

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 4 (1951)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Recherches de photométrie astronomique : faites à la station de Pierre-à-Bot en 1949 et 1950  
**Autor:** Saussure, Maxime de  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-739977>

### **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:** 29.01.2026

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

# RECHERCHES DE PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE

faites à la station de Pierre-à-Bot en 1949 et 1950

PAR

**Maxime de SAUSSURE**

(Avec 7 fig.)

---

Le mémoire présent fait suite aux articles concernant les travaux effectués à la station d'astronomie physique de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel [1]. Les trois sections de recherches mentionnées dans le dernier rapport ont été maintenues. En photométrie photographique stellaire on a principalement développé la méthode de l'écran mat, que nous avons déjà étudiée précédemment. En photométrie visuelle planétaire (ce dernier mot a été remplacé par: objets étendus) on a terminé les observations de la lumière cendrée lunaire; en outre, on a fait à titre d'essai quelques mesures du fond du ciel dans des champs choisis. Enfin, en photométrie thermique solaire, on a amélioré la méthode précédemment décrite et on a observé, non plus seulement en lumière violette, mais aussi en lumière orangée.

## A. PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE STELLAIRE.

Dans le précédent article [3], nous avons décrit les observations faites à l'aide de la méthode des poses successives avec diaphragmes, et nous avons fait les comparaisons des résultats obtenus par ce procédé avec ceux qu'ont donnés les méthodes simultanées employées antérieurement.

Nous avons continué pendant les premiers mois de 1949 à faire quelques images à pleine ouverture et à travers les écrans G et Fa, dont les courbes d'affaiblissement furent déterminées précédemment. Ces clichés, en petit nombre d'ailleurs, ont été faits pour être accompagnés de photos à l'aide d'un petit appareil immobile, dans le but de contrôler la transparence atmosphérique sur les traits d'étoiles ainsi obtenus. Une telle image auxiliaire sert au moins à faire un choix entre les clichés obtenus en de bonnes conditions de transparence, et les autres. On a pris ainsi deux images de l'amas Praesepe, deux des Pléiades, une de la nébuleuse d'Orion, avec trois images auxiliaires, permettant de discerner une qualité bonne et une qualité moyenne. Ces clichés furent obtenus avec un écran mat (n° 5) additionnel, placé devant la plaque (voir précédent article, p. 455-456).

A partir d'avril 1949, et jusqu'au début de 1950, on a photographié sans écran mat. Il s'agit de huit poses sur divers amas, prises à pleine ouverture et par l'écran G, accompagnées en partie de photos auxiliaires. Le résultat peut se résumer ainsi: Toutes les irrégularités de la conduite du télescope apparaissent nettement sur ces clichés. En outre, les images obtenues à travers le diaphragme G, qui est un réseau grossier, ont l'aspect de petites croix dues à la diffraction. Ces anomalies disparaissent par l'emploi de l'écran mat, du moins lorsqu'elles ne dépassent pas certaines limites.

*L'écran mat* s'est ainsi révélé comme un auxiliaire très favorable, ayant comme avantages: premièrement, la répartition de la lumière sur une petite surface<sup>1</sup>; deuxièmement, l'effacement d'erreurs provenant du guidage inexact ou de la diffraction engendrée par les écrans-grilles. Son seul inconvénient est une réduction de la luminosité, inévitable cependant, si on désire remplir la première condition.

Ayant constaté d'autre part (voir précédent rapport, p. 464) que les méthodes ne demandant qu'une pose étaient plus précises que celles à poses successives, nous n'avons pas

<sup>1</sup> Une telle répartition, obtenue précédemment par position extrafocale [6] ou à l'aide d'un objectif insuffisamment corrigé [7], peut favoriser les mesures photométriques.

continué à travailler avec les diaphragmes à mailles devant l'objectif. La méthode à pose unique la plus simple est celle de l'écran mat devant la plaque, déjà mise au point par nous [2] et qui met en jeu une troisième qualité de cet écran-là: son utilisation comme *étalonneur* de la plaque photographique.

Il existe en effet une relation quasi-linéaire entre le diamètre des taches stellaires, prises à travers l'écran mat, et la magni-

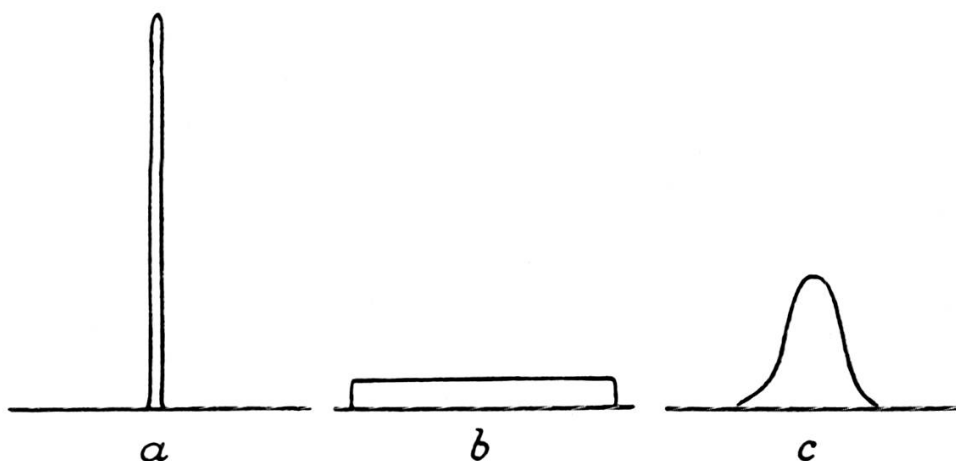


Fig. 1.

Répartition de la lumière d'une étoile.

*a*, dans le plan focal; *b*, en position extra-focale; *c*, avec l'écran mat.

tude. Il était cependant difficile alors de mesurer avec suffisamment de précision le diamètre des taches, vu que les images prises en ces conditions sont plus floues que celles prises au foyer ordinaire. C'est pourquoi nous avons mesuré maintenant les images à l'aide d'une séquence d'images auxiliaires, obtenue en photographiant une étoile assez brillante avec différents temps de pose. On remplace ainsi la mesure des diamètres toujours incertaine, par une interpolation à vue des images des étoiles entre celles de la séquence, comme on le fait aussi dans le cas d'images focales ordinaires.

L'étalonnage de la plaque par l'écran mat repose sur le raisonnement suivant. Dans une image focale ordinaire, la lumière est concentrée presque en un point (fig. 1 *a*), et c'est l'émulsion photographique qui, par son irradiation, disperse le noircissement en une tache dont l'étendue augmente avec

l'intensité reçue. Dans une image extrafocale, la lumière est répartie uniformément en une surface (fig. 1 *b*); l'émulsion donne une opacité qui augmente avec l'intensité. Dans les deux cas, c'est la plaque photographique qui est l'indicateur répondant à l'intensité, suivant une loi généralement inconnue et ne permettant pas un étalonnage direct. Au contraire, avec l'écran mat placé en avant, c'est celui-ci qui répartit la lumière de l'étoile sur une petite surface, suivant une loi constante; la plaque photographique ne fait qu'enregistrer cette image, en l'espèce une répartition en courbe de cloche (fig. 1 *c*). A chaque point de la courbe de lumière devrait correspondre un noircissement déterminé, c'est ce qui définit l'étalonnage.

L'irradiation photographique, qui pourrait intervenir, est atténuée favorablement, les bords des taches stellaires étant dégradés; comme elle peut cependant n'être pas nulle, il est recommandable d'employer des plaques de nature semblable, c'est-à-dire d'une même émulsion.

En pratique, on ne mesurera pas des points particuliers dans les taches stellaires, mais on comparera les images entières à une séquence constante obtenue avec le même écran mat, comme nous le disions tout-à-l'heure.

Le choix de la distance de l'écran mat à la plaque photographique est d'importance; car à une variation de cette distance correspond une variation de la dimension des taches stellaires et corrélativement, de la luminosité. L'expérience nous a montré qu'une distance de l'ordre de 1 à 2 mm est convenable. Une fois fixée, cette distance ne devrait plus être changée.

Nos écrans mats ont été faits de verres dépolis, enduits de vaseline pour les rendre transparents. Il est en effet important que cette transparence atteigne un degré suffisant, de façon que les objets vus au travers de la plaque, à faible distance, soient presque nets; à ce moment-là seulement la luminosité devient suffisante pour les clichés stellaires.

