

JEUNES ET VIEILLES LUNES

Le 13 août 1931, à Cavalaire (Var), dans l'aurore, le ciel étant très pur, j'ai observé le croissant lunaire peu de temps après son lever. L'horizon était limité à l'Est par une ligne de collines éloignées (distance zénithale 88°). Après quelques minutes de recherches à l'aide d'une jumelle grossissant trois fois, le croissant a été vu, à moins de un degré au-dessus des collines. Il a disparu à $4^{\text{h}}15^{\text{m}}$ (distance zénithale 85°), mais il a été retrouvé aussitôt

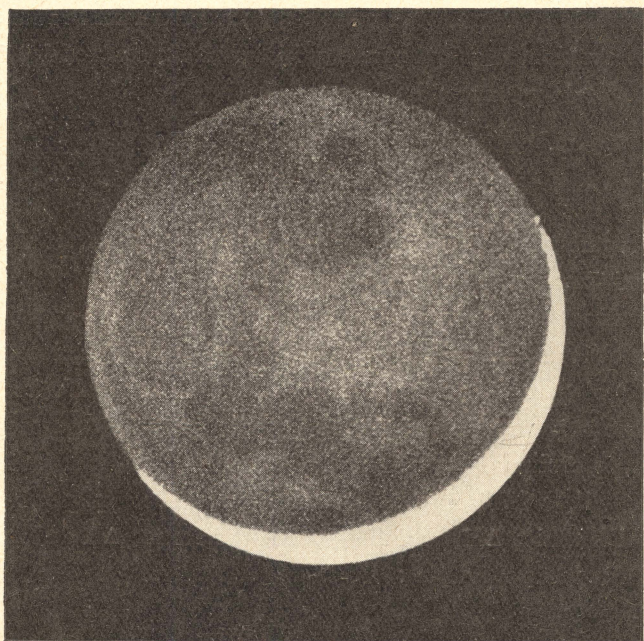


Fig. 28. — Le croissant lunaire et la lumière cendrée, le 13 mars 1899, à $7^{\text{h}}5^{\text{m}}$ soir (T. M. Paris)

D'après un cliché obtenu par M. EM. TOUCHET, en collaboration avec M. F. QUÉNISSET, à l'équatorial de $0^{\text{m}},108$ de l'Observatoire de la Société. La Nouvelle Lune ayant eu lieu le 11 mars 1899, à $8^{\text{h}}2^{\text{m}}$ du soir, ce cliché a donc été obtenu 47 heures après la nouvelle Lune. Si on joint les cornes de la Lune par une ligne droite, on constate que celle-ci passe au-dessous du centre du disque. Le croissant embrasse seulement 168° du tour de la Lune au lieu de 180° .

à l'aide d'une lunette de 75^{mm} , grossissant 25 fois, et suivi de nouveau pendant sept ou huit minutes ; à aucun moment, il n'a été perceptible à l'œil nu ; la lumière cendrée est restée invisible dans l'un et l'autre instrument. A quelques degrés de la Lune, Vénus brillait encore dans le ciel déjà lumineux.

A la jumelle, le croissant apparaissait comme un arc extrêmement ténu et légèrement ondulant, à peine coloré tant l'atmosphère était pure. La lunette révélait la complexité de sa structure. La corne australe était discontinue, formée d'un chapelet de grains allongés, la corne boréale, plus

unie et plus régulière. L'arc central se composait d'une courte partie sombre, correspondant à *Mare Orientale*, encadrée de deux parties plus brillantes.

La distance angulaire des cornes était de 75° à 80° seulement. Le croissant s'étendait donc sur moins d'un quadrant. Sa largeur, rapportée par estimation au diamètre apparent de Vénus, n'atteignait nulle part $4''$, sauf peut-être dans la partie relativement brillante qui touchait *Mare Orientale* à l'Est.

