

ÉCLIPSE DE LUNE PAR LA PÉNOMBRE; 1er MARS 1980.

. Collège Château Forbin, Marseille.

Dans le courant de Janvier 1980, les élèves du club d'astronomie du collège (des 5èmes, 4èmes et 3èmes) me demandèrent si nous pourrions observer l'éclipse du 1er Mars. Ils connaissaient assez bien le mécanisme des éclipses, mais le mot "pénombre" leur posait un problème: que verrions-nous? où et comment déceler un phénomène aussi léger?

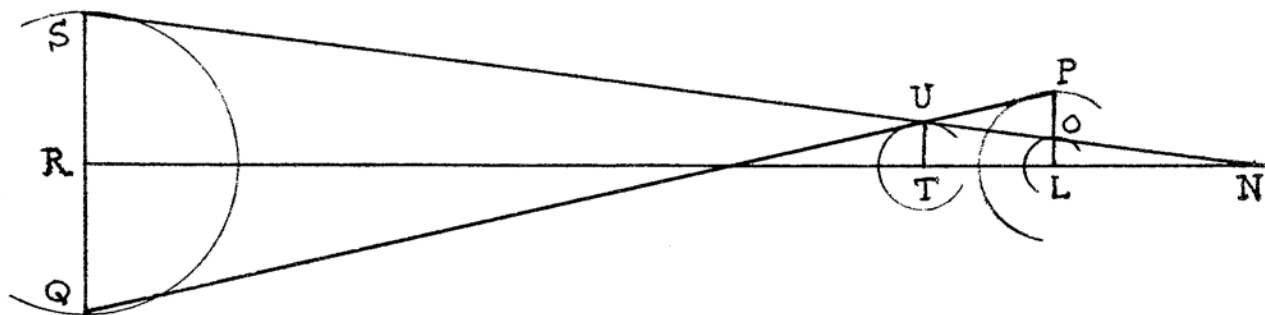
Je leur proposai de chercher des réponses dans les Éphémérides publiées pour la S.A.F. par Gauthier-Villars et préparées par le Bureau des Longitudes.

Les éléments trouvés en parcourant cet ouvrage apportèrent d'autres questions; de la visibilité à l'oeil nu puis aux instruments, on passa aux problèmes de dimensions, et enfin à ceux de la photographie.

En relatant le cheminement de ce travail, nous allons montrer ce que des adolescents ont su faire en partant d'un ouvrage aussi rébarbatif (apparemment !) que les Éphémérides.

APPROCHE GÉOMÉTRIQUE:

Le croquis ci-dessous sert de point de départ à la majorité des calculs; ces derniers sont restés élémentaires puisqu'au club l'effectif est composé du seul premier cycle.



RS: rayon du Soleil; QS: diamètre du Soleil; TU: rayon de la Terre; LO: rayon de l'ombre; LP: rayon de la pénombre; RT: distance de la Terre au Soleil; TL: distance de la Terre à la Lune; TN: longueur du cône d'ombre de la Terre. Comme d'habitude, les proportions ne peuvent pas être respectées; les angles aigus sont en réalité très petits.

La Lune n'est pas représentée sur ce croquis; elle se trouve quelque part dans le plan indiqué par PL.

Les numéros de pages sont, bien entendu, ceux des Ephémérides; les heures sont indiquées en T.U.

Page 218: 1er Mars; pénombre; visible de Paris; entrée dans la pénombre: 18h 46mn; maximum: 20h 45; sortie: 22h 44; grandeur de l'éclipse: 0,654.

Première question: la pénombre entamera-t-elle le nord ou le sud de la Lune? En cherchant les coordonnées du Soleil au moment de l'éclipse, il est simple de trouver les coordonnées du centre de l'ombre, à l'opposé du Soleil. En comparant ce point et le centre de la Lune au même moment, nous obtenons une première indication.