C'est en mars 1950 que nous avons repris les expériences, ayant muni le télescope photographique d'un nouvel écran mat, n° 6. On a obtenu six images des Pléiades, la plupart de bonne qualité (voir ci-après). D'autre part, il fallait une séquence pour mesurer ces plaques; on a pris des images d'une étoile assez

brillante en variant les temps d'exposition à raison constante 1,5 à 1,6 généralement. Des séquences ont été faites, de mars à septembre, sur diverses étoiles:  $\gamma$  Orionis,  $\zeta$  Tauri,  $\delta$  Cancr,  $\gamma$  Herculis, 72 Ophiuchi,  $\zeta$  Aquilae,  $\delta$  Cassiopeiae. Plusieurs ont dû être éliminées pour causes d'intensité insuffisante, de trop grands intervalles, d'irrégularités de forme ou de structure des images. On a retenu celles indiquées ci-après, qui se composent de douze images réparties sur deux rangées.

En octobre 1950, nous avons encore obtenu des séquences sur les Pléiades elles-mêmes. On n'a pris ici que les six images les plus intenses, car il y a assez d'étoiles pour rattacher plusieurs séries l'une à l'autre. On a considéré trois séquences, déterminées par trois étoiles, et on a mesuré par elles les magnitudes d'autres étoiles. Ces plaques-là ont été combinées par

*Plaques (EM), séquences (SM) et paires (PM) faites avec l'écran mat n° 6.*

Dési- gnation du cliché	Date 1950	Objet	Nombre d'images	Temps d'exposition	Qualité
EM 1	8 mars	Pléiades	1	5 min.	Assez bonne
EM 2	»	»	1	»	Moyenne
EM 3	11 mars	»	1	»	Bonne
EM 4	15 mars	»	1	»	»
EM 5	»	»	1	»	»
EM 6	»	»	1	»	»
SM 16	12 sept.	$\delta$ Cass.	12	3 à 300 sec.	Bonne
SM 17	»	»	12	»	»
SM 18	»	»	12	»	»
PM 9	6 oct.	Pléiades	6	30 à 300 sec.	Assez bonne
PM 10	»	»	6	»	»
PM 11	11 oct.	»	6	»	»
PM 12	»	»	6	»	»
PM 13	»	»	6	»	Bonne
PM 14	14 oct.	»	6	»	»
PM 15	»	»	6	»	»
PM 16	»	»	1	300 sec.	»

Toutes les plaques: Lumichrome.

paires: l'une contenant les étoiles à mesurer, l'autre faisant office de séquences.

Les mesures ont été faites sous le petit microscope déjà précédemment employé; on a comparé les taches stellaires dégradées à celles des séquences, avec interpolation à vue. A l'aide de la meilleure séquence, SM 17, on a mesuré deux fois les plaques EM 3 à EM 6; on a donné les deux valeurs, et leur moyenne  $n$ , en unités de l'échelle de cette séquence, dans le tableau 1. D'autre part, on a mesuré les paires PM 9 à PM 16, en trois parties rapportées aux échelles fournies par les étoiles indiquées.

TABLEAU 1.

*Plaques des Pléiades, mesurées avec la séquence  $\delta$  Cass. (SM 17).*  
Echelle de 12 à 7 et de 6 à 1. Les cotes 6 et 7 sont identiques.

Les valeurs  $n$  sont déterminantes.

Etoile	Em 3 $n$			EM 4 $n$			EM 5 $n$			EM 6 $n$		
$\eta$	12,0	12,0	12,0	> 12	13	12,7	> 12	14	13,0	12,5	12,5	12,5
$f$	10,5	11,0	10,7	11,8	12,0	11,9	11,5	11,7	11,6	11,5	11,3	11,4
$b$	10,7	11,0	10,8	11,3	11,5	11,4	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
$c$	10,0	10,7	10,3	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,7	10,7	10,7
$d$	9,0	9,7	9,3	10,5	10,7	10,6	10,7	10,7	10,7	10,5	10,5	10,5
$e$	8,7	9,0	8,8	10,3	10,3	10,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
$h$	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,5	8,8	8,0	7,7	7,9
$g$		5,2	5,2	7,5	7,0	7,2	8,0	7,0	7,5	5,7	5,7	5,7
$k$	4,3	4,0	4,2	5,7	5,7	5,7	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0
$l$	3,0	2,8	2,9	3,7	4,0	3,8	4,0	3,5	3,8	3,0	3,0	3,0
32	1,6	1,7	1,7	2,5	2,7	2,6	3,0	2,7	2,8		2,3	2,3
12	2,0	1,8	1,9	2,7	2,7	2,7	2,5	2,5	2,5	2,0	2,2	2,1
24	1,8	1,5	1,6	2,7	2,7	2,7	2,5	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3
38	1,2	1	1,2		2,0	2,0	2,3	2,0	2,2	1,8	1,7	1,8
22	< 1	< 1	< 1	1,8	1,8	1,8	1,5	1,7	1,6	1,2	1,5	1,4
29	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7
19	1,3	1,3	1,3	2	2	2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6

TABLEAU 2.

*Plaques des Pléiades, mesurées avec les séquences  $\eta$ ,  $d$ ,  $g$  (Pléiades).  
Echelle de 12 à 7. Rattachement des séquences par le décalage.*

Etoile	Plaque-échelle Plaque mesurée	PM 9 10	PM 11 12	PM 14 15	PM 15 16
$f$ $b$ $c$	Séquence: $\eta$	11,0 10,3 9,3	10,5 10,7 10,0	10,7 10,3 10,0	10,3 10,3 9,5
$e$ $h$	Séquence: $d$	11,5 9,5	12,0 9,5	12,0 9,5	11,5 9,5
$k$ $l$ 12 24 22 19	Séquence: $g$	11,7 10,5 8,3 9,3 8,0	11,7 10,0 8,5 9,0 8,0 8,5	11,2 9,7 8,3 8,5 8,3 8,5	11,0 9,3 8,0 8,0  
Décalage des séquences	Moyen				
$d - \eta$	2,6	2,4	2,2	2,9	2,9
$g - d$	3,2	3,15	3,0	3,4	3,25

Nous ajoutons les magnitudes, tirées du dernier rapport, p. 460, et fournies par les *Harvard Observatory Mimeograms*.

TABLEAU 3.

*Magnitudes des étoiles.*

Etoile	Magn.	Etoile	Magn.	Etoile	Magn.
$\eta$	2,89	$h$	4,84	12	6,64
$f$	3,56	$g$	5,47	24	6,81
$b$	3,57	$k$	5,68	38	6,91
$c$	3,85	$l$	6,23	22	6,98
$d$	4,20	34	6,26	29	7,00
$e$	4,21	32	6,46	19	7,14

L'étoile  $h$  est peut-être variable [8].



Dans la figure 2, nous montrons les courbes d'étalonnage, obtenues en mettant les noircissements mesurés en regard des magnitudes. Elles correspondent aux plaques EM 3 à EM 6, et sont décalées parallèlement l'une par rapport à l'autre pour la