A $4^{\text{h}}15^{\text{m}}$, la distance angulaire de la Lune au Soleil, pour un observateur placé au centre de la Terre, atteignait $8^{\circ}55'$; la parallaxe la réduisait à $8^{\circ}0'$ au lieu d'observation, le grand cercle qui joignait les centres des deux astres faisant un angle de 75° avec l'horizon.

* * *

D'assez nombreuses publications ont été consacrées au fin croissant lunaire au voisinage immédiat de la Nouvelle Lune, mais, à peu d'exceptions près, elles traitent uniquement de sa visibilité. Celle-ci intéresse d'une part les israélites et les musulmans, pour des motifs d'ordre religieux, et d'autre part les chronologistes. Fotheringham a donné (*Monthly Notices*, 70, 1910, page 527) une règle empirique permettant de prévoir les cas où, sous un ciel très pur, le croissant sera visible à l'œil nu : pour cela, au lever ou au coucher du Soleil, la différence de leurs hauteurs géocentriques devra dépasser une certaine limite ΔH , variable avec la différence ΔA de leurs azimuts et donnée par la table suivante :

ΔA	ΔH
—	—
0	0
0	12,0
5	11,9
10	11,4
15	11,0
20	10,0
23	7,7

Cette règle est justifiée dans le mémoire cité par la discussion de 76 observations effectuées en majeure partie par Schmidt, en Grèce, mais elle souffre quelques exceptions, de l'aveu même de son auteur (*loc. cit.* et *The Observatory*, 44, 1921, page 308). Le 2 mai 1916, notamment, la Lune a été vue à l'œil nu en Angleterre, à $8^{\circ},3$ du Soleil, cette distance étant calculée sans tenir compte de la parallaxe, qui la réduirait à $7^{\circ},4$. Le 13 août 1931, la distance de la Lune au Soleil était un peu plus grande, et cependant la Lune n'a pas été visible à l'œil nu. Les diverses parties du limbe lunaire sont loin

d'avoir le même albedo, et celles qui paraissent le matin sont moins brillantes que celles du soir.

Nous discuterons un peu plus loin trois autres observations qui mettent aussi en défaut la règle de Fotheringham.

* * *

Lorsque la Lune, proche du Soleil, est observable dans le crépuscule ou l'aurore, elle peut s'effacer pendant le jour. J'ai cherché la limite de sa visibilité en plein Soleil, au voisinage du méridien, par de belles journées, en Provence. Je me plaçais à l'ombre d'un arbre ou d'un mur, et je limitais le champ de mes recherches en pointant un théodolite sur la position calculée de la Lune. J'ai noté plusieurs cas de visibilité de la Lune à 38° du Soleil, un autre à 37° , un enfin à 32° seulement, le 11 août dernier ; tandis que la recherche est restée infructueuse à 27° , 24° et 20° . La limite paraît donc être au voisinage de 30° . Ces observations ont été faites à l'occasion d'un travail photométrique en cours.

* * *

Le croissant du 13 août s'étendait sur moins de 80° . A la lunette, on voyait ses cornes nettement limitées, et l'on ne peut invoquer l'éclat du ciel pour expliquer l'invisibilité de leurs prolongements, bien qu'il fût suffisant pour effacer la lumière cendrée. Mais la veille, 12 août, la lumière cendrée étant fort bien visible, le croissant était manifestement incomplet, son étendue atteignant seulement 160° . La Lune était alors à 22° du Soleil. L'observation a été répétée le 10 septembre, à 28° du Soleil, le croissant couvrant environ 165° .

Cet accourcissement ne paraît pas avoir été l'objet d'une étude systématique, et on l'a rarement signalé bien qu'il se produise à chaque Nouvelle Lune. Son explication est fort simple, si sa théorie mathématique menace d'être fort complexe. Quand la Lune est très proche du Soleil, les montagnes lunaires tournent vers nous leur face obscure : leurs ombres propres contribuent donc à nous les rendre invisibles. En second lieu, elles projettent les unes sur les autres des ombres portées qui concourent au même effet. Enfin, elles se profilent les unes sur les autres, de sorte qu'une montagne éclairée peut nous être cachée par une autre qui ne l'est pas. Ces trois causes agissent d'autant plus que le Soleil et la Terre se trouvent plus bas sur l'horizon de la Lune ; c'est donc aux cornes que les parties du sol lunaire qui seraient visibles sur une sphère lisse, ont le plus de chances de disparaître à notre vue.

