

**COMPARAISON PHOTOMÉTRIQUE DE LA LUNE
ET DU SOLEIL
ALBEDO PHOTOÉLECTRIQUE DE LA LUNE**

PAR M. G. ROUGIER

COMPARAISON PHOTOMÉTRIQUE DE LA LUNE ET DU SOLEIL

ALBEDO PHOTOÉLECTRIQUE DE LA LUNE

PAR M. G. ROUGIER

INTRODUCTION

Les observations photométriques de la Lune publiées en 1933 (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, Tome II, fascicule 3) avaient été entreprises pour obtenir en particulier une bonne détermination de l'albedo de Bond de notre satellite, mais pour réaliser ce dessein il était indispensable d'exécuter avec la même cellule photoélectrique des observations photométriques du Soleil. Cette partie du programme n'ayant pu être remplie à cette époque, la question de l'albedo fut provisoirement réservée.

L'instrument nécessaire fut construit dès 1934 ; au printemps de cette année une série d'observations fut entreprise dans le Midi de la France. Ces observations permirent seulement de mettre au point l'instrument : lorsqu'on se propose d'affaiblir à un très haut degré la lumière à mesurer, il est très difficile d'éliminer complètement la lumière parasite et de s'affranchir de toute erreur systématique. Les observations définitives du Soleil ont été faites dans le Midi en août 1935 et en mai 1936. De nouvelles observations de la Lune ont été obtenues en avril et mai 1936 pour mettre en évidence, si elle existe, une influence de la libration en longitude.

CHAPITRE PREMIER

MÉTHODE ET INSTRUMENT

Méthode. — Pour comparer les éclairagements donnés par la Lune et le Soleil à l'aide de la cellule photoélectrique, j'ai utilisé la lampe étalon et le dispositif d'amplification, qui m'ont servi pour l'étude photométrique de la Lune, dont la magnitude en fonction de la phase est déjà déterminée dans l'échelle de magnitude que j'ai définie (*loc. cit.*, p. 261).

Pour comparer le Soleil et la lampe étalon, il est indispensable d'affaiblir la lumière de l'astre de manière que l'éclairement sur la fenêtre de la cellule soit du même ordre de grandeur que l'éclairement direct de la Lune. La valeur de l'éclairement affaibli est ainsi évaluée dans la même échelle de magnitude. Pour connaître la différence réelle de magnitude, il suffit de déterminer avec toute la précision possible le coefficient d'affaiblissement qui est une constante de l'instrument.

On a le choix entre divers procédés pour obtenir ce résultat ; la méthode imaginée par Bouguer et utilisée par John Herschel pour comparer directement la Lune aux étoiles, qui consiste à utiliser la divergence donnée au faisceau lumineux par une lentille à court foyer, présente l'avantage de donner un affaiblissement très sensiblement neutre, condition presque impossible à remplir à l'aide d'écrans absorbants.

Avec un seul objectif de microscope, pour obtenir un affaiblissement suffisant, il aurait fallu donner à l'instrument des dimensions exagérées. C'est pourquoi nous avons placé sur la ligne de visée deux objectifs de microscope Leitz n° 3 et n° 4 de manière à réaliser un instrument facilement transportable.

Instrument. — Les objectifs de microscope doivent être disposés dans une boîte (fig. 1) complètement étanche à la lumière dont les parois intérieures noir-

cies ne doivent diffuser aucune lumière vers la fenêtre de la cellule. La distance des objectifs à la fenêtre de la cellule, l'un des éléments qui fixent la valeur de l'affaiblissement obtenu, doit être parfaitement définie. En outre la lentille frontale des deux objectifs fait face à la cellule, puisqu'ici l'image se trouve à la place qu'occupe habituellement l'objet.

Pour remplir ces conditions, les objectifs O_1 et O_2 sont montés sur un bâti métallique mobile sur des glissières g fixées dans une boîte en bois longue de 1^m et de section carrée $16^{cm} \times 16^{cm}$. Ce bâti métallique, constitué par trois disques en laiton D assemblés à l'aide de trois tiges en laiton t , est terminé par trois

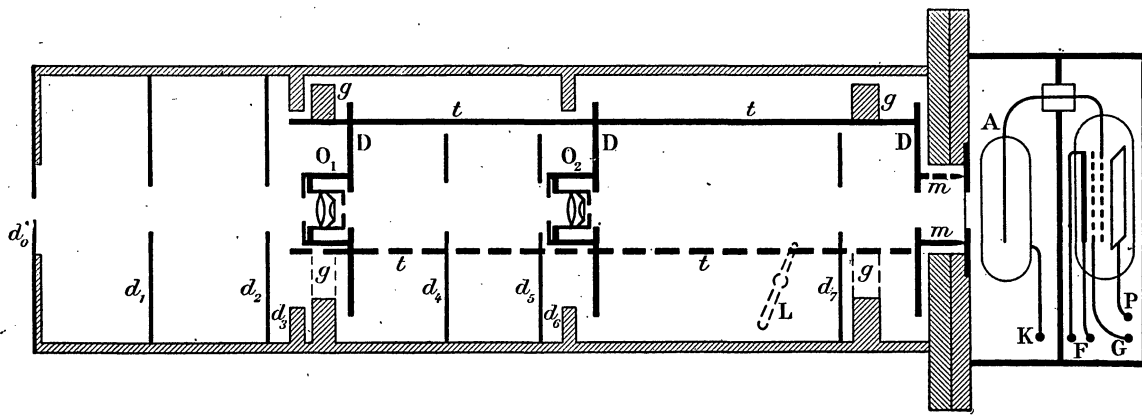


Fig. 1.

pointes mouses m qui, en s'appuyant sur la fenêtre de la cellule, permettent de ramener les objectifs toujours à la même distance de cette dernière. Un levier extérieur L permet d'écarter le bâti métallique lorsque la boîte contenant la cellule et la lampe amplificatrice doit être transportée sur le banc photométrique pour effectuer une comparaison avec la lampe étalon installée dans une chambre noire voisine de l'instrument. Un diaphragme circulaire placé en avant du premier objectif limite le diamètre angulaire du champ utile à 2° . Un viseur, fixé sur un des côtés de la boîte, permet de diriger l'instrument sur le Soleil.

L'appareil ainsi disposé étant pointé sur le Soleil, on constate, en plaçant l'œil à la place de la fenêtre de la cellule, que les réflexions intérieures sur la monture des lentilles des objectifs se manifestent par des anneaux brillants qui entourent la petite image solaire donnée par le système optique. Pour éliminer cette cause d'erreur, il a fallu placer en arrière de chacun des objectifs un diaphragme circulaire assez petit pour isoler l'image du Soleil.

On a disposé en outre dans la boîte des diaphragmes convenablement placés

d_1, d_2, \dots, d_7 , pour éliminer la lumière réfléchiée par les parois. Tous les joints de la boîte ont été garnis de mastic de vitrier dans lequel on a incorporé du noir de fumée. Des joints de feutre noir assurent l'étanchéité des parties démontables pour accéder à l'appareil.

Moyennant ces précautions, l'image du Soleil vue de la partie postérieure de l'instrument, la tête de l'observateur étant enveloppée d'un voile noir, se présente comme une étoile brillante visible dans une parfaite obscurité.

Pour éviter l'échauffement de l'appareil qui, du reste, est contrôlable à l'aide d'un thermomètre placé entre les deux objectifs en dehors du faisceau, la partie extérieure de la boîte est entièrement peinte au ripolin blanc.

CONSTANTE INSTRUMENTALE

La constante de l'instrument se détermine par des expériences de laboratoire ; elle résulte : 1° du facteur de réduction qui dépend seulement de la distance focale des objectifs et des dimensions de l'instrument, et 2° de la perte par absorption dans les objectifs, perte qu'il est essentiel de déterminer par des mesures effectuées avec la cellule au potassium.