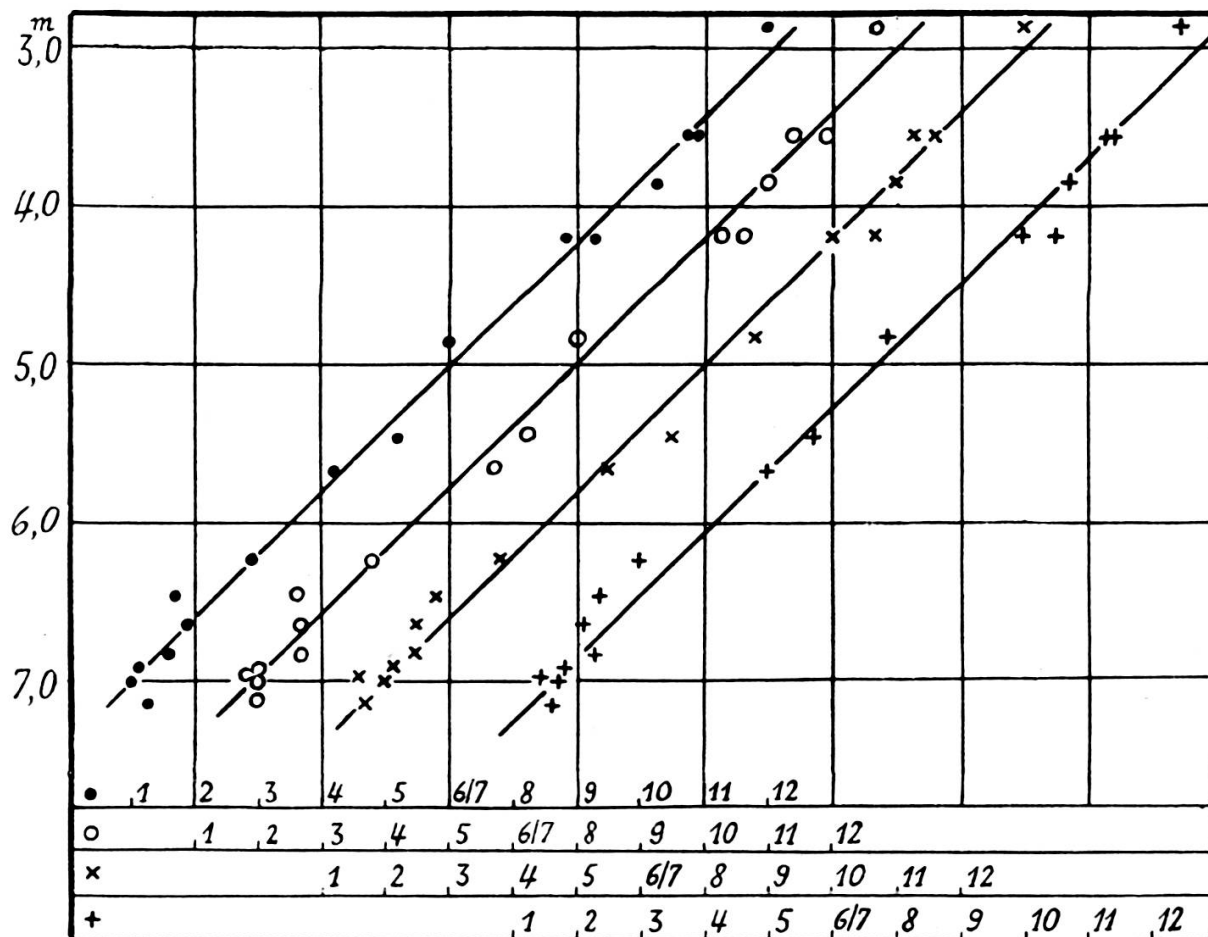


Fig. 2.

Droites d'étalonnage, obtenues avec l'écran mat.  
Quatre plaques individuelles des Pléiades.

clarté de la représentation. On peut, comme on voit, représenter les observations par des droites de pente constante. Seule l'origine diffère, ce qui est sans importance pour des mesures relatives (différences de magnitude).

Dans la figure 3, sont représentées toutes les observations des plaques PM 9 à 16, obtenues en trois soirs et réduites à une échelle uniforme et moyenne, en appliquant les corrections

de décalage. On reconnaît la possibilité de combiner même des observations faites en des conditions différentes, les écarts étant à peine plus grands que ceux des courbes précédentes, et la pente étant sensiblement la même.

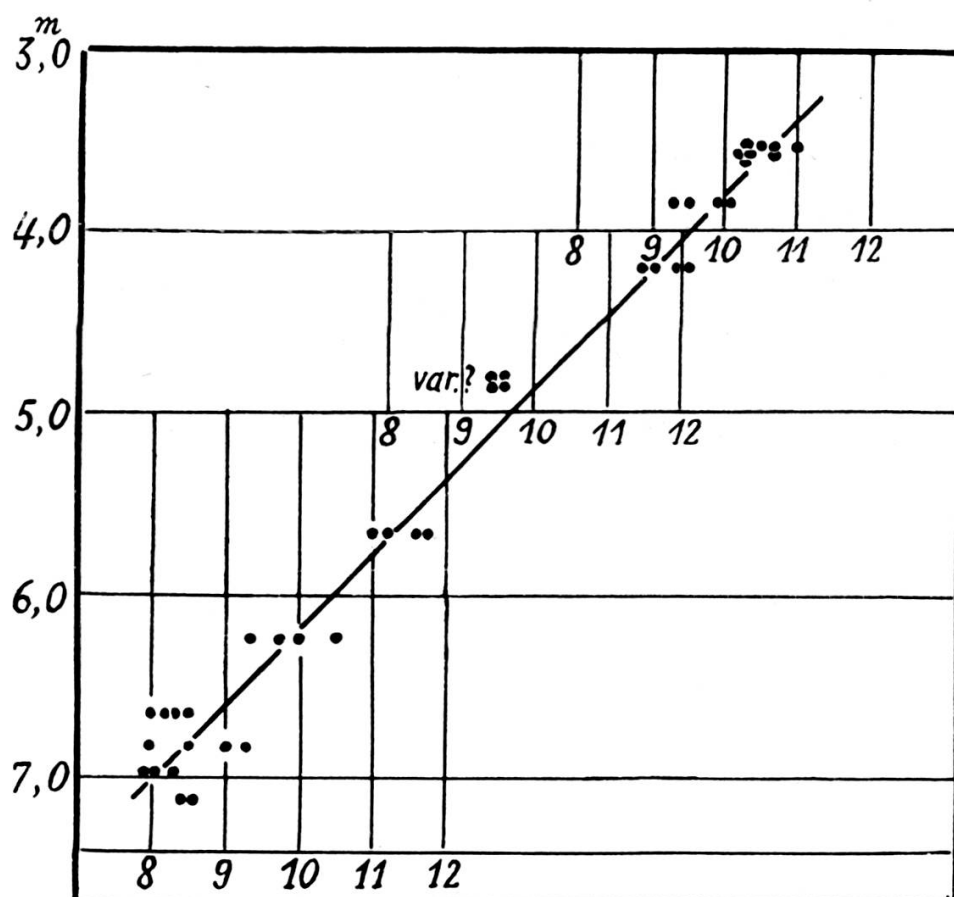


Fig. 3.

Droite d'étalonnage, combinaison de plusieurs plaques et séquences dans les Pléiades.

L'erreur probable des plaques individuelles du tableau 1 sont les suivantes:

EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
$\pm 0^m,08$	$\pm 0^m,08$	$\pm 0^m,08$	$\pm 0^m,09$

et l'erreur probable de la combinaison des plaques du tableau 2, un peu plus grande par suite de la diversité des conditions, se fixe à  $\pm 0^m,12$ .

*Discussion.*

La méthode de l'écran mat, remarquable par sa simplicité, permet d'obtenir la différence des magnitudes des étoiles d'un champ, par une seule pose. Son principe repose sur la répartition constante de la lumière de chaque étoile sur une petite surface, d'après une loi qui dépend de la diffusion dans la couche mate de l'écran, ainsi que de la distance fixe de celui-ci à la plaque photographique. Les mesures se font avantageusement par comparaison des petites taches floues à une séquence d'images analogues, obtenue sur une étoile auxiliaire. A part une différence d'origine, venant par exemple de la transparence atmosphérique variable, les courbes paraissent rectilignes et de pente constante. Il est recommandable d'employer des plaques de même émulsion et d'opérer dans des conditions semblables. L'erreur probable des plaques individuelles, qui est déterminante, est comparable, étant plutôt réduite, à celle des observations de 1946.

## B. PHOTOMÉTRIE VISUELLE D'OBJETS ÉTENDUS.

a) *Lumière cendrée lunaire.*

Les observations de la lumière cendrée (qu'on devrait proprement appeler « lumière de Terre » ou « clair de Terre ») ont été poursuivies et terminées à l'aide du photomètre planétaire à plage claire illuminée latéralement par un écran diffusant, décrit dans le précédent rapport [4]. On a pu faire des observations à deux dates le soir et à trois dates le matin. Les régions observées de la Lune ont été comme précédemment: le soir, à l'est de Mare Humorum; le matin, au sud-ouest de Mare Fecunditatis.

Les observations de 1949-1950 sont données au tableau 4. La disposition précédente est conservée: angle de phase  $p$ , distance de la Lune  $\delta$ , hauteurs  $h$ , longueurs  $d_f$  et  $d_l$  observées O, adoucies E; luminosités vraies  $J$ , moyennes et réduites  $J_{mr}$ . La tension de la lampe est restée à  $1,2 \pm 0,1$  volt comme en 1948. On a dû supprimer une soirée d'observation, du 22 mars 1950, ainsi que quelques mesures du 9 août suivant, dans

lesquelles le voltage avait dû être renforcé pour égaliser la plage du photomètre avec la région lunaire, ce qui faisait présumer un épuisement de la batterie.

