

AVEC NOS ÉLÈVES

Le lunoscope

Béatrice Sandré,

Béatrice Sandré a déjà fait réaliser cette maquette lors de précédentes écoles d'été mais elle ne l'avait jamais présentée dans les Cahiers Clairaut ; ce numéro sur les éclipses lui donne l'occasion de le faire. Cette maquette permet de prévoir non seulement les dates des pleines Lunes et nouvelles Lunes de l'année mais aussi celles des éclipses de Lune ou de Soleil.

Si le plan de l'orbite lunaire était confondu avec l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre), il y aurait éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune et éclipse de Lune à chaque pleine Lune. Ces deux plans font en réalité un angle de 5° environ et leur droite d'intersection est appelée ligne des nœuds. Il n'y a donc pas éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune ni éclipse de Lune à chaque pleine Lune mais seulement si ces événements se produisent lorsque le Soleil et la Lune sont au voisinage de la ligne des nœuds (voir page 9).

La maquette présentée ici permet de prévoir avec une "assez" bonne précision les dates des éclipses de Lune et de Soleil. Elle doit pour cela nous donner la position du Soleil et de la Lune en fonction de la date ainsi que la direction de la ligne des nœuds.

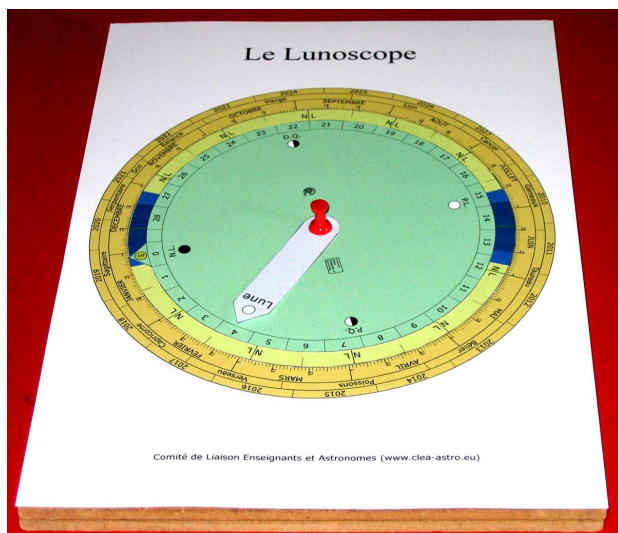


Fig.1. La maquette terminée punaisée sur une planchette.

Vous pouvez réaliser la maquette avant de poursuivre votre lecture mais ce n'est pas obligatoire, l'article est compréhensible sans la maquette en main.

Construction de la maquette

Matériel nécessaire :

- Trois fiches imprimées sur papier épais ou bristol disponibles sur le site du CLEA.
- Une punaise (ou une attache parisienne).
- Éventuellement, un morceau de rhodoïd (votre maquette sera plus précise) et une planchette format A4 pour punaiser les différents disques.

La maquette comporte 5 pièces :

Vous trouverez les fiches et le détail de la construction sur le site du CLEA à l'adresse www.clea-astro.eu / (Cahiers Clairaut - sommaire)

Position du Soleil

Le disque orange représente le plan de l'écliptique. On y a indiqué les constellations du zodiaque. La graduation intérieure permet de mettre le Soleil à sa place en fonction de la date. Le premier janvier par exemple, il est dans la constellation du Sagittaire et passera dans celle du Capricorne aux environs du 21 janvier (figure 2).

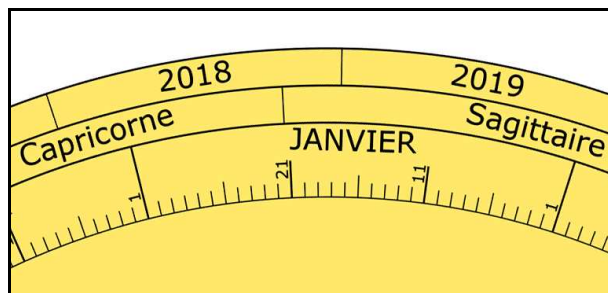


Fig.2. Partie du disque orange. La graduation en date (mois et jour) indique la position du Soleil.