Facteur de réduction. — Sa valeur est donnée par la formule :

$$R = \frac{F^2}{D^2} \cdot \frac{p'^2}{D'^2} \quad (1)$$

où F représente la distance focale du premier objectif et D la distance qui sépare le second objectif de l'image solaire formée au foyer du premier objectif ; de même p' représente la distance au point nodal d'émergence de l'image du Soleil donnée par le second objectif (cette quantité est très peu différente de F') et D' la distance qui sépare cette image de la fenêtre d'entrée de la cellule.

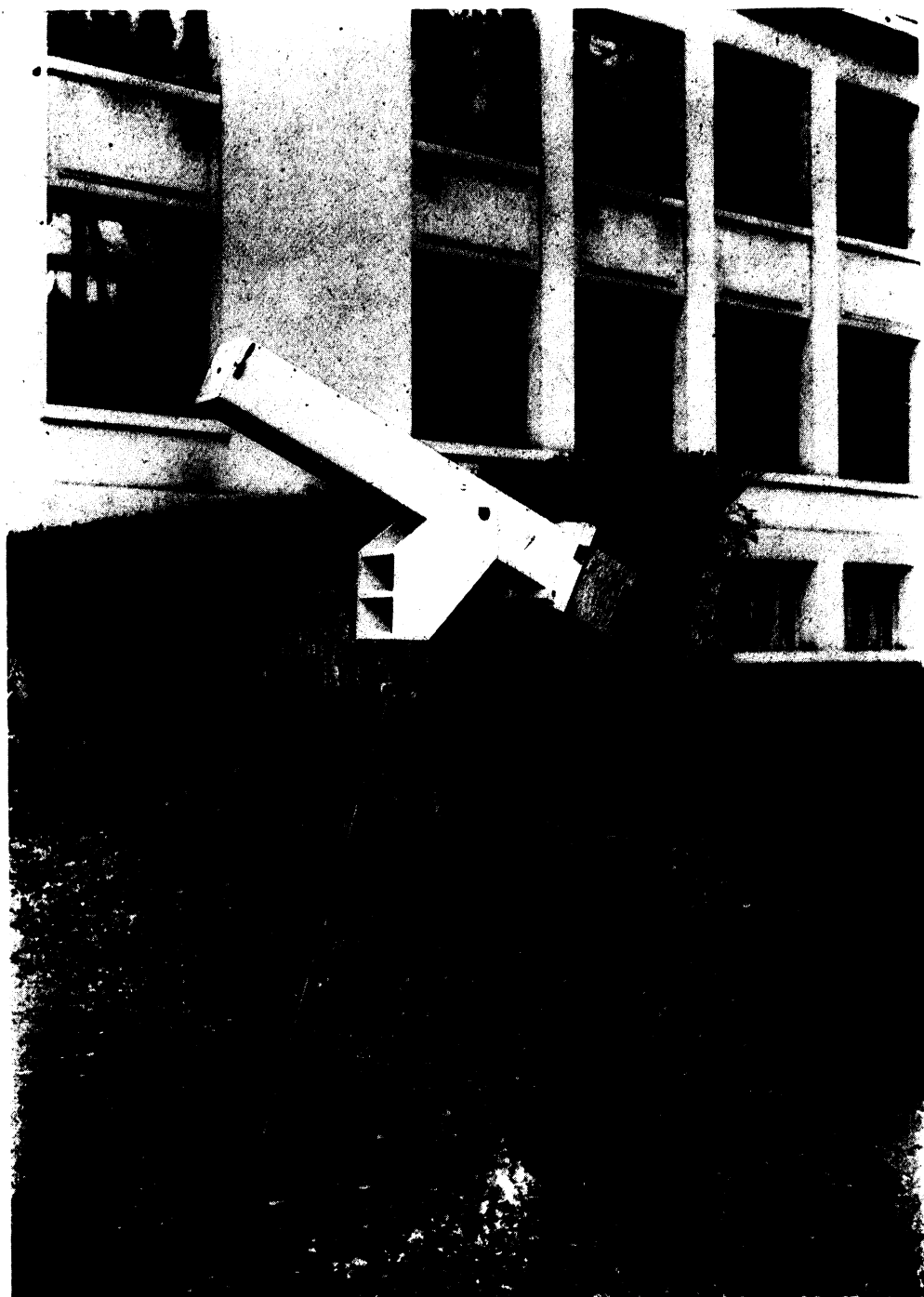
La précision avec laquelle le facteur R est connu dépend de la précision avec laquelle sont déterminées ces quatre quantités.

Le premier objectif est un n° 3 de Leitz pour lequel on a les valeurs suivantes données par le fabricant :

$$\begin{aligned} F &= 16^{\text{mm}},26 \pm 0^{\text{mm}},05 ; \\ \text{Distance frontale} &= 5^{\text{mm}},75 \pm 0^{\text{mm}},04 \text{ pour un tirage } \Delta = 160^{\text{mm}} ; \\ \text{Ouverture numérique à sec} &= 0,25. \end{aligned}$$

Le second objectif est un n° 4 de Leitz dont les données sont :

$$\begin{aligned} F &= 9^{\text{mm}},05 \pm 0^{\text{mm}},04 ; \\ \text{Distance frontale} &= 2^{\text{mm}},19 \pm 0^{\text{mm}},015 \text{ pour un tirage } \Delta = 180^{\text{mm}} ; \\ \text{Ouverture numérique à sec} &= 0,45. \end{aligned}$$



Photomètre photoélectrique pour les observations du Soleil.

D'après le constructeur, les tirages Δ donnent exactement la distance de l'image au point nodal d'émergence. On peut donc à l'aide de cette donnée calculer la distance qui sépare le foyer de la dernière surface optique en utilisant la formule de Newton. On a pour le premier objectif :

$$x = \frac{(16,26)^2}{160} = \frac{264,39}{160} = 1^{\text{mm}},65$$

pour la distance de l'objet au foyer dans les conditions d'emploi.

Le foyer se trouve donc en dehors de l'objectif à une distance de la dernière surface optique :

$$d = 5,75 - 1,65 = 4^{\text{mm}},10 \pm 0^{\text{mm}},05.$$

C'est ce plan qui doit servir d'origine pour la distance D.

La bonnette portant le diaphragme destiné à éliminer les réflexions produites par la monture de l'objectif est réglée de manière à situer le diaphragme dans ce plan. Le diamètre de l'ouverture libre de ce diaphragme est égal à $2^{\text{mm}},5$. Le diamètre du diaphragme d'entrée $d_0 = 11^{\text{mm}},8$, vu de l'objectif, sous-tend un angle de $2^{\circ},0$; son image a un diamètre linéaire de $0^{\text{mm}},6$ et celui de l'image, du Soleil est égal à $0^{\text{mm}},151$. Une légère erreur de visée ne risque donc pas de fausser les mesures.

Une première valeur de la distance D, qui résultait de la mesure de plusieurs distances prises sur divers organes de l'instrument, a été utilisée (*C. R.*, 202, 1936, p. 463) : $D = 258^{\text{mm}},0 \pm 0^{\text{mm}},5$. Depuis, cette distance a été déterminée avec beaucoup plus de sécurité en employant une réglette extensible, terminée par deux pointes mousses, avec laquelle on mesurait directement la distance D en transportant ensuite la réglette sur la machine à mesurer de l'Observatoire. On a trouvé $D = 258^{\text{mm}},1 \pm 0^{\text{mm}},1$. L'erreur est certainement inférieure à $1 : 2.000^e$.

En utilisant de même la formule de Newton, on a trouvé que l'image solaire donnée par le second objectif était plus proche de la dernière surface optique de $0^{\text{mm}},14$ que celle de l'objet dans les conditions normales d'emploi, soit :

$$2^{\text{mm}},19 - 0^{\text{mm}},14 = 2^{\text{mm}},05.$$

La bonnette de cet objectif porte un diaphragme dont le diamètre est égal à 1^{mm} , qui se trouve à cette distance de la surface optique ⁽¹⁾, de manière

(1) Le diamètre linéaire de l'image du diaphragme d_0 est égal à $20^{\text{mm}},7$ et celui de l'image solaire finale est égal à $5^{\text{mm}},2$. Vue de la partie arrière de l'appareil, elle a une apparence stellaire.

