Application de la photoélectricité à la photométrie astronomique

Autor(en): **Golay, M.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **- (1954)**

Heft 42

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-900439

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ORION

Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

SCHAFFHAUSEN JANUAR — MÄRZ 1954 No 42

Application de la photoélectricité à la photométrie astronomique

Par M. GOLAY, Observatoire de Genève

L'application de la photoélectricité à la photométrie astronomique n'est pas récente; déjà en 1908, J. Stebbins découvrit le minimum secondaire d'Algol à l'aide d'une cellule au sélénium, mais ce procédé de mesure de l'énergie rayonnée par les étoiles ne fut pas utilisé systématiquement dans les recherches. Il fallut attendre la création d'amplificateur électronique stable pour que les mesures de photométrie photoélectrique puissent être utilisées avec un certain rendement. Cependant, malgré ces progrès, la photoélectricité restait d'un emploi très délicat et la méthode photographique paraissait plus certaine et plus rentable. Enfin, la création industrielle des multiplicateurs d'électrons permit à la photométrie photoélectrique de prendre l'importance que nous lui connaissons actuellement.

Cet article sera partagé en deux parties. Dans la première nous examinerons les phénomènes photoélectriques en général et dans la deuxième, leur application à l'astronomie.

1. Définition

La photoélectricité a pour but d'étudier l'action de la lumière, visible ou non, sur les phénomènes ou les propriétés électriques.

Cette action peut se présenter sous les 3 formes suivantes:

1. *Effet photoconducteur:* le rayonnement modifie la résistance électrique de certaines substances.
2. *Effet photovoltaïque:* c'est la création ou la variation d'une force électromotrice sous l'influence d'un rayonnement.
3. *Effet photo-émissif:* c'est la libération d'électrons sous l'influence du rayonnement.

Le premier effet fut fortuitement découvert par May et Willoughby Smith en 1873 avec des bâtonnets de sélénium. L'effet conducteur fut utilisé le premier en astronomie avec les cellules au sélénium comme nous l'avons rappelé au début. Quant à l'effet photovoltaïque, le plus anciennement connu, il fut découvert par Edouard Becquerel en 1849. Nous ne nous attarderons pas sur ces deux effets qui ne sont plus appliqués dans l'astronomie moderne. L'effet

photo-émissif, enfin, fut étudié par Hertz et Halwachs, en 1888, qui remarquèrent que la lumière ultra-violette a la propriété de décharger les conducteurs métalliques chargés négativement. Ceci s'explique très facilement si l'on admet la libération d'électrons par la surface sous l'influence des rayons de lumière.

2. Théorie élémentaire de l'effet photo-émissif

Rappelons que dans un conducteur quelconque, il existe des électrons passant d'un atome à l'autre et effectuant des «sauts» d'une longueur variant avec la température et la nature du métal, ces électrons sont dits «libres». Ce sont ces électrons libres qui sont émis par la surface du métal exposée à la lumière. Donc, la lumière communique aux électrons libres une énergie suffisante pour se libérer.

Supposons, maintenant, que nous disposons de deux appareils: l'un compte les électrons émis par le métal sous l'influence du rayonnement, l'autre mesure la vitesse de déplacement de ces électrons. En réalité de tels appareils n'existent pas sous une forme élémentaire, mais nous pouvons réaliser des expériences qui nous permettent de déduire ces deux quantités:

a) vitesse d'émission des électrons v
b) nombre d'électrons émis n

Faisons varier successivement les trois quantités suivantes:

1. l'intensité du flux lumineux,
2. la composition du flux lumineux,
3. le métal émetteur

et examinons comment varient la vitesse d'émission v et le nombre d'électrons n.

On constate alors que:

1. Si l'on diminue l'éclairement, les électrons continuent à s'échapper du métal avec la même vitesse maximum, mais en plus petit nombre.
2. La vitesse maximum des électrons dépend exclusivement de la fréquence du rayonnement.
3. Pour un métal donné, il existe une longueur d'onde limite au-dessus de laquelle aucun électron n'est émis quel que soit le temps d'exposition du métal et l'intensité du rayonnement considéré.

