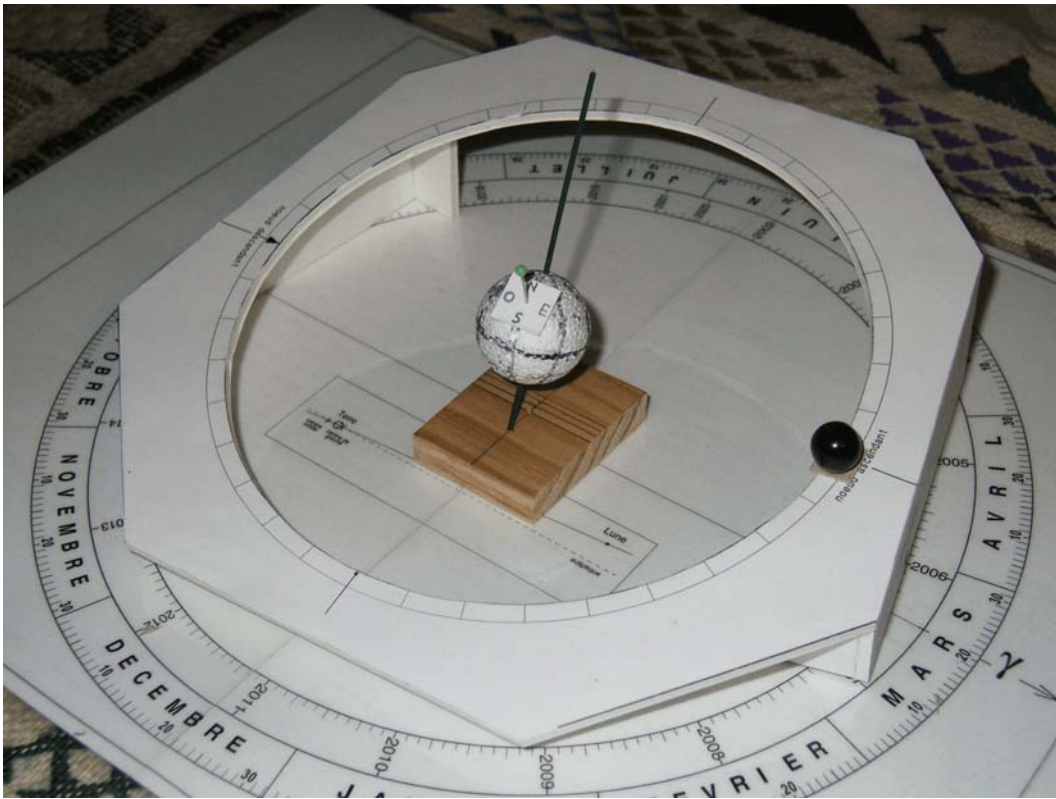


Orbilune

où la Lune et la Terre dans tous leurs ébats



maquette à construire soi-même

Introduction	2
Description	3
Utilisation	5
Construction	8
Matériel	10
Annexes	11
Glossaire	11
Caractéristiques Soleil, Terre, Lune	12
Eclipses de 2000 à 2020	13

Orbilune

Maquette de l'orbite de la Lune

version provisoire 1.1

phm - Observatoire de Lyon - 2006/02/08

Introduction

La maquette construite et présentée ci-après est un travail commun entre l'Observatoire et une classe de CM2. Elle pourra également répondre à une forte demande d'enseignants de tous niveaux confrontés au problème d'expliquer les mouvements de la Lune et les éclipses de façon non superficielle.

La Lune, notre plus proche voisine, sous un faux aspect de régularité (mois lunaire), cache une complexité étonnante dans tous ses aspects et mouvements.

Pour simuler de façon réaliste la Lune sur son orbite, une maquette permet de mieux visualiser les positions respectives des trois corps Terre, Lune et Soleil, dans l'espace et dans le temps et permet de faire évoluer le système sur une période de vingt ans.

A cause de l'inclinaison de l'orbite de la Lune autour de la Terre et des perturbations dues principalement au Soleil, les phénomènes ne se répètent pas systématiquement d'une lunaison à l'autre et d'une année à l'autre.