à servir d'origine pour la mesure de D' . On avait trouvé tout d'abord :

$$D' = 396^{\text{mm}},9 \pm 0^{\text{mm}},5.$$

La mesure directe de cette distance avec la réglette à pointe mousse a donné :

$$D' = 397^{\text{mm}},0 \pm 0^{\text{mm}},1.$$

On obtient donc facilement les valeurs des distances avec une précision très satisfaisante.

Les distances focales données plus haut ne sont pas celles que l'on trouve sur le catalogue de Leitz, mais les valeurs indiquées par cette maison à laquelle elles avaient été demandées. Les écarts représentent les tolérances permises pour un objectif quelconque de chaque catégorie. Il est donc indispensable de mesurer les distances focales pour les connaître avec la précision requise.

Nous avons utilisé la méthode de Mac Gillivray (Bouasse, *Optique géométrique élémentaire*, p. 176) qui présente l'avantage de donner directement la distance focale. Les objectifs ont été montés sur le tube du microscope de la machine à mesurer de l'Observatoire. Pour mesurer les déplacements de l'image, trois traits fins ont été tracés au préalable sur le tube coulissant du microscope, et la distance de ces traits a été mesurée sur la machine. Nous avons trouvé :

$$\begin{aligned} \text{Distance } 1 - 2 : L_1 &= 50^{\text{mm}},149 ; \\ 2 - 3 : L_2 &= 45^{\text{mm}},734 ; \\ 1 - 3 : L_3 &= 99^{\text{mm}},883. \end{aligned}$$

Pour mesurer les grandissements linéaires relatifs à chacun des trois tirages choisis, nous avons pris comme objet un détail facilement identifiable sur un trait d'un réseau placé sur le chariot de la machine à mesurer. Nous déplaçons chaque fois cet objet exactement de 500μ par rotation de la vis de la machine entre les divisions 63 et 13 du tambour, divisions pour lesquelles la correction de la vis est nulle, et nous mesurons le déplacement de l'image avec la vis du microscope micrométrique dont le pas est égal à $0^{\text{mm}},5$. Dans ces conditions, le grandissement linéaire cherché était directement fourni par la différence des lectures du tambour, exprimées en tours de vis. L'opération a été répétée plusieurs fois pour chaque tirage, de manière à éliminer autant que possible l'erreur commise sur la coïncidence des traits avec le trait repère et l'erreur sur la mise au point.

Nous avons trouvé pour l'objectif Leitz n° 3, les valeurs moyennes suivantes :

$$\begin{array}{ll} \text{Trait 1} & g_1 = 12,1539, \\ \text{Trait 2} & g_2 = 15,2500, \\ \text{Trait 3} & g_3 = 18,3156, \end{array}$$

qui donnent pour la distance focale F :

$$\left\{ \begin{array}{l} F = \frac{L_1}{g_2 - g_1} = \frac{50,149}{15,2500 - 12,1539} = \frac{50,149}{3,0961} = 16^{\text{mm}},197 ; \\ F = \frac{L_2}{g_3 - g_2} = \frac{49,734}{18,3156 - 15,2500} = \frac{49,734}{3,0656} = 16^{\text{mm}},223 ; \\ F = \frac{L_3}{g_3 - g_1} = \frac{99,883}{18,3156 - 12,1539} = \frac{99,883}{6,1617} = 16^{\text{mm}},210. \end{array} \right.$$

Valeur adoptée :

$$F = 16^{\text{mm}},210 \pm 0^{\text{mm}},013.$$

Avec l'objectif Leitz n° 4, nous avons obtenu les valeurs moyennes suivantes :

$$\begin{array}{ll} \text{Trait 1} & g'_1 = 23,2224, \\ \text{Trait 2} & g'_2 = 28,7571, \\ \text{Trait 3} & g'_3 = 34,2292, \end{array}$$

qui donnent pour la distance focale F' :

$$\left\{ \begin{array}{l} F' = \frac{L_1}{g'_2 - g'_1} = \frac{50,149}{5,5347} = 9^{\text{mm}},061 ; \\ F' = \frac{L_2}{g'_3 - g'_2} = \frac{49,734}{5,4721} = 9^{\text{mm}},089 ; \\ F' = \frac{L_3}{g'_3 - g'_1} = \frac{99,883}{11,0068} = 9^{\text{mm}},075. \end{array} \right.$$

Valeur adoptée :

$$F' = 9^{\text{mm}},075 \pm 0^{\text{mm}},015.$$

Pour les deux objectifs, les valeurs obtenues avec l'intervalle L_1 sont systématiquement plus faibles que celles données par l'intervalle L_2 . Il est très vraisemblable que cette erreur systématique provient du fait que l'apparence du trait sous le microscope pour la mesure des longueurs et celle du même trait vu avec une forte loupe, lorsqu'on règle le tirage pour la mesure des grossissements, sont un peu différentes. Quoiqu'il en soit ce sont les mesures faites avec le plus grand intervalle qui présentent le plus de sécurité et le contrôle apporté par le tirage intermédiaire est satisfaisant.

Les distances focales adoptées, qui sont effectivement comprises dans les limites de tolérance indiquées par le constructeur, sont déterminées avec une précision de l'ordre du 1 : 1.000^e même pour le second objectif.

Pour déterminer la valeur de p' , il suffit maintenant de calculer, en appliquant la formule de Newton, la distance qui sépare l'image du foyer. Le foyer antérieur se trouve à l'intérieur du système à une distance de la première surface optique égale à 2^{mm} environ. Il faut donc prendre pour distance de l'objet à ce foyer : $D + 2^{\text{mm}} = 260^{\text{mm}}$, et l'on a :

$$x' = \frac{(9,075)^2}{260} = \frac{82,35}{260} = 0^{\text{mm}},317$$

et finalement :

$$p' = F' + x' = 9^{\text{mm}},075 + 0^{\text{mm}},317 = 9^{\text{mm}},392.$$

La valeur cherchée du facteur de réduction géométrique R est :

$$R = \frac{(16,210)^2}{(258,1)^2} \times \frac{(9,392)^2}{(397,0)^2} = \frac{1}{453.000}.$$

Etant donnée la précision avec laquelle les diverses quantités sont connues, l'erreur relative sur R est au plus égale à 8 millièmes.

Les variations de température qui peuvent se produire pendant les mesures sont-elles susceptibles d'entraîner une erreur importante sur la valeur de R ? Le thermomètre placé dans la boîte a permis de s'assurer que la différence entre les températures extrêmes n'a jamais dépassé 10°. En adoptant pour le coefficient de dilatation du laiton, la moyenne des valeurs données par Benoît : $\alpha = 18,4 \times 10^{-6}$, on trouve :

$$10 \alpha D = 18,4 \times 10^{-5} \times 258 = 0^{\text{mm}},048 ;$$

$$10 \alpha D' = 18,4 \times 10^{-5} \times 397 = 0^{\text{mm}},073.$$

Les variations de dimension de l'instrument sous l'influence des variations de température peuvent être considérées comme négligeables. Elles ne peuvent en aucun cas altérer la pente des droites de Bouguer.

Absorption des objectifs. — Pour la déterminer, on s'est servi de la cellule photoélectrique. Mais, comme à la sortie des objectifs, le faisceau qui les traverse est fortement divergent, il est impossible de mesurer cette absorption avec précision à cause de l'hétérogénéité de la surface sensible. C'est pourquoi au lieu de mesurer le facteur de transmission de chaque objectif séparément, on a mesuré

globalement le facteur de transmission de l'ensemble du système optique en réalisant avec les deux objectifs un système afocal que l'on a interposé sur le trajet du faisceau donné par un collimateur alimenté par une lampe pointolite. De cette manière, la section du faisceau est du même ordre de grandeur avec et sans interposition des objectifs.