Il existe donc un seuil photoélectrique caractéristique de chaque métal, défini par cette longueur d'onde limite.

Par exemple il sera impossible d'arracher un seul électron à une plaque d'argent avec des rayonnements de longueur d'onde plus grande que 2610 Å et ceci quelle que soit l'énergie mise en jeu.

Le seuil photoélectrique fut expliqué par Einstein en 1905, qui supposa que l'énergie rayonnée incidente pouvait être transmise aux électrons seulement sous forme de quanta. Ce fut là une éclatante confirmation de la théorie des quanta qui admet de véritables

atomes de rayonnement appelés «quantum» de rayonnement ou photon. Ces résultats sont exprimés par l'équation d'Einstein:

$$h\nu = w + \frac{1}{2} m v^2$$

dans laquelle:

h = constante de Planck = $6{,}554 \times 10^{-27}$ erg-seconde.

ν = fréquence du rayonnement incident.

w = affinité électronique du métal, c'est-à-dire l'énergie qui retient l'électron dans le conducteur.

m = masse de l'électron = $9{,}10 \cdot 10^{-28}$ g.

v = vitesse maximum de l'électron émis.

$h\nu$ est la quantité d'énergie transportée par le photon et l'on voit que plus la fréquence est élevée — donc plus la longueur d'onde est courte — plus l'énergie est élevée. Ainsi, les photons ont une plus grande énergie dans l'ultra-violet que dans l'infra-rouge.

L'équation d'Einstein nous montre que:

1. L'énergie du photon est utilisée, d'une part, pour extraire l'électron du métal — ce qui exige un rayonnement de fréquence suffisamment élevée pour que:

$$h\nu > w$$

(effet du seuil photo-électrique dont nous avons parlé)

et d'autre part, pour donner une vitesse v à l'électron.

2. Plus l'énergie du photon est élevée — donc plus la fréquence du rayonnement est grande — plus il reste d'énergie pour donner de la vitesse aux électrons émis.