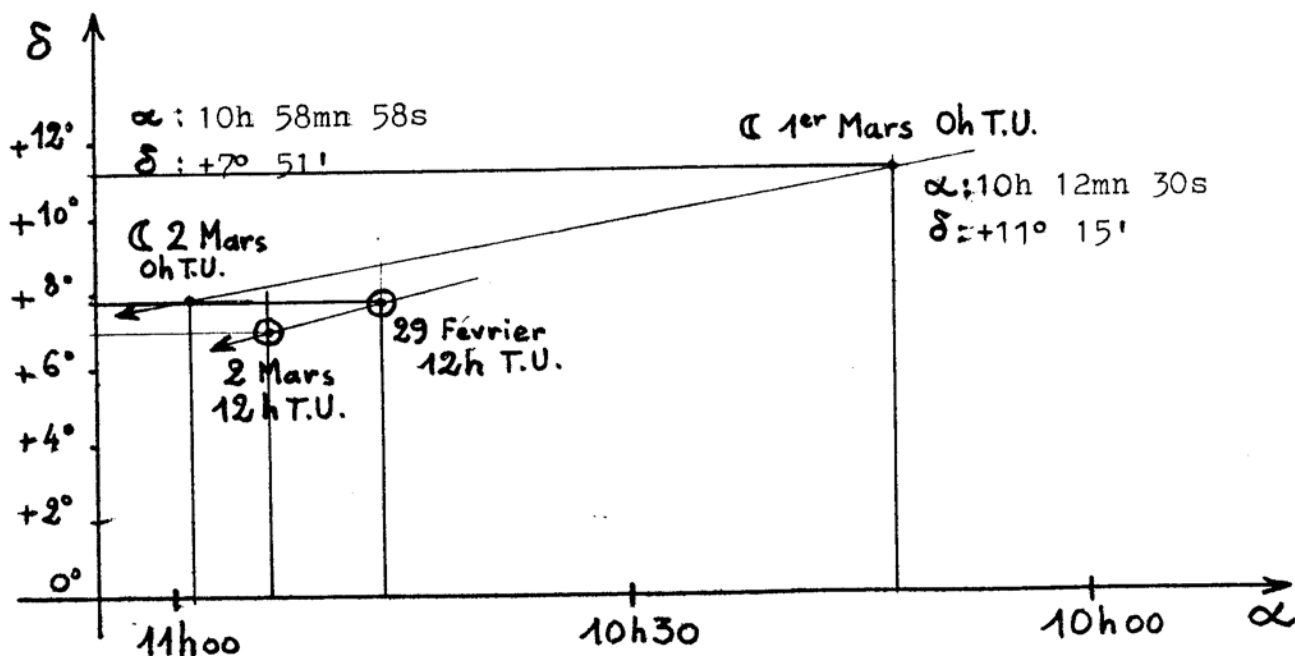
Pages 84 et 86: positions du Soleil à 12h T.U. :

29 Février: 22h 46mn 22s et $-7^{\circ} 48'$

1er Mars : 22h 50mn 07s et $-7^{\circ} 25'$

2 Mars : 22h 53mn 51s et $-7^{\circ} 02'$

Les ascensions droites du point central de l'ombre sont donc les mêmes moins 12 heures; les déclinaisons sont les mêmes, mais positives; les trajectoires apparentes, ramenées localement à des droites pour simplifier, apparaissent ainsi:



La Lune passe donc au nord du point anti-solaire; la pénombre mordra le sud du disque lunaire. Les positions de notre satellite, à 0h T.U. , se trouvent à la page 87.

Un tel résultat poussa les élèves à rechercher plus de détails et, en particulier, ceux-ci voulurent prévoir les dif-

férentes configurations du phénomène, tout en sachant que seule la période entourant le maximum donnerait une chance de déceler un assombrissement.

Il nous manquait les diamètres (réels et apparents) des astres, ainsi que les distances (RT, TL, TN) pour arriver à dessiner LO et LP ainsi que la Lune aux différents moments de l'éclipse.

Notons, au passage, que ces renseignements se trouvent dans de nombreux ouvrages; le "Que sais-je?" n° 940 de Paul Couderc sur les éclipses, d'une lecture aisée, est très enrichissant. Comme nous avons décidé de nous en tenir aux Ephémérides, le groupe se mit donc aux calculs.

DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES:

Page 87: lever de la Lune à Paris: 17h 19mn. Le phénomène commence à 18h 46mn et de plus Marseille se trouve à l'est de la capitale; pas de problème de visibilité donc, si la météo reste favorable.

Page 46: rayon équatorial de la Terre:

$$TU = 6378,14 \text{ km}$$

Page 52: diamètre de la Lune: 0,272 par rapport à $\odot = 1$.

" du Soleil: 109 " "

A la page 168, le rapport pour la Lune est donné avec une décimale de plus: 0,2725.