Représentons la Lune, comme on le fait habituellement pour expliquer ses phases, en projection sur un plan passant par son centre et par ceux de la Terre et du Soleil (fig. 29). La lumière venant de la direction SO, illumine la moitié gauche du globe, limitée au terminateur BD. La Terre étant dans la direction OT, l'hémisphère qui nous regarde est limité au grand cercle qui se

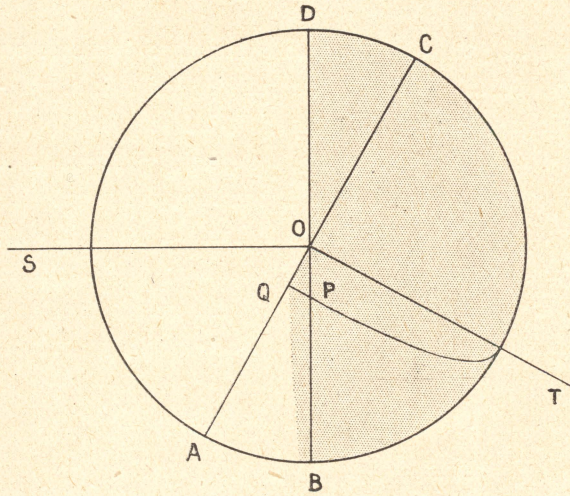


Fig. 29. — Détermination de l'arc déficient PQ.

projette suivant AC. Sur une sphère lisse, le fuseau AOB serait vu éclairé, sous la forme d'un croissant s'étendant sur 180 degrés. L'une de ses cornes serait le point O, l'autre le point diamétralement opposé de la sphère.

Mais la Lune n'est pas lisse, et le mécanisme complexe qui vient d'être décrit déplace la corne de O en Q. Le soluminaire compris dans le petit triangle

OPQ reste invisible. Évaluons son côté PQ, que nous appellerons l'arc déficient. Si a est la distance angulaire de la Lune au Soleil, compte tenu de la parallaxe lunaire, 2ω la longueur du croissant (qui serait égale à 180° sur un globe lisse), l'arc déficient α est donné par l'expression :

$$\sin \alpha = \sin a \cdot \cos \omega.$$

On trouve les valeurs suivantes de α à l'aide des trois observations rapportées ci-dessus :

	a	ω	α
	—	—	—
	0	0	0
12 août 1931	23	80	3,9
13 — —	8	39	6,2
10 septembre 1931	28	82,5	3,5

L'arc déficient décroît quand la Lune s'écarte du Soleil, ce qu'on pouvait prévoir *a priori*, puisque nous cessons de voir son relief à contre-jour. Avant que la quadrature ne soit atteinte, l'arc déficient s'annule, et, au lieu d'un raccourcissement du croissant, c'est un allongement que l'on observe. En effet, on voit apparaître au delà des cornes des sommets de montagnes,

dont le pied reste dans l'ombre, et qui apparaissent comme de petites plages lumineuses isolées. Ces montagnes se trouvent au delà du terminateur géométrique, c'est-à-dire du terminateur tel qu'on l'observerait sur une sphère lisse. Il en résulte un allongement du croissant. En outre, la source de lumière qui éclaire la Lune n'est pas un point, mais un disque de 15' de rayon apparent. Le Soleil éclairerait donc plus d'un hémisphère même si le relief lunaire était négligeable.

Nous montrerons plus loin que l'arc déficient devient nul aux cornes lorsque la Lune se trouve à 45° du Soleil. Par continuité, nous dirons que, plus loin du Soleil, l'arc déficient devient négatif.