Chacun des objectifs était monté sur une équerre, et les deux équerres assemblées à l'aide de trois vis de distance et d'une vis de serrage pour permettre de régler le dispositif de manière à ne pas altérer la direction du faisceau donné par le collimateur lorsque les objectifs étaient interposés sur son trajet, faute de quoi la région utilisée de la surface sensible aurait été différente dans les deux cas. Le diamètre du faisceau a été diaphragmé à 2^{mm} pour éviter tout silhouettage par les pièces optiques. Cette circonstance, au lieu d'être un inconvénient, est avantageuse, puisque la mesure de l'absorption ne porte que sur les rayons centraux, les seuls qui soient utilisés pour les mesures photométriques du Soleil.

Le collimateur était placé verticalement au-dessus de la cellule à une distance suffisante pour que les objectifs, placés sur un support mobile à l'aide d'une crémaillère, puissent être déplacés le long du faisceau. Ceci permettait de s'assurer du parallélisme des rayons émergents ; en déplaçant le système optique le long du faisceau, les lectures du galvanomètre en série avec la cellule devaient rester identiques à elles-mêmes.

Le dispositif portant le système optique était réversible sur le support de manière à permettre de faire entrer le faisceau alternativement par l'un ou l'autre des objectifs. Les distances focales étant différentes, le diamètre du faisceau émergent était légèrement différent dans les deux cas.

Les mesures de l'intensité du courant photoélectrique étaient ainsi conduites : 1° cellule éclairée par le faisceau direct ; 2° système optique interposé objectif n° 3 en haut ; 3° faisceau direct ; 4° système optique interposé objectif n° 4 en haut ; 5° faisceau direct et ainsi de suite en croisant les mesures.

Soient E l'intensité du courant photoélectrique donné par le faisceau direct, e_3 celle du courant obtenu à travers le système optique objectif n° 3 en haut et e_4 celle du courant obtenu objectif n° 4 en haut, deux séries de mesures effectuées dans deux positions légèrement différentes de la cellule ont donné des résultats concordants résumés dans le tableau suivant :

$\frac{e_3}{E}$	$\frac{e_4}{E}$	$\frac{e_3 + e_4}{2E}$
0,514	0,502	0,508
0,516	0,504	0,510

Nous adoptons comme valeur définitive :

$$\frac{e_3 + e_4}{2E} = \frac{e}{E} = 0,509.$$

La différence systématique entre les valeurs obtenues lorsque le trajet de la lumière change de sens dans le système optique, tient au fait que ce dernier ayant un grandissement différent de 1, la dimension de la surface éclairée sur la cellule n'est pas la même dans les deux cas. Cette différence n'excède pas 2,5 %. Mais on doit se demander dans quelle mesure il est légitime de choisir la moyenne des valeurs obtenues dans les deux cas.

Le grandissement du système optique, égal au rapport des distances focales des deux objectifs, permet de calculer la dimension des taches lumineuses sur la surface sensible. Si l'on admet que le rapport trouvé est fonction seulement du diamètre de la tache, on peut obtenir par interpolation la valeur qui correspond à un grandissement égal à l'unité, c'est-à-dire pour des taches de diamètre égal avec et sans système optique interposé. On trouve ainsi pour valeur du rapport : 0,5106. Mais il n'est pas du tout certain que la valeur du rapport soit fonction du seul diamètre de la tache lumineuse par suite de l'hétérogénéité de la surface sensible. Il paraît donc plus prudent de s'en tenir à la valeur moyenne trouvée plus haut, qui du reste ne s'écarte que de 0,3 % de la valeur interpolée.

La constante instrumentale cherchée est en définitive :

$$C = \frac{\log_{10} R}{0,4} + \frac{\log_{10} \frac{e}{E}}{0,4} = -14^m,140 - 0^m,733 = -14^m,873 \pm 0^m,010.$$

CHAPITRE II

DISCUSSION DES OBSERVATIONS

I. — OBSERVATIONS DU SOLEIL.

Les observations du Soleil ont été conduites de la même manière que celles de la Lune, publiées antérieurement, pour déterminer l'absorption atmosphérique. Elles ont été effectuées également à Sanary. Une première série a été obtenue en août 1935 et une seconde série en mai 1936. Cette seconde série a été précédée et suivie de nouvelles observations de la Lune dont le résultat est donné plus loin.

Le tableau I, relatif aux observations du Soleil, donne pour chaque date inscrite dans la première colonne, le nombre des observations photométriques du Soleil sur lequel repose la détermination du coefficient d'absorption k donné dans la troisième colonne et dans la quatrième colonne, on trouve le poids p , attribué à la détermination suivant la règle adoptée pour les observations de la Lune (*loc. cit.*, p. 268).

La cinquième colonne fournit la correction de réduction à la distance moyenne : $d = 5 \log R$, et la sixième colonne la correction d'absorption : $a = kM$; M représentant la masse d'air relative à la magnitude observée qui figure dans la septième colonne.

La huitième colonne contient la correction nécessaire pour ramener les valeurs observées à l'étalon fondamental. Toutes les observations du Soleil ont été faites avec la lampe pyrométrique L_3 (*loc. cit.*, p. 250), d'abord pour faciliter les comparaisons et ensuite pour conserver l'étalon fondamental L_1 , qui ne fonctionne ainsi que pendant les durées assez courtes où la lampe utilisée est comparée à l'étalon.

La correction relative à la première série : $l = -1^m,506$ résulte de deux comparaisons très concordantes.

Avant les observations de 1936, les connexions du pont de Wheatstone qui

alimente la lampe L_3 , ont été soigneusement nettoyées et vérifiées. La correction : $l = 1^m,529$, valeur qui résulte de quatre comparaisons concordantes effectuées pendant la période des observations, montre que le rayonnement de cette lampe, dont la température est plus élevée que celle de l'étalon fondamental, n'a faibli réellement que de 3 % après 300 heures environ d'utilisation.

Les observations photométriques du Soleil ne sont, de ce chef, entachées d'aucune erreur systématique puisque la lampe L_3 a été, pour chaque série, comparée dans son état actuel à l'étalon fondamental lequel a toujours été l'objet de soins minutieux. Ce dernier qui a fonctionné pendant un petit nombre d'heures depuis la dernière comparaison faite au Laboratoire Central d'Electricité de Paris le 17 mars 1933, est certainement constant à l'approximation exigée par nos mesures.

La neuvième colonne contient les magnitudes du Soleil affaibli dans l'instrument, et la dernière la partie de la journée pendant laquelle les observations ont été faites.

TABLEAU I

DATE	N	k	p	d	a	OBS.	l	m		
		m		m	m	m	m	m		
1935 Août	4	37	0,66	2	-0,031	-0,89	-0,05	-1,506	-2,48	Matin et après-midi.
	5	10	0,68	1	-0,031	-1,77	+0,60	-1,506	-2,71	Fin de l'après-midi.
	6	28	0,549	5	-0,030	-0,616	-0,216	-1,506	-2,368	Après-midi.
	7	28	0,422	5	-0,030	-0,475	-0,470	-1,506	-2,481	Après-midi.
	8	18	0,66	1	-0,030	-0,74	-0,20	-1,506	-2,48	Après-midi.
	10	30	0,550	4	-0,029	-0,621	-0,393	-1,506	-2,549	Matin.
	»	20	0,450	4	-0,029	-0,752	-0,193	-1,506	-2,480	Après-midi.
	11	17	0,488	4	-0,029	-0,660	-0,220	-1,506	-2,415	Matin.
1936 Mai	11	17	0,675	4	-0,022	-0,749	-0,235	-1,529	-2,535	Après-midi.
	12	21	0,670	3	-0,023	-0,743	-0,205	-1,529	-2,500	Matin.
	13	16	0,580	3	-0,023	-0,713	-0,047	-1,529	-2,312	Matin.
	14	24	0,600	2	-0,024	-1,135	+0,227	-1,529	-2,461	Matin et après-midi.
	15	25	0,500	2	-0,024	-0,654	-0,246	-1,529	-2,453	Après-midi.
	23	24	0,445	3	-0,027	-0,488	-0,366	-1,529	-2,410	Après-midi.
	31	18	0,342	5	-0,031	-0,610	-0,233	-1,529	-2,403	Fin de l'après-midi.