Dates des nouvelles Lunes

Deux nouvelles Lunes consécutives sont séparées en moyenne de 29 jours 12 heures et 44 minutes. Cet intervalle de temps est appelé mois lunaire ou lunaison. Connaissant la date de la première, il est possible de déterminer les dates approximatives de toutes les nouvelles Lunes de l'année. C'est ce que permet de faire le disque jaune. En 2011 par exemple, la première nouvelle Lune aura lieu le 4 janvier. Si on place la flèche située en bordure du disque jaune en face de cette date, on peut lire les dates approximatives des autres nouvelles Lunes de 2011 : 3 février, 4 mars... Les dates des pleines Lunes sont séparées des nouvelles Lunes d'une demi lunaison : 19 janvier, 18 février...

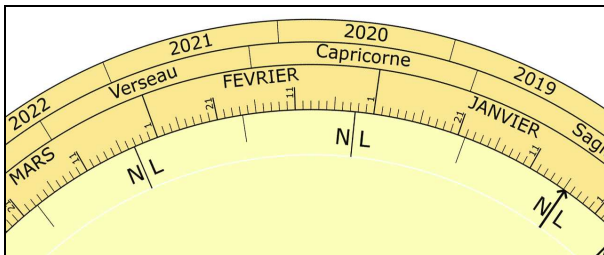


Fig.3. Le deuxième disque est réglé pour 2010 (première nouvelle Lune le 4 janvier). On peut lire les dates de toutes les nouvelles Lunes (3 février, 4 mars...) et pleines Lunes (19 janvier, 18 février...) de l'année.

Position de la Lune

Au cours d'une lunaison, la direction Terre-Lune tourne de 360° par rapport à la direction Terre-Soleil et ce en 29,53 jours. Le disque vert nous permet de repérer la position de la Lune connaissant la position du Soleil et le jour du mois lunaire. Par exemple, en février 2011, la nouvelle Lune aura lieu le 3 Février.

Le 20 février sera donc le 17^e jour du mois lunaire. On place le Soleil au 20 Février et la Lune sur la graduation 17 du mois lunaire. On lit qu'elle entre dans la constellation de la Vierge (figure 4).

Direction de la ligne des nœuds

La ligne des nœuds n'est pas fixe. Elle tourne dans le sens rétrograde (sens des aiguilles d'une montre)

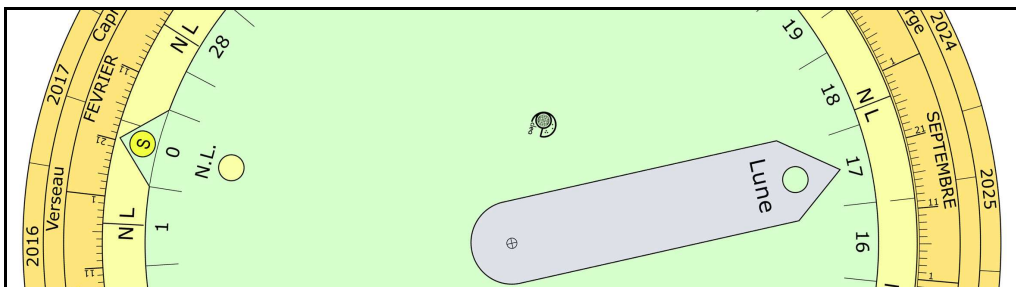


Fig.4. Le Soleil est positionné à gauche pour le 20 février, la Lune est au 17^e jour à droite à la limite du Lion et de la Vierge.

de 360° en 18,6 ans. Le 1^{er} janvier 2010, le nœud descendant avait une longitude écliptique de $111^\circ 4,5'$. Il avait donc la direction qu'occupe le Soleil le 13 Juillet. La graduation extérieure du disque orange indique la direction du nœud descendant en fonction de l'année depuis le 1^{er} janvier 2010 et jusqu'en 2022 (après cette date, il faudra refaire le lunoscope). Le nœud ascendant est dans la direction opposée.