*
* * *

Le triangle OPQ n'est pas la seule région qui, visible sur un globe lisse, cesse de l'être sur un globe rugueux. Toute une bande, située le long du terminateur, subit le même sort. La preuve en est dans l'amincissement du croissant. Sur un globe lisse de rayon angulaire apparent r , situé à la distance angulaire a du Soleil, la largeur du croissant atteindrait, en son milieu, la valeur :

$$e = r(1 - \cos a).$$

Ainsi, le 13 août, cette largeur eût été de 10'' si la Lune n'avait possédé aucun relief. L'observation a donné seulement 4''. On en déduit sans peine qu'à égale distance des cornes, l'arc déficient mesurait 30,0, soit environ la moitié de sa valeur aux cornes. En O, la Terre se trouve dans l'horizon lunaire ; si l'on se déplace le long du terminateur, de O vers B, elle monte progressivement dans le ciel. Il est bien naturel que la visibilité augmente pour un observateur terrestre, à mesure qu'il s'élève au-dessus des sites lunaires, la troisième des causes invoquées intervenant de moins en moins.

*
* * *

Les astronomes qui ont signalé la visibilité du croissant lunaire à peu de distance du Soleil, ont omis le plus souvent de rapporter son aspect. J'ai limité mes recherches à la collection de *L'Astronomie* : il y est fait mention de l'accourcissement du croissant trois fois seulement, dans les termes suivants :

Première observation. (*L'Astronomie* 1886, page 110) :

« M. le docteur Léon Decroupet, à Soumagne (Belgique), a observé la Lune sous l'aspect d'un très mince croissant le 7 décembre 1885 à 4^h26^m du soir (temps moyen de Paris). Comme la Nouvelle Lune était arrivée le 6 dé-

cembre à 1^h26^m du soir, il ne s'est donc écoulé que 26^h47^m entre la conjonction de notre satellite avec le Soleil et cette rare et curieuse observation. Le ciel était pur et le crépuscule assez avancé pour qu'on pût distinguer aisément les étoiles de deuxième grandeur. Aucune trace de lumière cendrée n'a été observée. Le croissant apparaissait comme un fil lumineux s'étendant sur le tiers environ de la circonférence lunaire ; notre correspondant ayant dirigé vers la Lune une lunette de 0^m,075 estime que la largeur de croissant était égale à la distance qui sépare Mizar de son compagnon télescopique, soit 14'',5 ou environ la 120^e partie du diamètre lunaire. »

Cette excellente relation, claire, précise, complète, fournit tous les éléments nécessaires au calcul de l'arc déficient. On trouve ainsi :

$$\begin{aligned} a &= 12^{\circ}46' ; \\ \omega &= 60^{\circ} ; \epsilon = 24'' ; \\ \alpha &= 6^{\circ},3 \text{ à la corne ;} \\ \alpha &= 2^{\circ},8 \text{ au milieu du croissant.} \end{aligned}$$

Seconde observation (*Bulletin de la Société Astronomique de France*, 1908, page 306) :

« M^{lle} C. Bac, à Millau (Aveyron), a pu voir la Lune le 1^{er} mai dernier (1908), de 19^h20^m à 19^h35^m, moins de 28 heures après la Nouvelle Lune, sous forme d'une ligne jaune très pâle, s'étendant sur environ un tiers de circonférence. Cornes invisibles à la jumelle. »

Le calcul donne pour cette observation,

$$\begin{aligned} a &= 14^{\circ}4' ; \\ \omega &= 60^{\circ} ; \\ \alpha &= 6^{\circ},9 \text{ à la corne.} \end{aligned}$$

Troisième observation (*L'Astronomie* 1920, page 527) :

« M. Abel Triou, à Cannes (Alpes-Maritimes), a observé la Lune à l'œil nu le 19 avril 1920 à 19^h55^m, soit 22^h15^m seulement après la Nouvelle Lune. Croissant excessivement mince, rougeâtre, bien visible à l'œil nu. Le croissant ne paraissait pas s'étendre sur plus de 150 degrés. »