On a pour valeur de la moyenne pondérée de la première série :

$$m = -2^m,468 \pm 0^m,056$$

et pour la moyenne pondérée de la deuxième série :

$$m = -2^m,439 \pm 0^m,058.$$

La moyenne pondérée des écarts étant la même pour chacune des séries qui contiennent sensiblement le même nombre de déterminations, on peut adopter comme valeur définitive la moyenne de ces deux valeurs :

$$m = - 2,453.$$

Avec quelle précision cette valeur est-elle obtenue ? Au cours des deux époques où nous avons pu observer, les circonstances atmosphériques n'ont malheureusement pas été favorables. L'examen du tableau ci-dessus et du tableau II des observations de la Lune (voir plus loin page 22) montre que les valeurs de k , loin de se grouper comme en 1930-1932 (*loc. cit.*, p. 312), se répartissent d'une manière uniforme dans toute l'échelle.

En 1935, nous avons constaté à plusieurs reprises des fluctuations irrégulières de l'absorption, en particulier pendant les matinées du 6 et du 7 août dont les observations sont inutilisables. Heureusement ces fluctuations ont cessé au moment du passage au méridien et les observations faites dans l'après-midi ont permis de bonnes déterminations de k .

Le 10 août, les observations n'ont pas présenté de fluctuations sensibles de l'absorption atmosphérique, mais elles conduisent à des valeurs de k différentes pour la matinée et l'après-midi. Le ciel s'était purifié après une journée très nuageuse le 9 août. Dans ce cas, nous avons constaté souvent que l'absorption diminue progressivement avant de se fixer définitivement. Si tel est le cas le matin du 10 août, la droite de Bouguer doit donner une valeur de k trop élevée, et la correction d'absorption étant surestimée, on doit s'attendre à trouver le Soleil un peu trop brillant. L'écart de la valeur conclue par rapport à la moyenne est bien dans le sens prévu.

En 1936, nous pouvons donner des exemples encore plus frappants. Le 13 mai nous observons par ciel pur. Les nuages se forment d'abord à l'ouest puis s'étendent progressivement à tout le ciel avant le passage au méridien. Sur le carnet d'observations nous notons : « L'évolution de la nébulosité rend très probable une augmentation de l'absorption, d'où une pente trop faible de la droite de Bouguer. » C'est bien en effet une magnitude approchée par défaut qui est conclue.

Le 31 mai le mistral s'élève et les nuages se dispersent. Les observations commencent à 8^h30^m. Elles accusent une diminution lente de la valeur de k , égale au début à 0^m,47, et qui paraît se stabiliser seulement vers 15 heures. Ce sont seulement les dernières observations effectuées après 15^h30^m, qui ont permis une détermination de la magnitude du Soleil ($k = 0^m,342$).

Cette détermination pourrait être considérée comme aléatoire, si elle n'était

pas confirmée par les observations de la Lune qui ont été effectuées dans les soirées du 31 mai et du 1^{er} juin. En se reportant au tableau des observations de la Lune, on constate que les valeurs de k sont égales à 0,355 le 31 mai et 0,335 le 1^{er} juin, et les écarts de la magnitude conclue pour la Lune avec la courbe antérieurement publiée restent dans les limites tolérables.

Si donc l'absorption de l'atmosphère a légèrement varié encore à la fin de l'après-midi, l'erreur sur k est certainement faible. Toutefois, en raison de l'heure tardive à laquelle l'absorption est devenue pratiquement stable, la masse d'air qui correspond aux observations concordantes dont la moyenne a été prise comme base, est déjà élevée ($M = 1,78$). De ce chef on peut s'attendre à trouver une valeur approchée par défaut avec une erreur qui n'excède pas 4 %. Or, en consultant le tableau I, on voit que l'écart de la magnitude calculée par rapport à la moyenne est de : $+ 0^m,05$.

Adopter pour m la valeur moyenne qui résulte de l'ensemble des déterminations revient à considérer comme accidentelles des erreurs qui sont en réalité systématiques, ce qui, à première vue, paraît paradoxal. Une pareille manière de procéder ne serait pas légitime s'il s'agissait d'un petit nombre de déterminations. Mais, si l'on tient compte du fait qu'au cours des deux séries les observations ont été obtenues après ou avant un changement des conditions atmosphériques, soit le matin, soit l'après-midi, on voit que les altérations de la pente de la droite de Bouguer doivent se manifester tantôt dans le sens d'une augmentation, tantôt dans le sens d'une diminution ; par suite les valeurs de la magnitude conclue sont approchées tantôt par excès, tantôt par défaut, sans qu'il soit possible, hormis des cas très rares, de chiffrer l'erreur.

Le fait que, dans les cas bien caractérisés, l'écart par rapport à la moyenne est dans le sens prévu, permet de conclure que cette moyenne est connue avec une précision nettement supérieure à celle qui résulte de la moyenne pondérée des écarts. Si nous admettions que la valeur réelle est comprise entre les moyennes pondérées de chaque série, l'erreur serait au plus de : $\pm 0^m,015$; pour ne pas surestimer la valeur des observations nous adopterons :

$$m = - 2^m,453 \pm 0^m,020.$$

et nous aurons enfin pour la magnitude du Soleil dans notre échelle dont l'origine correspond à l'étalon placé à 1^m de la fenêtre de la cellule :

$$m_{\odot} = c + m = - 14^m,873 - 2^m,453 = - 17^m,33 \pm 0^m,03.$$

II. — OBSERVATIONS DE LA LUNE.

Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour calculer l'albedo de notre satellite, mais auparavant nous allons rendre compte des observations photométriques de la Lune effectuées au printemps de 1936, en vue de préciser, si possible, l'influence de la libration en longitude antérieurement soupçonnée.

Le résultat des déterminations qui ont été obtenues est rassemblé dans le tableau II où les différentes colonnes ont la même signification que dans le tableau XX (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, Tome III, p. 289). Le nombre maximum de soirées utilisables au cours de deux lunaisons à cette époque de l'année était limité à vingt et un, à cause des hauteurs de culmination de la Lune, et dans le midi de la France, on pouvait normalement compter sur au moins quinze soirées. Les circonstances atmosphériques défavorables ne nous ont permis de réunir que 196 mesures complètes, réparties sur neuf soirées.

TABLEAU II

DATE	Θ	k	p	d	a	Obs.	l	m_{ζ}	B_{ζ}
	o			m	m	m	m	m	m
1936 Avril 24	- 135,1	(0,35)	—	+ 0,080	- 0,950	+ 0,422	+ 2,252	+ 1,80	+ 2,76
25	- 122,1	0,350	2	+ 0,048	- 0,695	- 0,507	+ 2,252	+ 1,10	+ 2,57
30	- 62,7	0,470	4	- 0,098	- 0,737	- 0,480		- 1,32	+ 1,38
Mai 1	- 52,0	0,405	4	- 0,108	- 0,577	+ 0,746	- 1,529	- 1,47	+ 1,34
3	- 30,5	0,544	4	- 0,121	- 0,919	+ 0,476	- 1,529	- 2,09	+ 0,87
4	- 19,2	0,513	3	- 0,120	- 0,973	- 0,016	- 1,529	- 2,64	+ 0,37
27	- 93,1	0,466	3	- 0,088	- 0,883	+ 0,686		- 0,28	+ 1,95
31	- 48,9	0,355	4	- 0,128	- 0,654	+ 0,565	- 1,529	- 1,75	+ 1,09
Juin 1	- 37,8	0,335	4	- 0,124	- 0,686	+ 0,411	- 1,529	- 1,93	+ 0,99

Les valeurs des magnitudes de la Lune présentent par rapport à la courbe antérieurement publiée des écarts qui restent dans les limites tolérables et ne présentent pas d'allure systématique. Ces observations contemporaines des dernières observations du Soleil montrent donc que, pour calculer l'albedo, il n'y a pas lieu de modifier la magnitude admise antérieurement pour la Pleine Lune moyenne.

Le tableau III donne la répartition des écarts en fonction de la libration en longitude et de la phase. Il ne contient que les phases croissantes seules observées pour

les librations positives. Les observations antérieures (*loc. cit.*, Tableau XXXII, p. 322) figurent dans le tableau ; l'intervalle + 2° à - 2° seul comporte des moyennes résultant des observations antérieures et de celles effectuées en 1936.