D'autre part, le coefficient de transmission atmosphérique n'a pas pu être déterminé avec une précision suffisante dans chaque cas, sans doute à cause du nombre restreint de mesures restées disponibles. On a donc préféré maintenant admettre une valeur moyenne, égale à 0,85. En prenant  $a = 0,80$  on aurait augmenté les valeurs de  $J$  dans chaque cas d'environ 32%, ce qui correspondrait à une variation de 0,3 magnitude.

Les valeurs de  $J$  sont exprimées dans la même échelle que celle employée précédemment. Elles seraient d'ailleurs convertibles en magnitudes, par la formule ordinaire, en prenant par

TABLEAU 4.

*Observations de la lumière cendrée lunaire,  
le soir et le matin.*

Date	Heure	$p$	$\delta$	$h_l$	$h_s$	$d_f$		$d_l$		$J$	$J_{mr}$
1949	$h$		$\delta_0 = 1$			O	E	O	E		
Avril 1	20.25	34°,9	1,047	17°,1 — 14°,8			80,0	11,2	11,0	1,85	1,54
	20.35	Age		15°,5		79,5					
	20.40	+ 3 <sup>d</sup> ,1		14°,5			79,0	11,8	12,4	1,60	
	20.55			13°,0		78,5					
	21.12			9°,3 — 21°,9			77,0	21,5	21,0	0,75	
Juin 22	3.15	46°,1	1,040	14°,4 — 10°,9			22,5	12,2	12,2	1,20	0,98
	3.20	Age		15°,5		19,2					
	3.30	— 4 <sup>d</sup> ,3		17°,0			15,0	11,8	11,8	0,63	
	3.35			17°,8 — 8°,8		12,0:					
Oct. 18	3.42	46°,4	0,948	16°,2 — 32°,6			17,5	13,5	13,5	0,52	0,39
	3.48	Age		17°,2		17,5					
	3.55	— 3 <sup>d</sup> ,7		18°,5 — 30°,5			17,5	11,0	11,0	0,34	
1950											
Août 9	1.45	54°,7	1,037	10°,9 — 25°,3			27,5	15,2	15,2	0,93	0,83
	1.52	Age		12°,2		26,2					
	2.00	— 4 <sup>d</sup> ,6		13°,5			24,5	13,7	15,0	0,74	
	2.06			14°,0		22,5					
	2.15			15°,6 — 23°,0			22,3	15,0	14,7	0,63	

exemple le zéro de magnitude correspondant à l'unité d'intensité ( $i_1 = 1$  pour  $d_1 = 11,5$  mm).

*Discussion.*

En repérant ces intensités en fonction de l'angle de phase  $p$ , on ne trouve pas de corrélation marquée chez ces observations, peu nombreuses, dont deux d'ailleurs sont faites presque au même angle. Les valeurs du matin sont du même ordre de grandeur que celles trouvées en 1948. L'unique valeur du soir est cette fois supérieure; elle correspond aussi au plus petit angle de phase.

Des variations de l'albedo terrestre ne doivent être envisagées qu'avec réserve. Cependant, il est rare qu'un hémisphère de notre planète soit assez dégagé pour que son pouvoir réflecteur soit seulement conditionné par la répartition des terres et des mers. La formation variable des nébulosités atmosphériques peut le modifier considérablement. La lumière cendrée lunaire, étant d'autant plus intense que la nébulosité est plus étendue, apparaît comme un indicateur météorologique global du côté diurne de la Terre. Voir [9].

b) *Fond du ciel.*

Avec le même dispositif que pour la lumière cendrée, on a fait quelques mesures à titre d'essai, de l'intensité du fond de certaines plages, réparties symétriquement dans le ciel. On a choisi des champs situés sur l'équateur et séparés par environ deux heures d'ascension droite; on observait trois plages aux angles horaires voisins de  $-2$  h.,  $0$  h. et  $+2$  h. On répétait ceci une fois par mois, à une heure semblable chaque fois, de façon que de mois en mois les plages se décalaient de deux heures.

Afin d'augmenter la luminosité apparente du ciel, on observait sans oculaire, et on comparait la tache lumineuse formée par l'objectif avec l'écran mat éclairé de côté par la lampe réglable; pour le reste l'observation était analogue à celle faite sur la lumière cendrée lunaire. Pour le fond du ciel, la tension convenable de la lampe fut choisie à  $0,8$  volt  $\pm 0,1$  volt lors

des nuits sans Lune. Cette tension a toujours permis de faire des pointés en des conditions avantageuses. Un soir où par contre on avait observé lors de la pleine Lune (située près du méridien et à presque 30 degrés de déclinaison australe), on a dû prendre un voltage de 1,6 volt. La réduction aux conditions des nuits sans Lune peut se déduire approximativement d'une détermination auxiliaire en laboratoire, que nous avons faite sur la relation entre la tension exprimée en volts ( $v$ ) et l'intensité exprimée en magnitudes ( $m$ ). Cette détermination ayant été faite de  $v = 1,2$  à  $1,8$ , une extrapolation donne la courbe suivante (il ne s'agit ici que de différences de magnitude):

$v$	0,8	1,1	1,6
$m$	+ 3,3	0,0	— 2,6

Voici les mesures.  $\alpha$ ,  $\delta$  et  $t$  sont l'ascension droite, la déclinaison et l'angle horaire de la plage. De  $D$  mm que fournit la lecture, on tire de leur moyenne la quantité  $d = D - 2,5$  mm, puis  $\frac{1}{d^2}$  auquel la luminosité est proportionnelle. On a converti les intensités lumineuses en magnitudes, en stipulant que pour  $d_0 = 50$  mm, qui est sensiblement la plus petite valeur mesurée de cette grandeur, on aurait  $M_0 = 6$ ; ceci rappelle, par analogie aux étoiles, la plus faible valeur perceptible à l'œil, bien qu'ici ce ne soit pas exactement le cas. Les magnitudes  $M$  correspondantes des plages célestes mesurées sont indiquées pour les nuits sans Lune. Les chiffres concernant la nuit de pleine Lune, obtenus en retranchant 5,9 magn. à cause de la différence de voltage, sont mis entre parenthèses.  $v$  est la tension de la lampe en volts (voir page suivante).

#### *Discussion.*

Considérant les nuits sans Lune, pour une même soirée les écarts entre les magnitudes des divers champs ne dépassent pas 0,6 magn. Il n'apparaît pas de règle quant à la prédominance du champ méridien relativement aux autres. Mais on remarque qu'une soirée particulièrement claire donne des intensités inférieures (ou magn. supérieures) à celles de nuits normalement claires, et cela peut s'expliquer par l'effet de



brume provoquant une augmentation de l'illumination du ciel. Aucune réduction n'est nécessaire pour comparer ces observations d'intensités superficielles apparentes.

Références sur la luminosité du ciel nocturne: voir entre autres [10].

### C. PHOTOMÉTRIE THERMIQUE SOLAIRE.

Le récepteur du réflecteur solaire, décrit dans le précédent mémoire [5], a été encore un peu modifié. La partie intérieure, comprenant le tube en laiton, la cavité, le thermomètre est restée la même. La protection se compose maintenant d'une

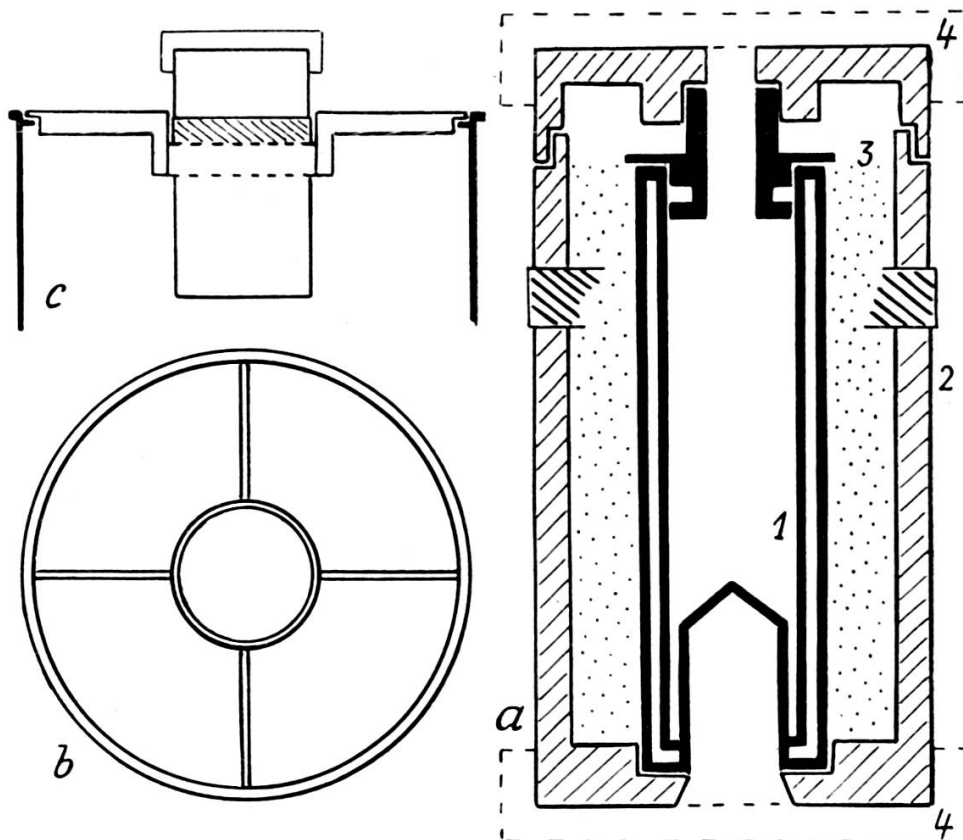


Fig. 4.