On vérifiera sans peine que la Lune était couchée à Cannes, à 19^h55^m (t. m. G.), le 19 avril 1920. L'heure d'été ayant été adoptée le 15 mars, il faut probablement lire 18^h55^m. Pour cet instant, on trouve :

$$\begin{aligned} a &= 11^{\circ}8' ; \\ \omega &= 75^{\circ} ; \\ \alpha &= 4^{\circ},7 \text{ à la corne.} \end{aligned}$$

Toutes les valeurs de a ont été calculées en tenant compte de la parallaxe lunaire.

Voici, pour les trois observations, les différences d'azimut et de hauteur de la Lune et du Soleil :

ΔA	ΔH
—	—
0	0
8,0	11,0
10,1	10,7
5,0	11,0

Comme on avait en vue ici le contrôle de la règle de Fotheringham, on n'a pas tenu compte de la parallaxe, et les différences de hauteur sont géocentriques. On voit que la règle est en défaut dans les trois cas, les différences de hauteur étant respectivement trop faibles de 0°,6, 0°,7 et 0°,9. Elle faisait prévoir l'invisibilité de la Lune.

Pour compléter cette étude, j'ai cherché à tirer parti des photographies de la Lumière Cendrée obtenues par divers auteurs. Sur certains de ces documents, que j'ai dû rejeter, la diffusion photographique masque le phénomène à étudier, les cornes étant artificiellement allongées. Ce défaut n'affecte pas la très belle suite de négatifs que M. Em. Touchet a bien voulu me confier. Elle a été obtenue en 1899, à l'Observatoire de la Société Astronomique de France, au foyer de l'équatorial de 0^m,108, en collaboration par MM. Touchet et Quénisset. Le temps d'exposition ayant été judicieusement choisi, la Lumière Cendrée a impressionné la plaque, sans que la diffusion ait déformé les contours du croissant.

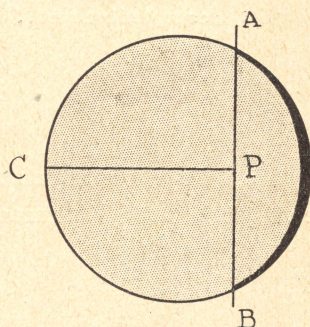


Fig. 30. — Mesure de l'arc limitant la lumière cendrée.

Sur chacun des clichés, qui sont au nombre de un pour la journée du 13 mars 1899 et de deux pour les autres dates, on a mesuré la flèche CP de l'arc de circonférence limitant la Lumière Cendrée, d'une corne à l'autre, puis le diamètre 2r de la Lune parallèle à la ligne des cornes (fig. 30). On a :

$$\cos \omega = \frac{CP - r}{r}$$

Voici le résultat des mesures :

Date	a	α
—	—	—
13 mars 1899	26	+ 2,5
14 — —	39	+ 0,5
15 — —	52	— 0,8
16 — —	64	— 0,5
17 — —	75	— 1,4

Le 13 mars, le croissant s'étendait sur 168° seulement (fig. 28). Le 14, il mesurait 178° . Ensuite, sa longueur dépassa 180° , des sommets montagneux ayant fait apparition au delà du terminateur géométrique (voir plus haut).

Les retouches du graveur et les défauts de l'impression rendent inutilisables le plus grand nombre des photographies de la Lumière Cendrée parues dans *L'Astronomie* ou dans d'autres publications. Après examen, je n'en ai retenu que trois, qui ont été mesurées chacune quatre fois de manière indépendante, à des jours différents. Elles ont fourni les données suivantes :

Dates	a	α	Auteurs
26 février 1895	26	2,1	(BARNARD, <i>Publ. Lick. Obs.</i> , XI).
17 août 1895	32	2,1	— — —
22 septembre 1908..	39	1,0	(QUÉNISSET, <i>Bulletin S. A. F.</i> 1909).