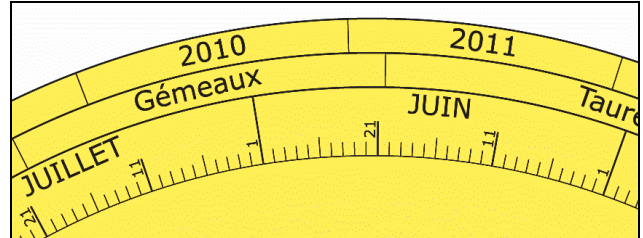


Fig.5. Position du nœud descendant en 2010 et 2011.

Conditions d'éclipses

Sur la sphère céleste centrée sur la Terre T, les orbites de la Lune L et du Soleil S font un angle de 5° . Elles se coupent au nœud ascendant N et descendant N' (figure 6).

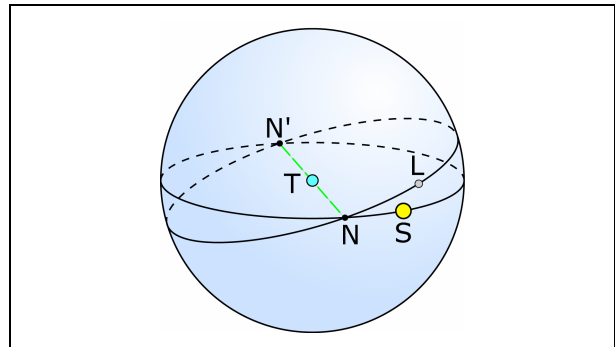


Fig.6. Nœud ascendant (N) et nœud descendant (N')

Les éclipses auront lieu quand le Soleil et la Lune seront au voisinage d'un nœud, mais pas uniquement au nœud à cause du rayon apparent de la Lune $\theta_L = 0,25^\circ$, de celui du Soleil $\theta_S = 0,25^\circ$, et de la parallaxe de la Lune $p_L = 1^\circ$ (angle sous lequel, de la Lune, on voit le rayon de la Terre).

On démontre que la condition d'éclipse de Soleil (partielle ou non) peut s'écrire :

$$\widehat{STL} < \theta_L + \theta_S + p_L \text{ soit } \widehat{STL} < 17,5^\circ.$$

Les relations de trigonométrie sphérique permettent d'en déduire que $\widehat{NTS} < 17,5^\circ$.

Il y aura donc éclipse de Soleil si la Lune est nouvelle et que le Soleil est à moins de $17,5^\circ$ de la ligne des nœuds.

On montre aussi que l'éclipse sera totale (ou annulaire) si $\widehat{STL} < \theta_L - \theta_S + p_L$ soit $\widehat{STL} < 1^\circ$ et $\widehat{NTS} < 11,5^\circ$.

Une éclipse de Lune se produit lorsque, vues de la Terre, les directions de la Lune et du Soleil sont opposées (ou presque), c'est-à-dire à la pleine Lune. Une éclipse de Lune par la pénombre serait, vue de la Lune, une éclipse partielle du Soleil par la Terre. Le problème peut donc se traiter comme celui d'une éclipse de Soleil et la condition d'éclipse de Lune par la pénombre s'écrit :

$$\widehat{SLT} < \theta_T + \theta_S + p_T.$$

$\theta_S = 0,25^\circ$; c'est toujours le rayon apparent du Soleil (vu de la Terre ou de la Lune, c'est pareil).

θ_T est le rayon apparent de la Terre vue depuis la Lune ; c'est donc la parallaxe $p_L = 1^\circ$ de la Lune.

p_T est la parallaxe de la Terre c'est-à-dire l'angle sous lequel on voit depuis la Terre le rayon de la Lune : $p_T = \theta_L = 0,25^\circ$. Pour une éclipse de Lune totale, partielle ou par la pénombre, la distance angulaire du Soleil à la ligne des nœuds doit donc être, comme pour l'éclipse partielle de Soleil, inférieure à $17,5^\circ$.

On montre de la même façon, que l'éclipse de Lune sera totale ou partielle si $\widehat{SLT} < \theta_T - \theta_S + p_T$ et donc le Soleil à moins de $11,5^\circ$ de la ligne des nœuds.