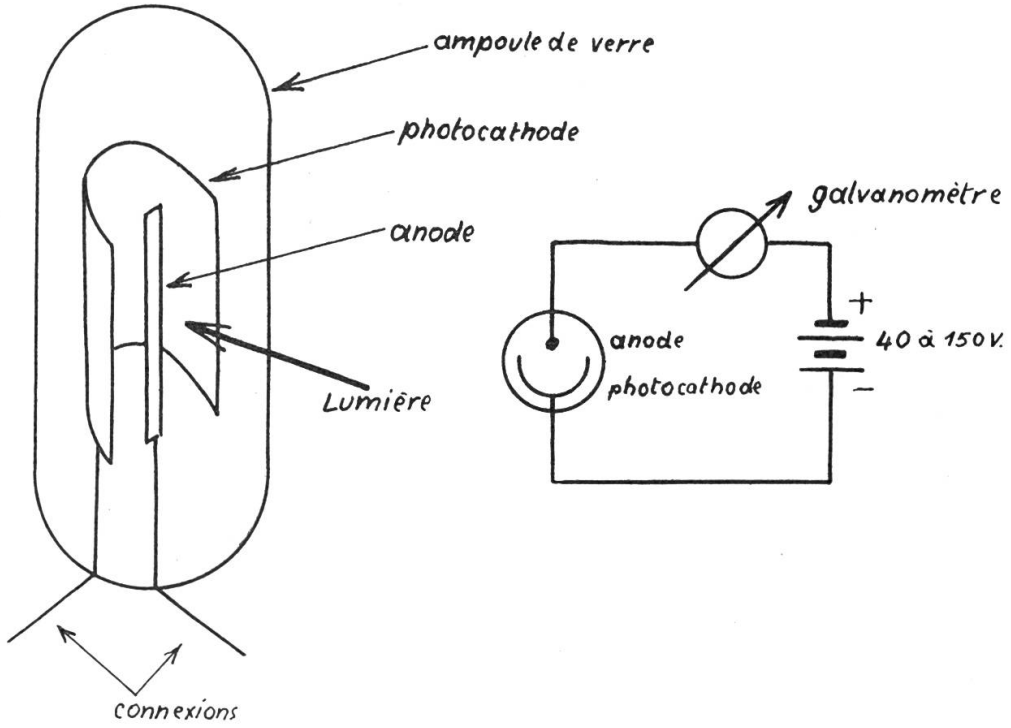

Fig. 1

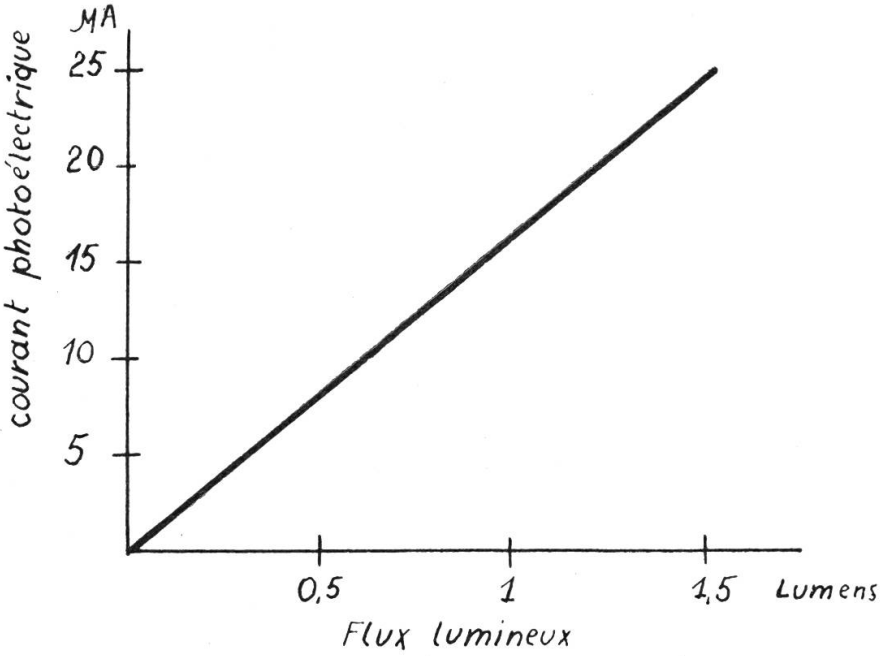
MA
courant photoélectrique
25
20
15
10
5
0,5
1
1,5
Lumens
Flux lumineux