* * *

Nous disposons maintenant de 14 déterminations de l'arc déficient à la corne et de deux déterminations de l'arc au milieu du croissant. Portons les

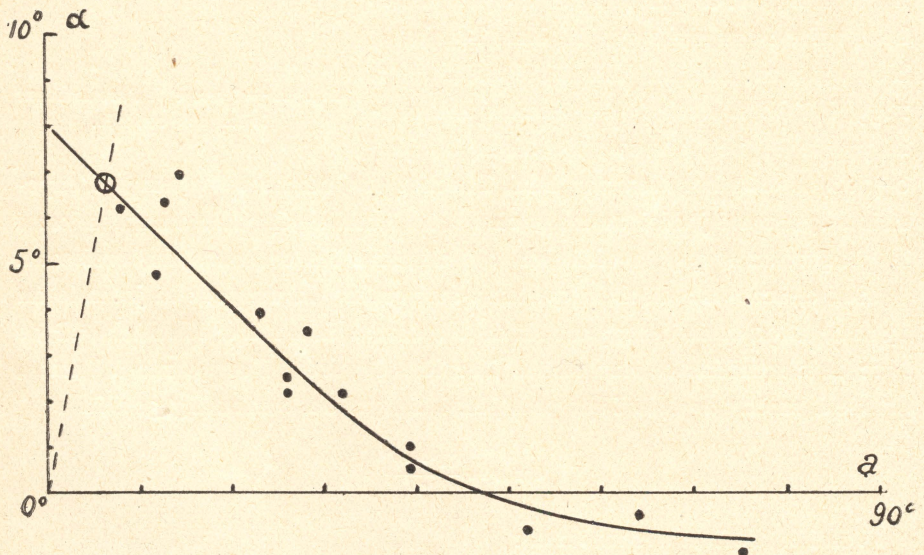


Fig. 31. — Variation de l'arc déficient α , avec la distance a de la Lune au Soleil.

premières en ordonnées sur un graphique (fig. 31) dont les abscisses représentent la distance angulaire de la Lune au Soleil. Les points se groupent assez bien autour d'une courbe qui va de l'ordonnée $\alpha = 8^\circ,0$ pour $a = 0^\circ$, à $\alpha = 0^\circ$ pour $a = 46^\circ$. Au delà, l'arc déficient est négatif.

Première conséquence, le croissant lunaire se réduit à rien bien avant que ne s'annule la distance angulaire de la Lune au Soleil. La disparition complète de la Lune a lieu évidemment lorsque $\alpha = a$, et le graphique montre que cette circonstance se présente pour $a = 6^{\circ},7$. Comme la latitude de la Lune reste toujours en deçà de cette limite, on peut affirmer que la Lune disparaît entièrement à chaque conjonction avec le Soleil. Si nous pouvions sortir de notre atmosphère et jouir d'un ciel obscur, nous y verrions la Nouvelle Lune grâce à la lumière cendrée, mais sans le moindre filet brillant dû à l'éclairage direct du Soleil. Ce qu'on appelle communément *la phase croissante* ne commencerait qu'à six degrés trois quarts du Soleil. A ma connaissance, cette particularité du plus vulgaire des phénomènes astronomiques n'avait pas été signalée.

Les conjonctions inférieures de Vénus et du Soleil offrent un effet opposé, la longueur du croissant s'étendant à mesure que la planète s'approche du Soleil. Lorsque leur distance est très petite, peu de temps avant ou après un passage, par exemple, les cornes arrivent même à se rejoindre, et le croissant se ferme en un anneau continu. On explique ce phénomène par la réfraction de la lumière solaire dans l'atmosphère de Vénus.

Loin de soupçonner l'accourcissement, dans les mêmes conditions, du croissant de la Lune, Lœwy et Puiseux écrivent ce qui suit, à propos d'une planche de leur Atlas : « La corne est limitée à la partie fortement éclairée ; dans cette région, une pose plus longue serait indispensable pour décider s'il y a ou non prolongement crépusculaire que l'on doit attribuer à la présence d'une atmosphère. » (*Atlas de la Lune*, Fascicule III, Texte, page C 17.)

