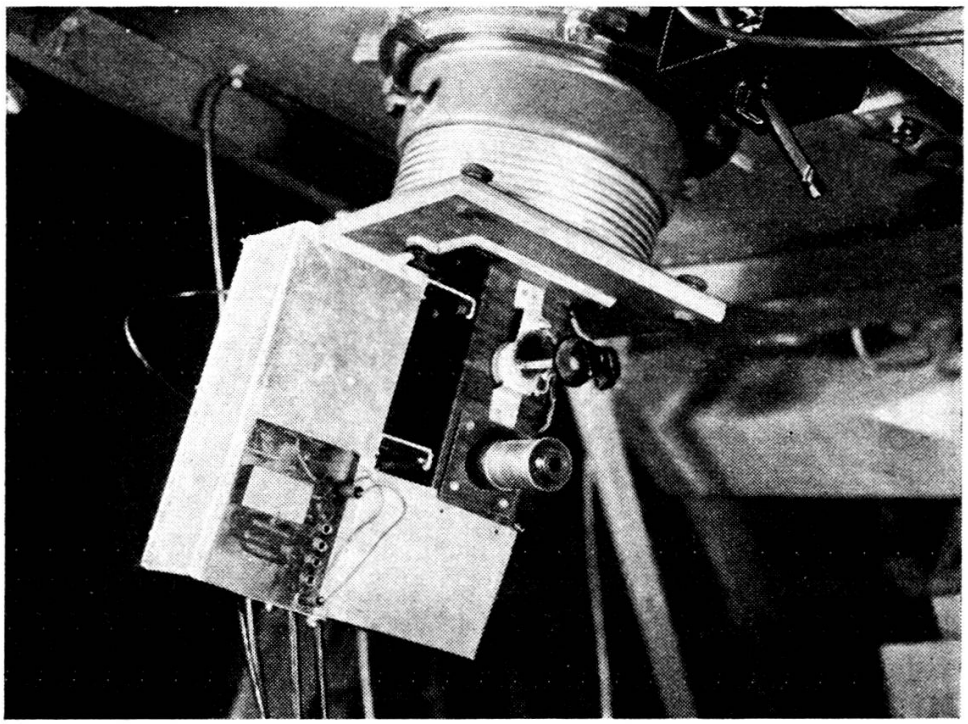

Fig. 4.

Cellule et bascule de Schmitt, oculaire de guidage.

tudes photoélectriques effectuées en juillet 1952 sur la constellation du Dauphin avec la cellule 931A permettent d'espérer une précision de 1 à 2/100 sur la magnitude avec la cellule 1P21 actuellement en usage.

Nous avons pu vérifier et obtenir des résultats semblables à ceux annoncés par M. Kron [4], à savoir que le courant d'obscurité dépend considérablement de la durée de mise en tension. Il diminue avec cette durée. D'autre part, l'étude à l'oscillographe cathodique du bruit de fond permet de constater une modification de son apparence avec l'âge du tube.

Observatoire de Genève.

BIBLIOGRAPHIE

1. A. Lallemand, *Journal de Physique* et *Le Radium*, série VIII, tome X, 1949, p. 235.
2. M.-F. Lenouvel, *Publications de l'Observatoire de Haute-Provence*, vol. 2, nº 22.
3. O. J. Eggen, *Ap. j.*, vol. 114, nº 1, July 1951, p. 141.
4. G. E. Kron, *Ap. j.*, vol. 103, nº 3, May 1946, p. 326.