La pièce bleue a une largeur angulaire de 2 fois $17,5^\circ$ de part et d'autre de la ligne des nœuds et la zone plus foncée de 2 fois $11,5^\circ$.

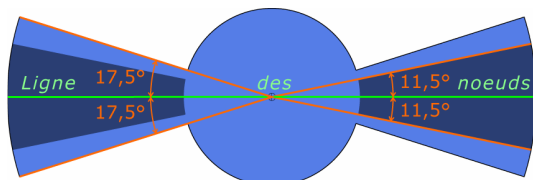


Fig.7. La pièce n° 5 en forme de papillon. La limite de $11,5^\circ$ correspond à l'angle maximal entre la direction du Soleil et la ligne des nœuds pour une éclipse totale de Soleil (totale ou partielle pour la Lune) et celle de $17,5^\circ$ à une éclipse partielle de Soleil (par la pénombre pour la Lune).

Lecture des dates d'éclipses

Nous allons utiliser la maquette pour déterminer les dates et natures des éclipses pour l'année 2011.

Il faut tout d'abord mettre en place le disque jaune pour qu'il nous indique effectivement les dates des pleines Lunes et des nouvelles Lunes de l'année 2011 sachant que la première nouvelle Lune aura lieu le 4 janvier (figure 8a). Il faut ensuite placer le secteur des nœuds pour l'année 2011 (figure 8b). On constate que le Soleil traversera la ligne des nœuds au courant des mois de janvier, juin et décembre.

Pour la nouvelle Lune du 4 janvier, on place le secteur des nœuds au début de 2011, le Soleil au 4 janvier et la Lune en position de nouvelle Lune. Dans la direction du Soleil, on voit le secteur bleu clair de la ligne des nœuds (figure 8c). Il y aura donc une éclipse partielle de Soleil à cette date. À la pleine Lune suivante, le 19 janvier, le Soleil n'est plus dans le secteur des nœuds ; il n'y aura pas d'éclipse de Lune. Il faudra attendre le mois de juin. À cette période, la ligne des nœuds est à peu près à la moitié de l'année 2011.

On lit que le 1^{er} juin sera jour de nouvelle Lune. On met le Soleil et la Lune à leur place et on constate que, comme au 4 janvier, l'éclipse de Soleil sera partielle.

Le 15 juin sera jour de pleine Lune. On met le Soleil dans la direction du 15 juin ; la Lune est dans la direction opposée (P.L. sur le disque vert). La zone bleu foncé du secteur des nœuds est dans la direction du Soleil. L'éclipse de Lune sera totale et la Lune sera dans la constellation du Serpente...

On pourra trouver ainsi qu'il y aura une éclipse partielle de Soleil les 1^{er} juillet et 25 novembre 2011, une éclipse totale de Lune le 10 décembre 2011.