Récepteur thermique modifié (a), sans thermomètre. 1 = tube de laiton avec cavité, 2 = boîte en bois, 3 = laine de verre, 4 = couvercles appliqués pendant le brassage. Anneau-support, de face (b); récepteur monté au bout du réflecteur, en coupe (c). Les figures b et c sont trois fois réduites relativement à la figure a.



boîte cylindrique en bois, dans laquelle le tube de laiton s'adapte exactement, et qui n'a que les deux ouvertures nécessaires en haut et en bas; en outre elle est munie de deux couvercles pouvant les fermer complètement. L'intervalle entre le tube et la boîte est rempli de laine de verre. Le tout est porté, non plus par une tige, mais par un cerceau avec traverses en croix se posant sur le bord supérieur du tube de l'instrument. La monture du filtre coloré est restée la même; à l'ancien filtre violet on a substitué un nouveau filtre violet semblable et un filtre orangé, s'employant alternativement (fig. 4).

Afin d'étudier les équilibres de chaleur, on a d'abord fait quelques essais sur la radiation totale. Comme précédemment, on lisait la température avant et après l'insolation, le thermomètre restant dans l'appareil; l'intervalle de temps était 1 min. et la quantité d'eau 25 cm<sup>3</sup>. (Obs. des 21 et 25 juillet 1949.) Puis on a recherché un meilleur équilibre de température: avant d'y mettre le thermomètre on a placé le récipient dans diverses positions (verticale, retournée, horizontale avec rotation) afin de brasser l'eau et d'obtenir un équilibre exact avec le tube métallique la contenant; puis le thermomètre a été introduit, lu en état stationnaire et retiré. Après l'insolation, la même opération a été faite pour la deuxième lecture. (Obs. des 27 juillet, 5 et 15 août 1949.) Les mesures ont désormais un sens plus précis: le nombre de calories absorbées par le récepteur est égal à l'élévation de température multipliée par la somme des chaleurs spécifiques de l'eau et du récipient métallique; autour d'eux la protection athermane n'entre pas en ligne de compte.

Ces observations sont reportées dans la figure 5. En argument, l'heure de l'observation, en ordonnée, l'élévation de température en degrés. On constate dans les observations *b*) une notable amélioration, les valeurs ont une allure plus régulière que dans les observations *a*). La valeur moyenne est réduite, ce qui s'explique par la répartition égale de la chaleur dans une plus grande capacité (eau et récipient).

Ayant ainsi réalisé une isolation thermique satisfaisante, garantissant une capacité calorifique déterminée; d'autre part, les observations avec équilibrage de température ayant un sens

précis, on pouvait espérer mesurer en de meilleures conditions que précédemment, les quantités d'énergie relativement faibles traversant les filtres colorés. Nous avons alors entrepris séparément des mesures de la *radiation solaire orangée et violette*, faisant suite à celles de la radiation violette seule observée les années précédentes, en 1947 et 1948.

On a fait venir de Schott à Jéna les deux filtres suivants, de 2 mm d'épaisseur. L'un, désigné BG 12, de même qualité que

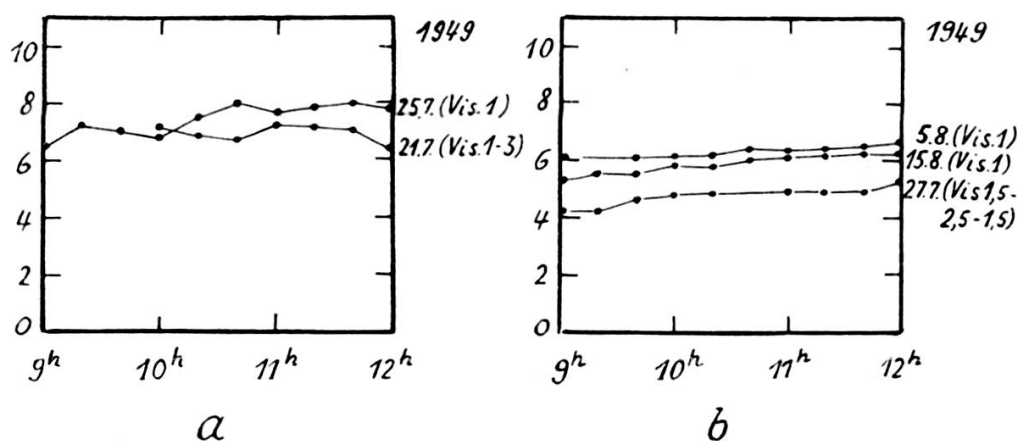


Fig. 5.

Observations avant et après l'introduction du brassage et la suppression du thermomètre pendant l'insolation.

celui utilisé précédemment, a une courbe de transmission analogue à celle donnée au dernier mémoire, p. 473, s'étendant de 325 à 500 m $\mu$  avec maximum vers 420 m $\mu$ . L'autre, désigné OG 2, a une transmission de 0,10 à 550 m $\mu$ , 0,60 à 560, 0,96 à 600 et 0,98 pour  $\lambda > 650$  m $\mu$ ; du côté de l'infra-rouge, la transmission est arrêtée par 1 cm d'eau de la même manière que dans la figure citée du dernier mémoire, c'est-à-dire que la courbe décroît de 700 à 1500 m $\mu$ . Les longueurs d'onde effectives sont 430 m $\mu$  pour BG 12 et 740 m $\mu$  pour OG 2 + eau [11].

La chaleur absorbée par le récipient est  $(W + a) \Delta T$ , la parenthèse étant la somme des capacités calorifiques et  $\Delta T$  l'élévation de température observée;  $T_0$  est la température originale. Négligeant les pertes, cette chaleur absorbée est

égale à l'intensité incidente  $J_z$  multipliée par le pouvoir réflecteur du miroir,  $r$ . La capacité calorifique étant constante,  $r$  l'étant aussi sensiblement pour chacun des deux domaines spectraux ( $r_v = \text{const.}$  et  $r_0 = \text{const.}$ ),  $\Delta T$  devient proportionnel à  $J_z$ . Nous indiquerons  $J_z$  simplement par le nombre  $\Delta T$ .

Aucun diaphragme n'a été employé. Pour les observations avec filtre, on a pris  $W = 25 \text{ cm}^3$ , l'intervalle de temps pour l'insolation est 2 min. On désigne par V la visibilité, échelle décroissante de 1 à 5; par E la force du vent, échelle croissante n (= nul), w, m, a, f; par A la température de l'air.

Dans le tableau 6, on rassemble les principales observations de la radiation dans les deux domaines spectraux considérés.

*Pouvoir réflecteur du miroir.*

Le réflecteur thermique a eu son miroir aluminisé au printemps de 1949; on l'a recouvert par évaporation dans le vide, d'une couche de métal pur. Celui-ci s'oxyde peu à peu par l'humidité et le pouvoir de réflexion diminue. Ce nombre a été déterminé en juin 1950, par un procédé analogue à celui employé en 1946 quand le miroir était argenté.

Nous rappellerons qu'il consiste à produire, avec une loupe montée en avant de l'instrument, une petite image du Soleil au centre de courbure du miroir, et de comparer l'intensité du faisceau direct ou réfléchi sur une bulbe noircie contenant du mercure en contact avec un thermomètre. L'appareil, perfectionné depuis le dernier usage, a donné les pouvoirs réflecteurs suivants (observations des 7, 8 et 10 juin 1950):

Radiation totale:	$r = 0,76$
Radiation orangée, filtre OG 2:	$r_0 = 0,78$
Radiation violette, filtre BG 12:	$r_v = 0,68$

Ces constantes ne sont données qu'à titre d'orientation; il n'a pas été nécessaire de les utiliser dans les réductions.