TABLEAU III

Θ \ l	+ 8° à + 6°	+ 6° à + 4°	+ 4° à + 2°	+ 2° à - 2°	- 2° à - 4°	- 4° à - 6°	- 6° à - 8°
- 140° à - 100°	- 0 ^m ,02 (2)	—	—	+ 0,06 (1)	—	0 (3)	+ 0,04 (4)
- 100° à - 75°	—	- 0,06 (1)	—	- 0,08 (1)	- 0,01 (2)	+ 0,07 (2)	+ 0,03 (3)
- 75° à - 50°	—	- 0,04 (1)	+ 0,10 (1)	+ 0,02 (2)	- 0,04 (2)	—	+ 0,13 (1)
- 50° à - 25°	—	—	—	+ 0,02 (5)	—	—	+ 0,03 (2)
- 25° à 0°	—	—	—	- 0,08 (3)	—	+ 0,02 (5)	—

Pour des observations réparties seulement sur deux lunaisons, un temps plus favorable n'aurait pas permis de combler beaucoup plus de lacunes, mais les écarts auraient résulté de la moyenne d'un nombre suffisant de déterminations.

Groupons d'un côté les écarts obtenus lorsque la libration en longitude est plus grande que 4° et de l'autre ceux pour lesquels la libration est inférieure à - 4°, librations pour lesquelles les présentations de la Lune sont les plus différentes possible ; nous obtenons :

$$\begin{array}{l}
 + 8^\circ > l > + 4^\circ \quad 4 \text{ déterminations} \quad \text{Moyenne : } - 0^m,03 \\
 - 4^\circ > l > - 8^\circ \quad 20 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad + 0^m,03.
 \end{array}$$

Donc, pour les phases croissantes lorsque Mare Crisium se rapproche du centre, la Lune gagne très légèrement en brillance.

III. — ALBEDO PHOTOÉLECTRIQUE DE LA LUNE.

Soit I l'intensité lumineuse du Soleil, i l'intensité lumineuse de la Pleine Lune à la distance Terre-Soleil prise pour unité, s la parallaxe horizontale de la Lune, $i \times \varphi(\Theta)$ l'intensité de la Lune pour la phase Θ , l'albedo de Bond a pour valeur :

$$A = \frac{i}{13^2} \cdot 2 \int_0^\pi \varphi(\Theta) \sin \Theta d\Theta.$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la fonction $\varphi(\Theta)$, déduites des obser-

vations antérieurement publiées, en prenant la moyenne des magnitudes relatives aux phases croissantes et décroissantes et pour origine la magnitude de la Pleine Lune moyenne ($\Theta = 3^{\circ},8$).

TABLEAU IV

Θ	$\varphi(\Theta)$	Θ	$\varphi(\Theta)$	Θ	$\varphi(\Theta)$
5 ^o	0,929	55 ^o	0,239	105 ^o	0,048
10 ^o	0,772	60 ^o	0,211	110 ^o	0,039
15 ^o	0,685	65 ^o	0,185	115 ^o	0,032
20 ^o	0,595	70 ^o	0,158	120 ^o	0,025
25 ^o	0,522	75 ^o	0,137	125 ^o	0,020
30 ^o	0,460	80 ^o	0,116	130 ^o	0,016
35 ^o	0,405	85 ^o	0,097	135 ^o	0,012
40 ^o	0,353	90 ^o	0,080	140 ^o	0,009
45 ^o	0,310	95 ^o	0,068	145 ^o	0,007
50 ^o	0,274	100 ^o	0,057	150 ^o	0,005

A cause du crépuscule d'une part et de la faiblesse de l'éclairement donné par le croissant lunaire d'autre part, les observations de photométrie globale ne peuvent être poursuivies au delà de la limite $\Theta = \frac{5\pi}{6}$, mais on sait que, par suite de son accourcissement, le croissant lunaire cesse d'être visible lorsque la distance angulaire de la Lune au Soleil atteint une limite voisine de 7° (Danjon, *Bulletin S. A. F.*, 1932, p. 65). La fonction $\varphi(\Theta)$ s'annule donc pour $\Theta = 173^{\circ}$.

A l'aide de ces éléments nous trouvons par une intégration graphique :

$$2 \int_0^{\pi} \varphi(\Theta) \sin \Theta d\Theta = 0,5845$$

avec une précision de l'ordre du millième.

Nous avons trouvé antérieurement pour la magnitude de la Pleine Lune à sa distance moyenne de la Terre : $m_{PL} = -3^m,04$, qui, ramenée à la distance Terre-Soleil est égale à :

$$m_{PL} = -3^m,04 + 12^m,95 = +9^m,91.$$

La différence de magnitude du Soleil et de la Lune, situés à la même distance, est donc :

$$m_{\odot} - m_{PL} = -17^m,33 - 9^m,91 = -27^m,24$$

ce qui nous donne :

$$\frac{i}{I} = 1,2706 \times 10^{-11}.$$

La parallaxe de la Lune vue du Soleil est égale à $2'',40$, soit exprimée en radian : $s = 1,1635 \times 10^{-5}$.

L'albedo photoélectrique de la Lune, qui diffère certainement très peu de l'albedo photographique, a pour valeur :

$$A_k = \frac{1,2706 \times 10^{-11}}{1,3537 \times 10^{-10}} \times 0,5845 = 0,0549.$$

IV. — INDICE DE COULEUR DE LA LUNE.

D'après Russell la valeur de l'albedo visuel est $A_v = 0,073$ (*Ap. J.*, 43, 1916, p. 190). La différence des indices de couleur de la Lune et du Soleil, qui se déduit du rapport des albedos visuel et photoélectrique, est donné par :

$$\Delta C = \frac{\log_{10} \frac{A_v}{A_k}}{0,4} = + 0^m,31.$$

Cette différence des indices de couleur est en bon accord avec des mesures colorimétriques de M. Danjon (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, Tome III, p. 146) qui a obtenu :

$$V - R = + 0^m,16.$$

Pour passer des observations effectuées sous les écrans vert Wratten 58 et rouge Wratten 25 aux indices de couleur cette différence doit être multipliée par le facteur 2,05 ; par suite :

$$C_l = + 0^m,16 \times 2,05 = + 0^m,33.$$

Mais d'autre part la courbe de lumière de la Lune, dont Russell s'est servi pour calculer l'intégrale de phase, est inexacte. Il y a donc là un paradoxe qui demande à être éclairci.

On peut calculer la différence des indices de couleur de la Lune et du Soleil pour diverses valeurs de l'angle de phase, on a en effet :

$$\Delta C = (m_{\odot} - m_{\ell})_v - (m_{\odot} - m_{\ell})_k.$$

En prenant les magnitudes visuelles données par Russell (*loc. cit.*, p. 105 et 125) et les magnitudes photoélectriques déterminées par nous-même nous trouvons pour la Pleine Lune :

$$\Delta C = (-26,72 + 12,55) - (-17,33 + 3,04) = -14^m,17 + 14^m,29 = + 0^m,12,$$

valeur très différente de celle que nous avons obtenue ci-dessus.

Le tableau V donne la différence des indices de couleur de la Lune et du Soleil en fonction de l'angle de phase (valeurs visuelles, *loc. cit.*, p. 114).

TABLEAU V

10°	+ 0 ^m ,18	90°	+ 0 ^m ,45
20°	+ 0,23	100°	+ 0,41
30°	+ 0,25	110°	+ 0,39
40°	+ 0,29	120°	+ 0,35
50°	+ 0,30	130°	+ 0,29
60°	+ 0,34	140°	(+ 0,15)
70°	+ 0,36	150°	(+ 0,03)
80°	+ 0,40		

L'examen de ce tableau montre que, sans tenir compte des deux dernières valeurs trop incertaines en raison du petit nombre des observations aussi bien visuelles que photoélectriques, on constate une variation de la différence des indices de couleur qui ne peut résulter que d'une erreur systématique. En effet, si la couleur de la Lune changeait avec la phase, on ne voit pas pourquoi la coloration serait plus marquée au moment de la dichotomie pour s'atténuer progressivement quand la Lune se transformerait en croissant. Du reste les observations visuelles de M. Danjon sont en contradiction formelle avec une variation de l'indice de couleur avec la phase. La différence $V - R$ reste constante.