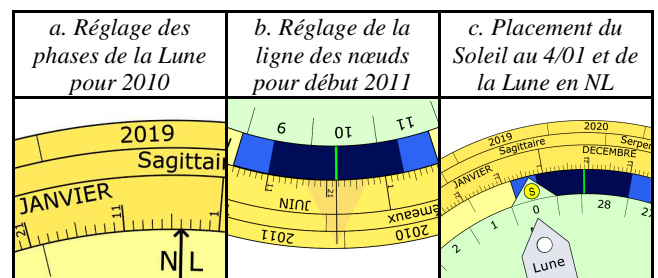
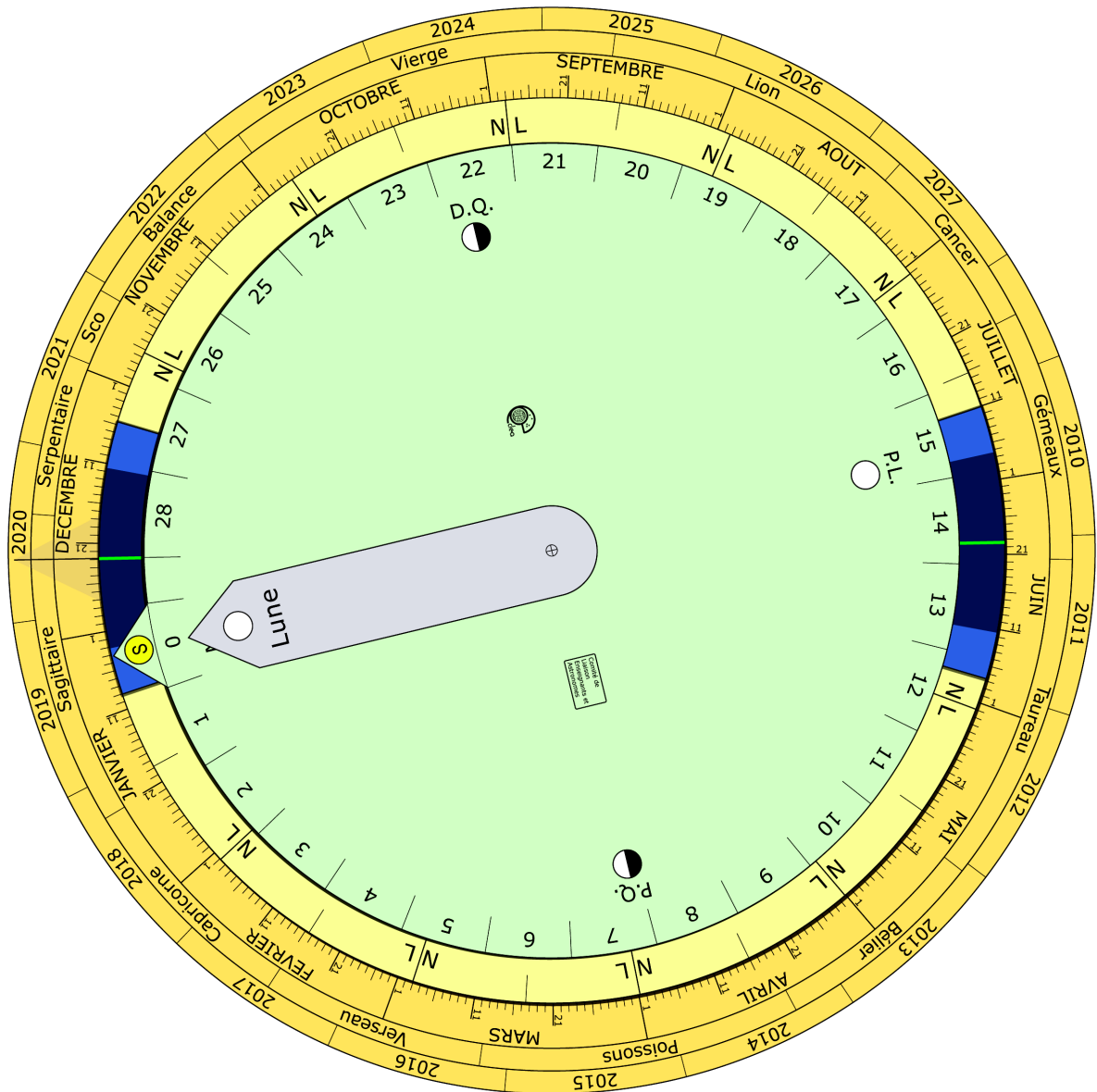


Fig.8. Réglages pour déterminer les éclipses de 2010. On trouve une éclipse partielle de Soleil le 4 janvier.

Les indications données par cette maquette ne sont qu'approximatives car elle suppose que tous les mouvements sont uniformes : celui de la Terre autour du Soleil, celui de la Lune autour de la Terre et celui de la ligne des nœuds. Elles sont aussi incomplètes car les régions de visibilité des éclipses ne sont pas fournies.

Le Lunoscope



Comité de Liaison Enseignants et Astronomes (www.clea-astro.eu)

*Fig.9. Le lunoscope réglé pour la nouvelle Lune du 4 janvier 2011.
On vérifie qu'il y aura bien une éclipse partielle de Soleil.*