TABLEAU 6.

*Observations de la radiation orangée (O) et violette (B) en 1949-1950.*

Date, heure	Filtre	$T_0$	$\Delta T$ (2 min.)	V	E	A	Remarques
1949							
Sept. 6 9,0 h.	O	21,1°	3,7°	1	w		
9,5	B	21,0	1,3	1			
10,0	O	21,2	4,3	1		25°	
10,5	B	22,6	1,3	1	w		
11,0	O	21,7	4,5	1			
11,5	B	22,7	1,5	1			
12,0	O	22,5	4,45	1	w	27 1/2	
Oct. 22 10,0 h.	O	12,5°	4,3°	1	w	9°	
10,5	B	13,0	0,6	1 1/2			
11,0	O	12,35	4,5	1			
11,5	B	12,7	0,6	1			
12,0	O	12,15	4,7	1	w	11	
1950							
Juin 29 9,2 h.	O	20,1°	4,4°	1	w		
9,8	B	21,4	1,2	1			
10,5	O	21,05	4,35	1		24°	
11,2	B	22,2	1,4	1			
11,6	O	21,7	4,6	1	w		
Juill. 3 9,0 h.	O	20,9°	4,1°	1	w	23°	
9,5	B	21,65	1,3	1 1/2			
10,0	O	22,3	4,4	2		25	Nuages après 10 h.
Juill. 8 9,0 h.	O	18,2°	4,35°	1	m	19°	
9,5	B	18,6	1,05	1 1/2			
10,0	O	18,8	4,75	1 1/2			
10,5	B	19,6	1,1	1 1/2	m	21	
11,0	O	19,2	4,65	1 1/2			
11,5	B	20,1	1,05	1 1/2			
12,0	O	19,7	4,7	1 1/2	a	21 1/2	
Juill. 13 9,0 h.	O	17,9°	4,35°	2	w		
9,5	B	19,1	0,95	1 1/2		19 1/2°	
10,0	O	19,1	4,65	2			
10,6	B	20,5	1,25	1 1/2	w	22	
11,0	O	20,35	4,85	1 1/2			
11,5	B	21,1	1,2	1	w	23	Obs. de 12 h. manque par suite d'accident.

TABLEAU 6 (suite).

Date, heure	Filtre	$T_0$	$\Delta T$ (2 min.)	V	E	A	Remarques	
Juill. 28	9,0 h.	O	19,05°	4,1°	1½	w	21°	A 10 h. et 10,5 h. nuages.
	9,6	B	20,2	1,1	2			
	11,0	O	22,5	4,1	2			
	11,5	B	21,8	1,2	1½			
	12,0	O	20,9	4,7	2	w	24½	
Août 7	9,0 h.	O	17,6°	4,0°	1	w		
	9,5	B	18,6	0,8	1		19°	
	10,0	O	18,7	4,3	1			
	10,5	B	19,2	0,95	1	w	20	
	11,0	O	19,1	4,5	1½			
	11,5	B	20,5	1,0	1½			
	12,0	O	20,15	4,5	1½	w	22	
Sept. 11	9,1 h.	O	17,3°	4,2°	1	n		
	9,6	B	18,4	0,75	1½		18°	
	10,0	O	18,15	4,55	1			
	10,5	B	19,0	0,9	1	w	19	
	11,0	O	18,95	4,7	1			
	11,5	B	19,7	1,05	1			
	12,0	O	19,55	4,65	1½	w	20½	
Oct. 12	10,0 h.	O	12,0°	4,25°	1½	m	12°	
	10,5	B	13,2	0,6	1½			
	11,1	O	13,15	4,45	1			
	11,6	B	14,35	0,65	1			
	12,0	O	14,05	4,45	1	m	14½	

*Correction d'extinction atmosphérique.*

On a réduit l'intensité observée  $J_z (= \Delta T)$  à l'intensité extra-terrestre  $J$  par la formule:

$$\log \frac{J_z}{J} = \log a \sec z .$$

A chacun des deux filtres correspond un coefficient de transmission atmosphérique moyen, dépendant de leur longueur d'onde effective:

Filtre orangé:	$\lambda_{\text{eff}} = 740 \text{ m}\mu$	$a = 0,88$
Filtre violet:	$\lambda_{\text{eff}} = 430 \text{ m}\mu$	$a = 0,67$

Les facteurs  $J:J_z$  avec lesquels  $J_z$  est à multiplier sont donnés au dernier mémoire, p. 479 pour la radiation violette; le tableau suivant les donne pour la radiation orangée:

TABLEAU 7.

Valeurs de  $\frac{J}{J_z}$  (orangé).

$h$ Décl.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.
+ 20°	1,21	1,19	1,17	1,16
+ 10°	1,27	1,22	1,19	1,18
0°	1,36	1,27	1,22	1,21
— 10°	1,58	1,37	1,30	1,27

En comparant ces nombres avec ceux valables pour les rayons violets, on voit combien l'extinction dans l'orangé est beaucoup moins forte.

Les valeurs de la radiation ainsi réduite  $J$ , obtenues à l'aide de ces coefficients, sont représentées pour les deux domaines spectraux dans la figure 6. En abscisse les heures de la matinée, correspondant approximativement aux angles horaires — 3,5 h. à — 0,5 h. En ordonnée  $J = \frac{J}{J_z} \Delta T$  (en degrés thermiques). Les dates sont indiquées à droite, ou sur les courbes journalières. La grosseur des points caractérise la visibilité. Les deux nombres à gauche sont  $J_m$ , moyenne des  $J$ .

Ces valeurs accusent une notable dispersion autour de leur moyenne. Le fait d'avoir employé un facteur de transmission constant, pour chaque filtre, ne tenant pas compte des variations quotidiennes de la transparence atmosphérique, peut expliquer cette dispersion.

Afin d'améliorer ces valeurs, on a cherché à corriger le coefficient de transmission pour chaque jour d'observation, à partir de la différence entre les  $J$  et leur moyenne  $J_m$ . On a posé:

$$J_m = J + \Delta J \quad \text{ou} \quad \frac{J_m}{J} = 1 + \frac{\Delta J}{J} ;$$

de la formule d'extinction il suit :

$$\frac{J}{J_z} = 10^{k \sec z} \quad \text{avec} \quad k = -\log a ;$$

alors

$$\log \frac{J_m}{J_z} = \log \frac{J_m}{J} + \log \frac{J}{J_z} = \log \left( \frac{1 + \Delta J}{J} \right) + k \sec z . \quad (1)$$

D'autre part,

$$\log \frac{J_m}{J_z} = k_{\text{corr}} \sec z \quad (2)$$

définit un coefficient de transmission corrigé ; des deux dernières équations on obtient alors

$$\begin{aligned} k_{\text{corr}} &= k + \cos z \log \left( \frac{1 + \Delta J}{J} \right) \\ &= k + \Delta k , \end{aligned}$$

et on fait une moyenne pour le jour. A l'aide de ce coefficient corrigé moyen, on calcule pour chaque observation individuelle la valeur extraterrestre améliorée  $J_{\text{corr}}$ , d'après la relation (2) adaptée :

$$\log \frac{J_{\text{corr}}}{J_z} = k_{\text{corr. moy.}} \sec z .$$

A peu d'exceptions près, cette méthode a été applicable à nos observations. On a adopté  $J_m = 5,40$  dans l'orangé et  $J_m = 1,78$  dans le violet. Voir figure 6. Voici les valeurs de  $k_{\text{corr. moy.}}$  concernant les différents jours d'observation, ainsi que la valeur constante de  $k$  d'abord employée.