On vient de voir ce qu'il en est. Mais, que des astronomes habitant une grande ville n'aient pas une connaissance approfondie de l'aspect du fin croissant, observable seulement dans les fumées de l'horizon, on ne doit pas s'en étonner outre mesure. Les amateurs sont souvent les mieux placés pour se livrer à de telles recherches, et je fais appel à leur coopération pour compléter et préciser le graphique encore bien insuffisant de la figure 4. L'élément à mesurer, dans les deux ou trois jours qui précèdent ou suivent la Nouvelle Lune, est l'*amplitude totale* 2α du croissant, prise d'une corne à l'autre. Il faut connaître aussi l'*heure* et le *lieu* de l'observation.

La mesure angulaire précise du croissant se fait avec un micromètre à fils adapté sur une lunette équatoriale entraînée : on détermine l'angle de position de chacune des cornes, la différence donnant l'amplitude demandée. Mais il n'est nullement indispensable d'avoir des valeurs précises, les irrégularités locales du bord lunaire en rendraient l'interprétation rigoureuse illusoire. Il est certain, en effet, que, d'une lunaison à l'autre, la valeur de l'arc déficient doit changer un peu, puisque les régions éclairées de la Lune

ne sont pas les mêmes. On ne peut avoir qu'une connaissance moyenne du phénomène, dont la théorie elle-même est d'ordre statistique.

On pourra donc se contenter du mode suivant d'estimation, que j'ai employé. On trace un cercle d'une dizaine de centimètres de diamètre, puis on marque au crayon, sur sa circonférence, l'emplacement des deux cornes tel qu'on le voit dans une petite lunette grossissant quinze ou vingt fois, et montrant bien la lumière cendrée. On mesure ensuite avec un rapporteur l'angle qui sépare ces deux points. Si le limbe lunaire tout entier est bien visible, éclairé en partie par le Soleil, en partie par la lumière cendrée, l'erreur ne dépasse pas un ou deux degrés. On peut encore mesurer sur le dessin la distance CP et le diamètre du cercle (fig. 2). Lorsque le crépuscule empêche de voir la lumière cendrée, la précision est un peu moindre, mais alors le croissant sous-tend un angle notablement inférieur à 180 degrés, et une erreur de quelques degrés n'altère pas sensiblement la valeur calculée de l'arc déficient.

J'effectuerai bien volontiers la réduction des observations qui me seraient communiquées. Le calcul est assez simple, mais tous les observateurs n'ont pas à leur disposition la *Connaissance des Temps*. Il convient de leur rappeler ici que l'âge de la Lune fournit une évaluation insuffisamment précise de la distance angulaire qui sépare la Lune du Soleil ; il ne fournit même pas la différence des longitudes de ces astres, puisque leur mouvement n'est pas uniforme, celui de la Lune moins encore que celui du Soleil. La différence de longitude fût-elle exactement connue, elle ne suffirait pas ; il faudrait aussi tenir compte de la latitude de la Lune. A l'instant de la conjonction, par exemple, l'âge de la Lune est nul, mais sa distance du Soleil ne l'est pas, sauf s'il y a éclipse centrale. Elle est égale à la latitude de la Lune qui peut atteindre près de 6°. Enfin, l'observateur n'est pas placé au centre de la Terre, et l'on doit déterminer l'effet de la parallaxe, au moins pour les valeurs de a inférieures à 20°.

Le phénomène qui nous occupe, négligé des astronomes, est un de ceux qui compliquent étrangement le problème théorique de la photométrie lunaire. Celui-ci aura fait un progrès appréciable vers sa solution, lorsque la valeur de l'arc déficient sera exactement établie.

A. DANJON,

Directeur de l'Observatoire de Strasbourg.