Page 87: parallaxe de la Lune (c'est à dire demi-diamètre de la Terre vu de notre satellite):

1er Mars à 0h: 54' 14"

2 Mars à 0h: 54' 04" .

Page 165: observations physiques du Soleil:

	1/2 diamètre du \odot à 12h	distance \odot à 0h
26 Février	16' 10",82	14 810 . 10 ⁴
5 Mars	16' 08",91	14 839 . 10 ⁴

CALCULS:

1°) $RS = 6378,14 \cdot 109 = \underline{695\ 218 \text{ km.}}$

2°) puisque 8 jours s'écoulent du 26 Février au 5 Mars (à 0h), le 1er Mars à 20h 45 (soit 20,75 heures) il se sera écoulé:

$$4 \text{ jours} + \frac{20,75}{24} = 4,8645833 \text{ jours ;}$$

La distance de la Terre au Soleil vaudra:

$$14\ 810.10^4 + \frac{(14\ 839.10^4 - 14\ 810.10^4) 4,8645833}{8}$$

d'où: $\underline{RT} = \underline{14\ 827,634.10^4 \text{ km.}}$

3°) dans les triangles rectangles NRS et NTU, nous écrivons:

$$\frac{RS}{RN} = \frac{TU}{TN} \text{ d'où: } \frac{RS}{RT+TN} = \frac{TU}{TN} \text{ puis: } TN = \frac{TU \cdot RT}{RS - TU}$$

L'application numérique aboutit à:

$$\underline{TN} = \underline{1\ 372\ 929 \text{ km.}}$$

4°) des données de la page 87, tirons la parallaxe de la Lune le 1er Mars à 20h 45mn:

$$54' 14'' - \frac{(54' 14'' - 54' 04'') \cdot 21,75}{24} = 54' 4'',9;$$

cet angle représente la valeur de \widehat{ULT} ; or: $\frac{TU}{\widehat{ULT}} = TL$.

L'application numérique donne alors:

$$\underline{TL} = \underline{405\ 393 \text{ km}}$$

5°) par un raisonnement identique au 3°), nous écrivons dans les triangles NTU et NLO:

$$\frac{TU}{TN} = \frac{LO}{LN} \text{ d'où: } LO = \frac{TU \cdot LN}{TN}; \text{ comme } LN = TN - TL,$$

$$LO = \frac{TU \cdot (TN - TL)}{TN}$$

$$\underline{LO} = \underline{4\ 495 \text{ km}}$$

6°) puisque les angles aigus sont très petits, nous pouvons étendre le même calcul aux triangles OPU et RSU;

$$\frac{OP}{TL} = \frac{OS}{RT} \text{ d'où: } OP = \frac{2RS \cdot TL}{RT}$$

$$\underline{OP} = \underline{3\ 802 \text{ km}}$$

Nous possédions donc toutes les valeurs recherchées, sauf le rayon de la Lune:

$$6\ 378,14 \times 0,2725 = 1\ 738 \text{ km.}$$

Nous pouvons donc tracer le dessin prévisionnel de l'éclipse. Les arcs parcourus par le centre de la Lune et par le centre de l'ombre étant très courts, nous les avons assimilés à des segments de droites; de même, nous avons continué à utiliser la règle de 3 pour trouver les positions intermédiaires.

Képler ne serait pas très content, mais c'est en connaissance de cause que les adolescents ont effectué ces approximations.