Filtre OG 2:  $k \text{ const.} = 0,056$

	1949			1950						
Date:	6.9	22.10	29.6	3.7	8.7	13.7	28.7	7.8	11.9	12.10
$k_{\text{corr. moy.}}$	0,063	0,034	0,066	0,076	0,053	0,050	0,068	0,069	0,042	0,045

Filtre BG 12:  $k \text{ const.} = 0,174$

(Mêmes dates)

$k_{\text{corr. moy.}}$	—	0,212	0,102	0,085	0,183	0,157	0,141	0,211	0,183	0,223
-------------------------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

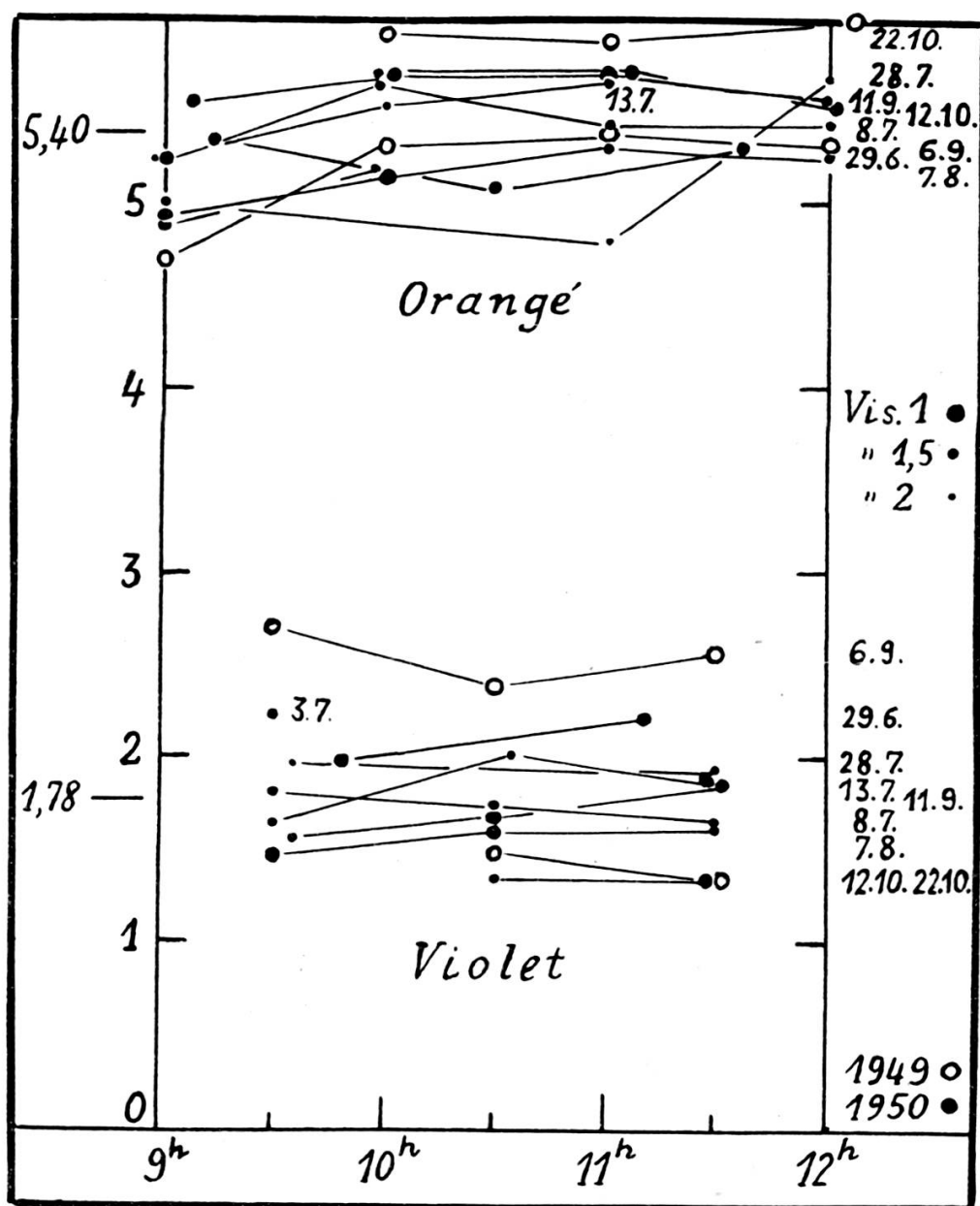


Fig. 6.

Radiation extra-terrestre,  
avec coefficients de transmission atmosphérique constants.

Les valeurs améliorées  $J_{\text{corr}}$  sont représentées dans la figure 7. Les nombres se groupent autour des constantes  $J_m$  précédemment trouvées d'une manière beaucoup plus nette



que ce n'était le cas avant la correction. Il apparaît donc qu'il est nécessaire, et compréhensible d'ailleurs, de calculer des valeurs extraterrestres à l'aide d'un coefficient de transmission journalier, qu'on peut déduire de sa valeur moyenne et de l'ensemble des observations comme il vient d'être démontré.

Seules les valeurs du groupe de 9 h. restent un peu en dessous de  $J_m$ , cependant moins qu'avant la correction. Les observations du 29 juin faites à des moments différents des autres dates, sont ramenées au groupe horaire le plus proche. En écartant deux observations aberrantes, correspondant à une moins bonne visibilité (juillet 28,  $V = 2$ ) on obtient les moyennes finales suivantes, reposant sur des observations de visibilité presque toujours 1 ou  $1\frac{1}{2}$ . L'unité est la même que celle de l'ordonnée des figures 6 et 7 (degrés thermiques, voir p. 361-362).

TABLEAU 8.

*Valeurs extra-terrestres corrigées.*

Date	Filtre OG 2 (orangé)				Filtre BG 12 (violet)		
	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	9,5 h.	10,5 h.	11,5 h.
1949							
Septembre 6	5,06	5,46	5,53	5,38			
Octobre 22		5,25	5,26	5,45		1,78	1,51
1950							
Juin 29	5,24	5,22		5,43	1,62		1,90
Juillet 3	5,29	5,46			1,69		
Juillet 8	5,18	5,51	5,35	5,36	1,85	1,82	1,67
Juillet 13	5,18	5,39	5,53		1,57	1,94	1,80
Juillet 28	5,25		(4,96)	(5,83)	1,77		1,75
Août 7	5,20	5,33	5,49	5,40	1,66	1,79	1,78
Septembre 11		5,32	5,40	5,30	1,63	1,71	1,88
Octobre 12		5,35	5,38	5,30		1,69	1,61
Moyennes	5,20	5,36	5,42	5,37	1,68	1,79	1,74
Moyenne générale		5,34				1,74	
Rapport orangé violet				3,07			