Fig. 2

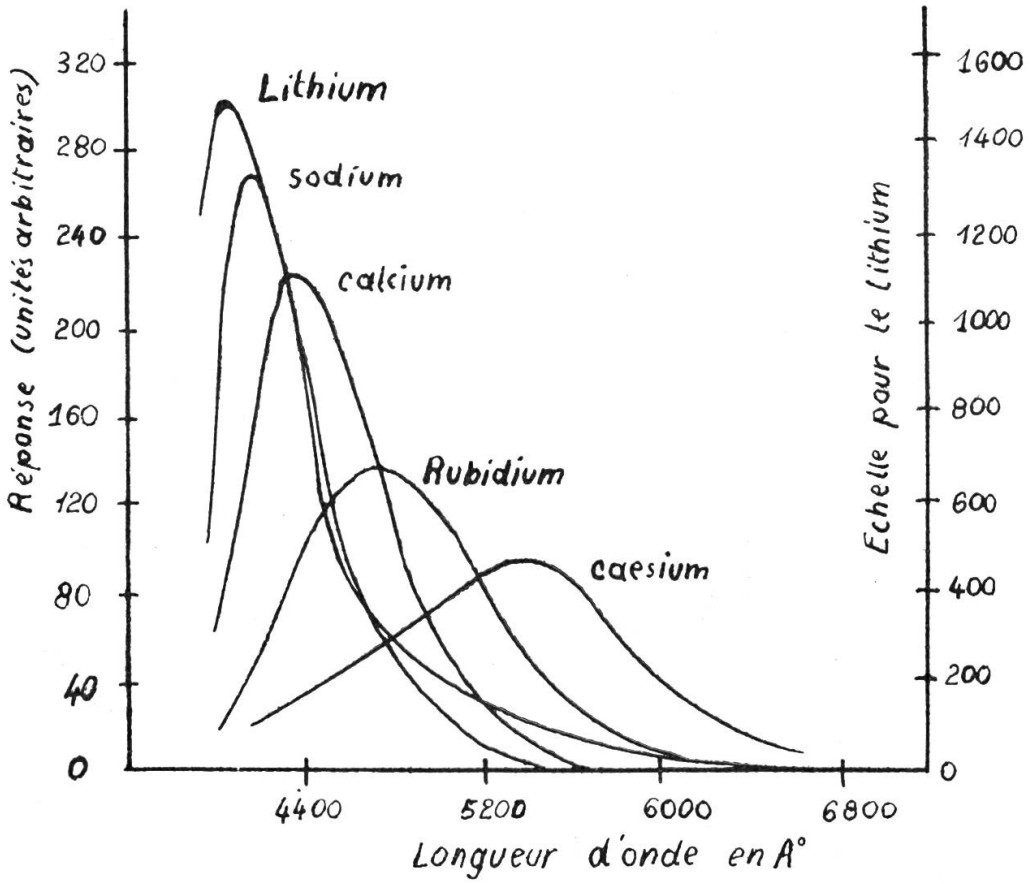
Réponse (unités arbitraires)
320
280
240
200
160
120
80
40
0
Lithium
sodium
calcium
Rubidium
caesium
Echelle pour le Lithium
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
4400
5200
6000
6800
Longueur d'onde en A°

Fig. 3

3. Caractéristiques des cellules photo-émissives

Pratiquement une cellule photoélectrique utilisant les phénomènes photo-émissifs, se compose d'un demi-cylindre de métal — appelé photocathode — recouvert d'une pellicule dont la composition chimique dépend de la sensibilité chromatique que l'on désire. Dans l'axe du demi-cylindre se trouve une électrode appelée anode et élevée à un potentiel positif par rapport à la photocathode. Cette anode a pour but d'attirer les électrons émis par la photocathode. Ces deux électrodes sont dans une ampoule de verre ou de quartz où règne le vide le plus parfait. Le schéma est le suivant (fig. 1):

La caractéristique la plus importante de ce type de cellule est la rigoureuse proportionnalité du courant au flux incident (fig. 2):

On peut rendre ces cellules sensibles à différentes régions du spectre visible en associant divers corps sur la photocatode. La figure 3 montre la sensibilité chromatique pour diverses photocathodes.

La sensibilité d'une cellule atteint 20 μA:lu. Par exemple, une cellule très sensible à cathode de caesium donne un courant de 20 μA lorsqu'elle est placée à 25 cm d'une lampe à incandescence de 60 watts. Une telle cellule donnerait un courant de 10^{-12} A pour le flux lumineux reçu de Véga dans un instrument de 35 cm de diamètre. Un tel flux est extrêmement difficile à mesurer et exige, soit une amplification considérable, soit des mesures électrométriques. L'amplification de ce faible courant peut s'effectuer à l'aide de tubes électroniques, ou directement dans la cellule elle-même en utilisant le phénomène de l'émission secondaire.

4. L'émission secondaire

Si on lance un électron contre une surface dont le travail d'extraction pour un électron est faible, le choc a pour effet de faire jaillir plusieurs électrons dits électrons secondaires. Recouvrons donc l'anode de la cellule précédente d'une couche photoélectrique au caésium par exemple, lorsqu'un électron arraché à la photocathode par un photon rencontrera l'anode, le choc libèrera plusieurs électrons de celle-ci que nous pouvons recueillir sur une troisième électrode.