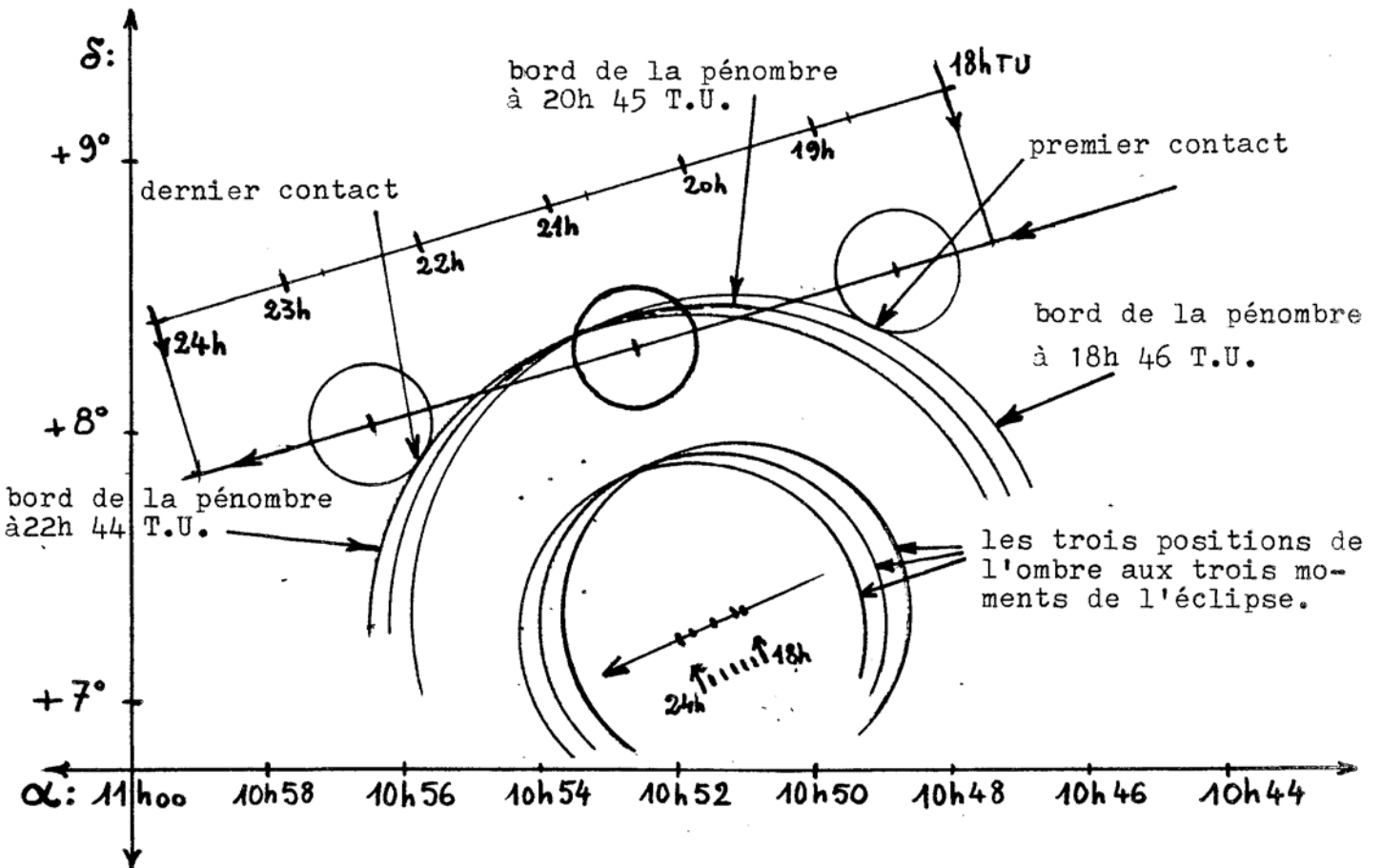
Ainsi, à 18h T.U., la position de la Lune devient:

$$\alpha = 10h 12mn 30s + \frac{(10h 58mn 58s - 10h 12mn 30s) \times 18}{24} = 10h47mn21s$$

$$\text{et } \delta = 11^\circ 15' - \frac{(11^\circ 15' - 7^\circ 51') \times 18}{24} = 8^\circ 42'$$

Par le même calcul, les positions du centre de l'ombre à 18h et à 24h T.U. deviennent:

	α	δ
1er Mars 18h T.U.	10h 51mn 03s	7° 19' 15"
1er Mars 24h T.U.	10h 51mn 59s	7° 13' 30"



Pour trouver l'échelle du graphique, le calcul suivant fut réalisé: puisque la parallaxe de la Lune a été calculée au moment de l'éclipse, la parallaxe de la Terre vaut:

$$54' 5'' \times 0,2725 = 14' 44'',25 ; \text{ ce rayon angulaire de la}$$

Lune, rapporté aux déclinaisons sur le graphique, correspond aux 1738 km du rayon réel. Cette manière de faire peut s'adapter au tracé de n'importe quelle phase du phénomène grâce aux échelles de temps reportées près des trajectoires.

PHOTOGRAPHIE:

Grâce à un petit télescope de 115mm d'ouverture, nous avons photographié l'éclipse. L'image du foyer primaire était agrandie par un oculaire Clavé de 16mm et mesurait 18mm sur la pellicule; cette dernière était une Ektachrome 400 et les meilleurs clichés furent pris au 1/60ème et au 1/125ème de s.

L'image ci-dessous est un tirage négatif d'une des diapositives; la diapo a été placée dans l'agrandisseur comme un négatif. Ainsi, le résultat présente un contraste beaucoup plus marqué que sur la diapo; l'observation visuelle et à l'aide de jumelles ne donnait pas une impression aussi nette .

On a tracé de part et d'autre du cliché les limites perceptibles de la pénombre (le sud est en bas) par comparaison avec un tirage semblable mais pris lors d'une Pleine Lune normale.