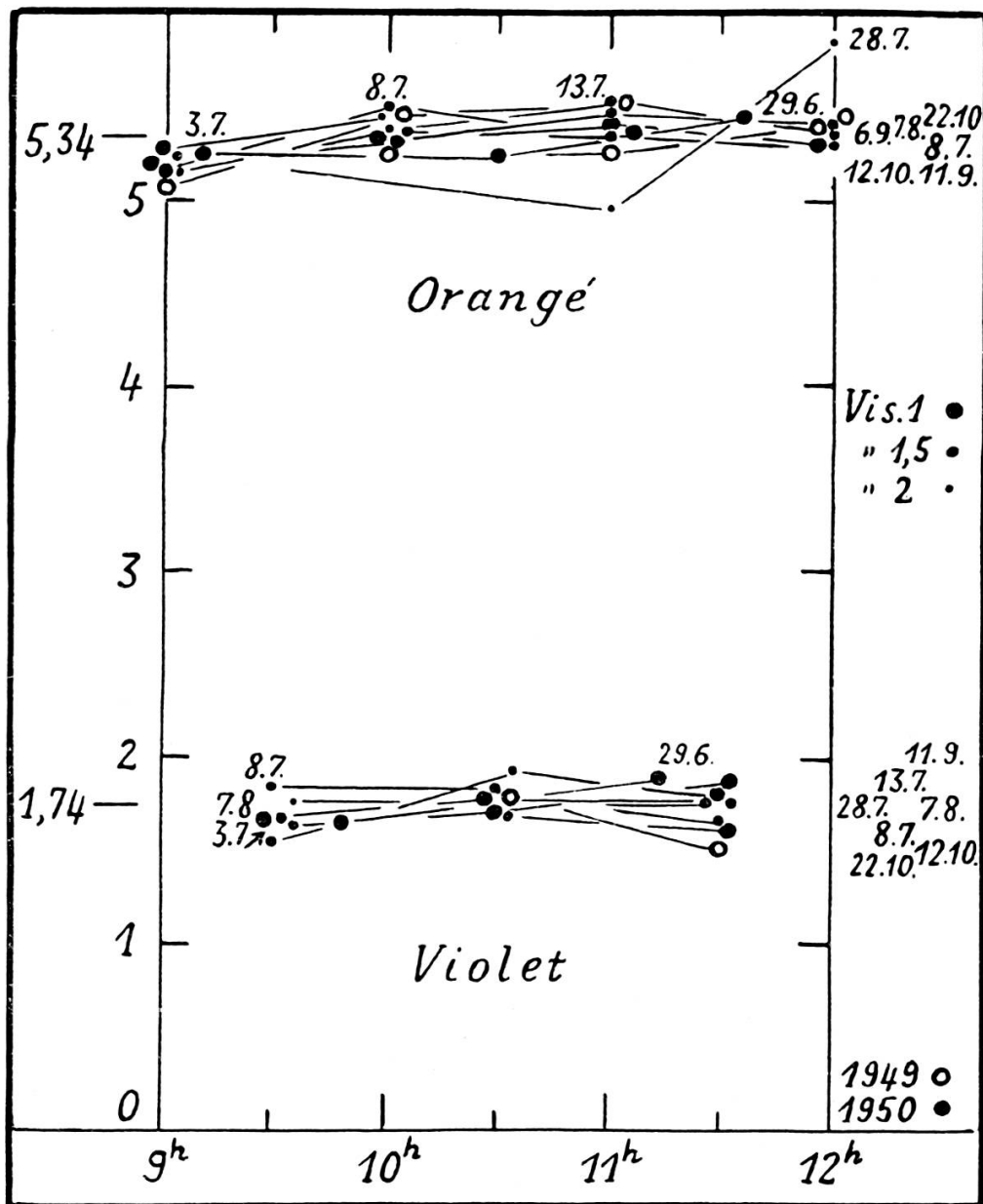


Fig. 7.

Radiation extra-terrestre,  
avec coefficients de transmission journaliers.

Le dernier rapport signifie la proportion de la radiation orangée à la radiation violette du Soleil, en tenant compte de la courbe de transmission spectrale de nos filtres. On voit ainsi que les grandes longueurs d'onde fournissent environ trois fois

plus d'énergie que les courtes. Cela correspond sensiblement à la courbe spectrale solaire [12].

Quant aux moyennes générales, elles s'écartent peu des valeurs de  $J_m$  données précédemment.

Si l'on désire enfin exprimer ces valeurs en *calories* par centimètre carré et par minute, il faut les multiplier par  $\frac{W + a}{r}$  (voir p. 362). La capacité calorifique du récepteur étant  $W + a = 50,9$  cal par degré, celle de l'eau seule étant 25, on a en utilisant les pouvoirs réflecteurs du miroir indiqués précédemment:  $\frac{W + a}{r_o} = 65,3$  et  $\frac{W + a}{r_v} = 74,9$ . Le produit des moyennes générales du tableau 8 par ces constantes, rapporté encore à l'unité de surface du miroir ( $S = 317 \text{ cm}^2$ ) et à l'unité de temps (1 min.) donnerait

$$\begin{aligned} \text{pour l'orangé:} & \quad 0,55 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.} \\ \text{pour le violet:} & \quad 0,205 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.} \end{aligned}$$

dont le rapport égal à 2,68 serait un peu plus faible que ci-avant. On sait, d'autre part, que la constante solaire intégrale vaut  $1,90 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.}$

### *Discussion.*

Les observations faites en 1949 et 1950 sur les radiations orangée et violette au réflecteur thermique solaire ont donné des nombres relatifs de meilleure qualité que ceux obtenus précédemment en lumière violette seule.

Le récepteur perfectionné, consistant en un système calorifique indépendant (eau et tube de laiton), entouré complètement — sauf aux deux ouvertures indispensables — par un cylindre en bois avec isolation intermédiaire par laine de verre, permet de poser l'élévation de température proportionnelle à l'énergie absorbée par le récepteur. Le changement de méthode d'observation, consistant en un brassage du liquide donnant une égalisation de température avant chaque lecture, le thermomètre étant enlevé pendant l'insolation, donne une sûreté et une régularité notablement plus grande des mesures. On a appliqué, d'autre part, les corrections d'extinction atmosphé-

rique; la mise en compte d'un facteur d'extinction de l'atmosphère particulier à chaque jour, par un procédé de réduction spécial, diminue beaucoup la dispersion des résultats.

Ces observations montrent qu'avec les perfectionnements indiqués on arrive à mesurer avec une assez bonne précision la radiation solaire dans certaines régions spectrales, par le calorimètre à eau et à thermomètre, placé au foyer d'un miroir parabolique aluminisé. Si ce dernier est de grande ouverture relative, la petitesse de l'image solaire permet une ouverture restreinte du récepteur; en même temps l'action se trouve intensifiée, ce qui augmente la sensibilité.

## ANNEXE.

*Magnitudes et couleurs de Mars et Saturne.*

Saturne était en opposition le 7 mars, Mars le 23 mars 1950. On n'a pu observer qu'une égalité de magnitude, le matin; la seconde n'a pas été atteinte avant la disparition des planètes dans le ciel du soir. Voici le schéma des quelques observations obtenues, faites à l'œil nu et à la jumelle, comme précédemment.

TABLEAU 9.

*Magnitudes.*

		Observations	Magnitudes calculées [13]			Diff. corr.	Valeur du degré
			Mars	Saturne	Diff.		
1949							
Nov.	28,2	h 1,5 ♂	+ 1,2	+ 1,2	0,0	+ 0,10	0,07
Déc.	3,3	h 1 ♂	+ 1,15	+ 1,2	— 0,05	+ 0,05	0,05
	10,3	h = ♂	+ 1,05	+ 1,15	— 0,10	0,0	—
1950							
Mai	10,0	♂ 4 h 1 Reg.	— 0,3	+ 0,85	— 1,15	Pas d'égalité observable	
	13,0	♂ 3 h 1 Reg.	— 0,2	+ 0,9	— 1,1		
	29,9	♂ 3 h 2 Reg.	+ 0,15	+ 1,0	— 0,85		
Juin	7,9	♂ 2,5 h 1,5 Reg.	+ 0,3	+ 1,05	— 0,75		
Juill.	6,9	♂ 2,5 h	+ 0,65	+ 1,15	— 0,50		

Magnitude de Régulus: + 1,3.

Egalité théorique: 30 novembre. Observée le 10 décembre, alors la différence calculée était de  $-0,1$  magn. L'écart par défaut de la magnitude de Mars, observé à la dernière égalité d'avril 1948, se serait affirmé.

*Couleurs.*

		Mars	Saturne
1949			
Nov.	28,2	5 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>
Déc.	3,3	5½	2½
1950			
Mai	10,0	5½	2½
	29,9	5½	2
Juin	7,9	6	2½
Juillet	6,9	6	3

Dernière observation:  
hauteurs faibles.

Couleur moyenne de Mars 5½<sup>c</sup>, de Saturne 2½<sup>c</sup>.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. *Archives des Sciences*, 2, 3, 454, 1949.
2. « Recherches de photométrie astronomique faites à la station de Pierre-à-Bot en 1945-1946 », *Arch. Sc. phys. et nat.*, (5), 29, 243, 1947.
3. « Recherches de photométrie... en 1947-1948 », *Arch. Sc.*, 2, 455, 1949.
4. *Idem*, p. 465.
5. *Idem*, p. 472.
6. LALLEMAND, « Photométrie photographique stellaire », *Bulletin Astronomique*, 9, fasc. 7-9, p. 447.
7. GRAMATZKI, *Hilfsbuch der astr. Photographie*, p. 79.
8. *Sky and Telescope*, 8, p. 148.
9. DUBOIS, « Lumière cendrée et activité solaire », *Bull. Soc. astr. de France*, p. 136, 1944.
10. RUDAUX et DE VAUCOULEURS, *Astronomie, les Astres, l'Univers*, p. 290; « Les spectres d'émission du ciel nocturne, etc. », *Bull. Soc. Astr. de France*, p. 131, 1948; voir aussi p. 457, 1951.
11. Jenaer Farb- und Filterglas, Catalogue 8040.
12. WALDMEIER, *Sonne und Erde*, p. 60.
13. NAEF, *Le Ciel étoilé*, pp. 90-91, 1949; pp. 81-82, 1950.

## ERRATA

- Dans le précédent mémoire [1], il y a lieu de rectifier ce qui suit :
- Page 458. Retourner la figure. Dans la ligne 7 à partir du bas, remplacer *graphiques* par *photographiques*.
- » 461. Remplacer BONNER, *Durchmusterung* par *Bonner Durchmusterung*.
  - » 465. Légende de la figure 4, 3<sup>e</sup> ligne, remplacer *table* par *tache*.
  - » 467. Equation (2): remplacer le premier = par —.
  - » 468. En bas, remplacer  $d^3$  par  $d_1$ .
  - » 479. Ligne 6: remplacer 464 par 473.
-