Si un électron libère chaque fois par choc 3 électrons, en mettant en chaîne 10 électrodes on recueillera à la dernière électrode:

$$3^{10} = 59049 \text{ électrons pour un seul au départ.}$$

La figure 4 montre schématiquement la trajectoire des électrons dans une cellule qui utilise ce principe de l'émission secondaire. Ces cellules sont appelées «cellules à multiplication d'électrons» ou simplement «multiplicateurs d'électrons».

Ces cellules, étudiées et mises au point par Zworykin, furent très difficiles à réaliser et posèrent de nombreux problèmes d'optique électronique pour faire converger le faisceau d'électrons d'une électrode à l'autre. Actuellement, on trouve des cellules dont la sensi-

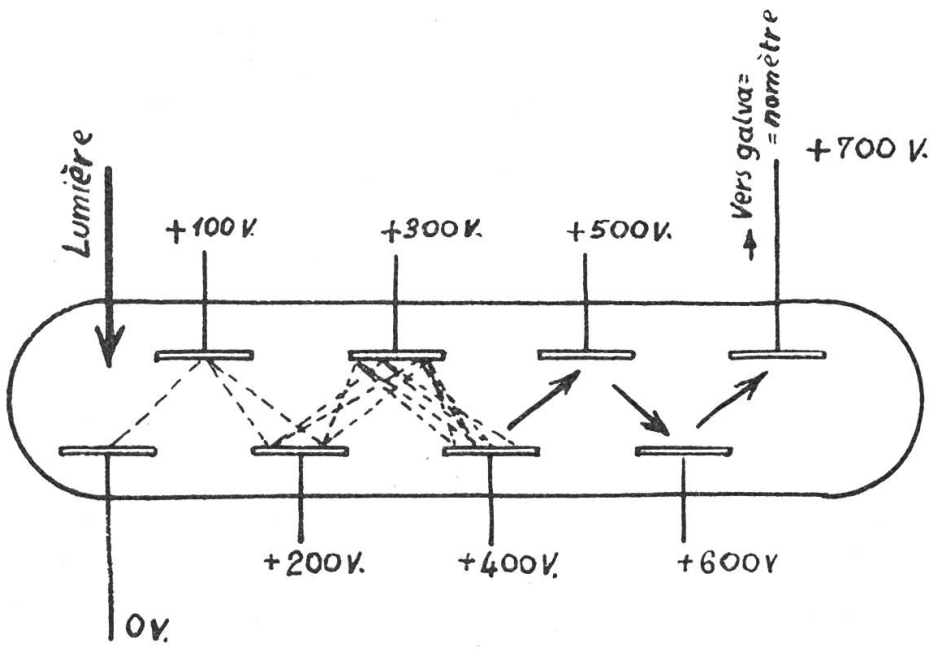

Fig. 4

bilité est extraordinaire et atteint 80 ampères par lumen, soit 4 millions de fois plus puissante que celle des cellules ordinaires décrites au début de cet article.

Les multiplicateurs d'électrons conservent la caractéristique essentielle des cellules ordinaires, de fournir un courant exactement proportionnel au flux reçu. Ces multiplicateurs s'utilisent directement avec un galvanomètre.

A titre d'exemple, voici un résultat obtenu par M. Lenouvel avec un télescope de 120 cm (Haute-Provence) sur une étoile de onzième magnitude: il obtient une déviation de 24 cm sur l'appareil enregistreur tandis que la lumière propre du fond du ciel donne une déviation de 5 cm, et il est loin de la sensibilité maximum qui peut être atteinte avec cette installation.

Conclusion

L'application des multiplicateurs d'électrons à l'astronomie pose cependant des problèmes fort délicats que nous discuterons dans un prochain article en passant en revue les diverses solutions proposées. Cependant l'astronome possède maintenant un instrument sûr et qui permet de faire un travail de grand rendement.

(A suivre)