On pourrait se demander si la lumière cendrée qui gagne alors en intensité, n'est pas responsable de la diminution de différence des indices. Le photomètre photoélectrique donne en effet la mesure de l'éclairement donné à la fois par la Lune et la lumière cendrée. Mais il est facile de calculer la correction nécessaire pour chaque angle de phase Θ en faisant le produit du rapport des surfaces et du rapport des brillances déterminé par les observations de M. Danjon (*loc. cit.*, p. 153). En tenant compte également de l'indice de couleur de la lumière cendrée qui résulte des mesures colorimétriques citées plus haut, on trouve que la correction est négligeable pour $\Theta = 135^\circ$. Cette correction est égale à : + 0^m,01 pour $\Theta = 140^\circ$ et à : + 0^m,02 pour $\Theta = 150^\circ$, phases pour lesquelles les valeurs expérimentales de la magnitude de la Lune sont loin d'avoir une semblable précision.

La lumière cendrée n'est donc pas en cause. Du reste une variation de l'indice de coloration dont l'amplitude atteint 0,33 entre la Pleine Lune et la dichotomie serait sensible à l'œil nu, si elle existait réellement. Il suffit de regarder la Lune en quartier assez haut sur l'horizon pour écarter une telle possibilité.

Il faut en conclure que la magnitude visuelle de la Pleine Lune admise par

Russell est approchée par défaut. Cet auteur admet du reste une incertitude d'au moins 10 %. Nous allons montrer que l'erreur est encore plus grande, et que l'exactitude de l'albedo visuel admis résulte d'une heureuse compensation d'erreurs. Si la valeur de i est trop faible, les valeurs de $\varphi(\Theta)$ qui en résultent, sont trop élevées et la valeur de l'intégrale sera trop grande, compensant en tout ou en partie le déficit donné par le premier terme.

Il convient de remarquer qu'une erreur affectant seulement la magnitude de la Pleine Lune serait insuffisante pour expliquer la variation progressive d'indice de couleur. Cette erreur systématique n'est pas indépendante de celle sur laquelle nous avons déjà appelé l'attention (*loc. cit.*, p. 324). Ce sont les observations de Wislicenus, de Zöllner et à un degré bien moindre celles de King qui sont responsables. Les observations de Wislicenus sont les plus nombreuses, c'est pourquoi il y a un parallélisme évident entre les différences $m_w - m_R$ et les différences d'indice de couleur du Soleil et de la Lune.

Antérieurement nous nous étions servi des observations de Graff uniquement pour montrer qu'elles confirmaient la chute rapide d'éclairement au voisinage de la Pleine Lune ; Graff, pour réduire ses observations à la phase nulle, a utilisé une courbe déduite des observations de Pickering, Herschel et Zöllner ; or, l'amplitude de variation trouvée par ce dernier auteur est systématiquement trop faible et nous avons montré que les observations ainsi réduites sont entachées de sous-corrrection. Or, pour déterminer la magnitude de la Pleine Lune, Russell a pris le résultat tel qu'il est donné par son auteur.

J'ai repris la réduction des observations de Graff en corrigeant les observations de la phase au moyen des valeurs déduites de ma courbe de lumière. L'éclairement fourni par la Pleine Lune pour une observation zénithale à la distance moyenne de 60,3 rayons terrestres, est aux trois dates d'observations :

1913 Décembre 14	0,297 bougies-mètre Hefner
1914 Janvier 11	0,275
— — 13	0,282
Moyenne	0,285

L'étalon Hefner valant 0,90 bougie internationale, l'éclairement de la Lune est dans les conditions précisées ci-dessus 0,256 lux ⁽¹⁾.

Russell a adopté comme magnitude stellaire du lux (*loc. cit.*, p. 129) — $14^m,18$,

(1) Graff a donné 0,269 bougies-mètre Hefner à la distance de 59,27 rayons terrestres, c'est-à-dire la Lune étant à sa distance moyenne du centre de la Terre et l'observateur ayant la Lune au zénith. Dans ces mêmes conditions on trouve 0,294 bougies-mètre Hefner, soit 0,265 lux.

moyenne pondérée d'observations du Soleil, de la Lune et de Véga. Comme, par suite de la correction de phase, les observations de la Lune ne présentaient pas de sécurité et qu'en fait nous nous proposons de résoudre le problème inverse, nous n'utiliserons que les observations du Soleil et de Véga prises avec les poids attribués par Russell :

Kimball (Soleil)	— 14 ^m ,19 (3)
Fabry (Véga)	— 14 ^m ,32 (1)
Moyenne pondérée	— 14 ^m ,22

et la magnitude stellaire de la Pleine Lune est :

$$m_{PL} = -14,22 + 2,5 \log_{10} 0,256 = -14,22 + 1,48 = -12,74.$$

Revisons aussi les autres valeurs adoptées par Russell. Le tableau XXIII de notre mémoire antérieur (p. 323) qui donne la magnitude de la Pleine Lune dans l'échelle de chaque auteur, fournit les éléments nécessaires. Pour les observations d'Herschel, nous avons en conservant la constante instrumentale calculée par Russell

$$m_{PL} = -13,50 + 0,46 = -13,04.$$

Il n'en est pas de même pour les observations de Bond qui sont postérieures à celles que nous avons discutées (Comparisons of the light of the Sun and Moon, *Memoirs of the American Academy*, New Series, Vol. VIII, p. 287 à 298). La différence de magnitude entre la Lune et le Soleil trouvée par Bond est égale à : + 14^m,18, valeur à laquelle il a déjà appliqué une correction de phase : — 0^m,03. La correction de phase donnée par ma courbe pour = 7^o,6 est : — 0^m,21. Il faut donc appliquer à la valeur ci-dessus une correction supplémentaire — 0^m,18, ce qui donne :

$$m_{PL} - m_{\odot} = + 14,00,$$

soit :

$$m_{PL} = -26,72 + 14,00 = -12,72.$$

Les observations de Zöllner nous donnent :

$$m_{PL} = -12,22 - 0,21 = -12,43.$$

Nous avons déjà trouvé pour celles de Pickering :

$$m_{PL} = -12,61.$$

Les valeurs révisées sont rassemblées dans le tableau VI :

TABLEAU VI

Auteur	Magnitude	Poids
—	—	—
	m	
Herschel	— 13,04	2
Bond	— 12,72	1
Zöllner	— 12,43	1
Pickering	— 12,61	2
Graff	— 12,74	2
Moyenne pondérée	— 12,74	

Russell avait attribué un poids inférieur aux observations de Bond qui sont réparties sur une seule soirée pour la Lune et sur deux journées pour le Soleil. Nous n'avons pas cru devoir donner un poids supérieur à celles de Zöllner, qui sont plus nombreuses, en raison de l'écart systématique de ses observations avec la courbe de lumière véritable.

Avec cette valeur nous trouvons pour la différence des indices de couleur :

$$\Delta C = (-26,72 + 12,74) - (-17,33 + 3,04) = -13^m,98 + 14^m,29 = +0^m,31,$$

soit exactement la valeur obtenue à partir des albedos, mais cette coïncidence est purement fortuite.

Il est donc évident qu'en utilisant cette magnitude de la Pleine Lune pour calculer l'albedo visuel avec l'intégrale de phase qui résulte de notre courbe de lumière nous retrouverons l'albedo admis par Russell.

On a en effet à la distance unité :

$$m_{PL} = -12^m,74 + 12^m,95 = +0^m,21,$$

soit :

$$m_{\odot} - m_{PL} = -26^m,72 - 0^m,21 = -26^m,93,$$

d'où :

$$\frac{i}{I} = 1,6866 \times 10^{-11}$$

et enfin :

$$A_v = \frac{1,6866 \times 10^{-11}}{1,3537 \times 10^{-10}} \times 0,5845 = 0,0728,$$

alors que Russell a obtenu le même résultat en partant de la magnitude de la Pleine Lune $m = -12,55$ et de l'intégrale de phase 0,694.

Cette discussion montre que les albedos visuel et photoélectrique sont maintenant connus avec une très bonne précision. Avec l'indice de couleur admis pour le Soleil, on a pour celui de la Lune :

$$C = +0^m,79 + 0^m,31 = +1^m,10.$$

La courbe de sensibilité spectrale de notre cellule (*loc. cit.*, p. 234) est, à l'exception d'un prolongement peu important vers les grandes longueurs d'onde, très peu différente de celle de la plaque photographique. Le tableau XXIII nous donne en effet, d'après les observations de King, pour la magnitude visuelle ci-dessus déterminée :

$$C = -11^m,64 + 12^m,74 = +1^m,10.$$

SOMMAIRE

Pour mesurer la différence de magnitude photoélectrique du Soleil et de la Lune, j'ai réalisé un instrument tel que les observations photométriques du Soleil fussent obtenues avec le même dispositif d'amplification et en suivant la même technique que pour les observations photométriques de la Lune. Tous les éléments nécessaires pour le calcul de la constante instrumentale ont été déterminés expérimentalement pour connaître cette constante avec la précision requise.

Les observations du Soleil ont été faites en deux séries : la première en août 1935 comprenant 188 mesures réparties en 8 déterminations de la magnitude du Soleil, la seconde en mai 1936 : 145 mesures réparties entre 7 déterminations. Pendant la seconde période, au cours de deux lunaisons, 196 mesures de la Lune ont donné 9 déterminations nouvelles qui sont en bon accord avec la courbe de lumière antérieurement publiée.

J'ai trouvé pour la différence de magnitude du Soleil et de la « Pleine Lune moyenne » ramenée à la distance Terre-Soleil :

$$m_{\odot} - m_{PL} = - 27^m,24.$$

Cette différence, combinée avec l'intégrale de phase qui résulte de la courbe de lumière de la Lune, donne pour l'albedo photoélectrique de Bond :

$$A_b = 0,055.$$

La comparaison des mesures visuelles et des mesures photoélectriques fait ressortir une marche systématique de la différence des indices de couleur du Soleil et de la Lune. Cette marche ne peut être réelle, comme le montrent les mesures colorimétriques de M. Danjon, obtenues à l'aide d'observations diffé-

rentielles, qui sont à l'abri de toute cause d'erreur provenant des variations de l'absorption atmosphérique. Il faut donc incriminer les mesures visuelles réduites par leurs auteurs avec une valeur moyenne du coefficient d'absorption. Le parallélisme de cette marche et des écarts relevés entre la courbe visuelle de Wislicenus et la courbe photoélectrique conduit à conclure que la magnitude visuelle de la Pleine Lune : — 12^m,55 est erronée.

La révision des observations photométriques de Graff, réduites à la phase nulle en se servant de ma courbe de lumière, donne pour les trois soirées d'observations des valeurs concordantes de l'éclairement dont la moyenne 0,256 lux combinée avec la magnitude stellaire du lux, fournit la magnitude visuelle de la Pleine Lune dans l'échelle d'Harvard : $m_{PL} = -12^m,74$. Cette valeur est confirmée par la moyenne pondérée de l'ensemble des magnitudes révisées en utilisant la même courbe de lumière. Elle donne pour la différence de magnitude du Soleil et de la Pleine Lune ramenée à la même distance :

$$m_{\odot} - m_{PL} = -26^m,93.$$

Puisque les mesures colorimétriques montrent qu'il n'y a pas de changements appréciables de coloration avec l'angle de phase, on est en droit d'utiliser la même intégrale de phase que ci-dessus pour calculer l'albedo visuel de Bond :

$$A_v = 0,073$$

Il n'y a pas lieu de changer la valeur donnée par Russell qui, fortuitement, s'est trouvée exacte par une heureuse compensation d'erreurs.

Avec l'indice de couleur admis pour le Soleil, on trouve pour l'indice de couleur de la Lune :

$$C_G = +1^m,10.$$

Cette discussion a pour résultat de rendre cohérentes entre elles les données déduites d'observations photométriques effectuées par plusieurs auteurs avec des instruments très divers.

TABLE PHOTOMÉTRIQUE DE LA LUNE

Les magnitudes globales de la Lune en fonction de l'angle de phase sont déduites directement du tableau XXX (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, II, p. 319) en prenant d'abord : $m_G + 3^m,04$ pour les rapporter à la Pleine Lune prise comme origine. Les magnitudes visuelles dans le système d'Harvard sont obtenues en ajoutant au nombre des deux colonnes précédentes la constante :

— $12^m,74$. Les deux dernières colonnes fournissent la brillance moyenne rapportée à celle de la Pleine Lune et exprimée en magnitude :

$$B_{\zeta} = m_{\zeta} + 3^m,04 - 2,5 \log_{10} \frac{1 + \cos \Theta}{2}.$$

La correction de lumière cendrée (voir p. 275) a été appliquée pour les angles de phase supérieurs à 130° .

TABLE PHOTOMÉTRIQUE DE LA LUNE

Θ	MAGNITUDES GLOBALES				BRILLANCE MOYENNE		Θ
	Pleine Lune : $0^m,00$		Pleine Lune : $-12^m,74$		Pleine Lune : $0^m,00$		
	Lune croissante	Lune décroissante	Lune croissante	Lune décroissante	Lune croissante	Lune décroissante	
	m	m	m	m	m	m	
5°	+ 0,07	+ 0,09	- 12,67	- 12,65	+ 0,07	+ 0,09	5°
10°	0,26	0,30	- 12,48	- 12,44	0,25	0,29	10°
15°	0,40	0,44	- 12,34	- 12,30	0,38	0,42	15°
20°	0,55	0,58	- 12,19	- 12,16	0,52	0,55	20°
25°	0,69	0,72	- 12,05	- 12,02	0,64	0,67	25°
30°	0,83	0,86	- 11,91	- 11,88	0,76	0,79	30°
35°	0,97	0,99	- 11,77	- 11,75	0,86	0,88	35°
40°	1,12	1,14	- 11,62	- 11,60	0,99	1,01	40°
45°	1,26	1,28	- 11,48	- 11,46	1,09	1,11	45°
50°	1,40	1,41	- 11,34	- 11,33	1,19	1,20	50°
55°	1,55	1,56	- 11,19	- 11,18	1,29	1,30	55°
60°	1,69	1,69	- 11,05	- 11,05	1,38	1,38	60°
65°	1,83	1,84	- 10,91	- 10,90	1,46	1,47	65°
70°	1,98	2,02	- 10,76	- 10,72	1,55	1,59	70°
75°	2,13	2,19	- 10,61	- 10,55	1,63	1,69	75°
80°	2,30	2,39	- 10,44	- 10,35	1,72	1,81	80°
85°	2,50	2,58	- 10,24	- 10,16	1,84	1,92	85°
90°	2,71	2,77	- 10,03	- 9,97	1,96	2,02	90°
95°	2,92	2,94	- 9,82	- 9,80	2,07	2,09	95°
100°	3,13	3,09	- 9,61	- 9,65	2,17	2,13	100°
105°	3,34	3,27	- 9,40	- 9,47	2,26	2,19	105°
110°	3,56	3,48	- 9,18	- 9,26	2,35	2,27	110°
115°	3,78	3,70	- 8,96	- 9,04	2,43	2,35	115°
120°	4,01	3,96	- 8,73	- 8,78	2,50	2,45	120°
125°	4,27	4,22	- 8,47	- 8,52	2,59	2,54	125°
130°	4,55	4,50	- 8,19	- 8,24	2,68	2,63	130°
135°	+ 4,85	4,79	- 7,89	- 7,95	+ 2,76	2,70	135°
140°		5,09		- 7,65		2,76	140°
145°		5,42		- 7,32		2,83	145°
150°		+ 5,86		- 6,88		+ 2,93	150°