Elle comprend :

- un **plateau écliptique**, parallèle au *plan de l'écliptique*, plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil. Un calendrier circulaire permet au cours de l'année de visualiser la direction du Soleil et de ses rayons.
- un **plan incliné**, *orbite de la Lune*, placé et orienté sur le plateau-écliptique en fonction de l'année et du mois de simulation. Le plan est évidé à l'intérieur de l'orbite pour y placer la Terre et faciliter l'observation.
- une petite **maquette Terre** placée au centre du plateau-écliptique, avec son axe de rotation.
- une petite **maquette Lune** approximativement de taille en rapport avec la petite Terre.

Les rayons solaires peuvent être matérialisés par une lampe qui permet de simuler les variations d'éclairement de la Lune et de la Terre au cours des lunaisons et au cours de l'année.

La maquette se propose de simuler un certain nombre de phénomènes astronomiques liés à la Lune, à la Terre, au couple Terre-Lune sous l'éclairage du Soleil.

Pour la Lune :

- rotations
- phases
- la position dans le ciel suivant la lunaison
- la position au-dessus de l'horizon suivant l'époque de l'année
- le phénomène de la rétrogradation des noeuds de l'orbite (période 18,6 ans)

Pour le couple Terre-Lune :

- les phénomènes des éclipses
 - mécanisme et explications
 - possibilité ou non d'éclipses à la Nouvelle Lune et à la Pleine Lune
 - prévisions approximatives des dates des éclipses passées et futures (2001-2020)

Pour la Terre et le Soleil

- phénomènes des saisons
 - durée des jours et des nuits
 - positions du Soleil dans le ciel
 - temps solaire, temps sidéral
- position du Soleil par rapport aux étoiles et visibilité des étoiles avec la période de l'année
- précession des équinoxes (accessoirement).

Remarque 1 : pour visualiser sans trop de difficulté les phénomènes des éclipses, l'inclinaison du plan de l'orbite de la Lune sur l'écliptique, qui est de $5,15^\circ$, a été doublée.

Remarque 2 : la maquette ne permet pas de simuler l'avance rapide du périégée (période 8,85 ans) qui influence la nature des éclipses de Soleil (annulaires ou totales). A l'échelle de la maquette, seul l'excentrement de l'orbite de la Lune est appréciable en regard des positions notablement différentes du centre de l'orbite, du centre de la Terre et du centre de gravité du système Terre-Lune (voir figure centrale sur le plan écliptique).

Description des différentes parties de la maquette

Plateau *plan éclipse*

Ce plateau est parallèle au plan de l'écliptique qui passe par le centre de la Terre, donc un peu au-dessus.

On y a tracé trois graduations concentriques :

- à l'extérieur en bleu clair, donne la position des constellations du Zodiaque dans le ciel (facultative),
- au milieu, en bleu foncé, un calendrier permettant de connaître la direction du Soleil en fonction de la date,
- l'autre, interne et en vert, indique la position du noeud ascendant au fil des mois et des années. Il permet de mettre en place correctement le plan de l'orbite de la Lune par rapport à la direction *point vernal*.

Une version du plan de l'écliptique, possède autour du calendrier une couronne portant les positions des constellations du zodiaque.

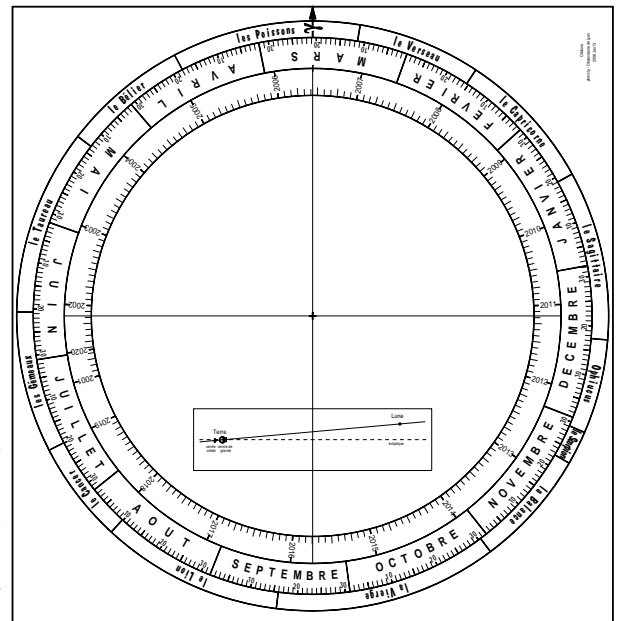


Schéma du centre

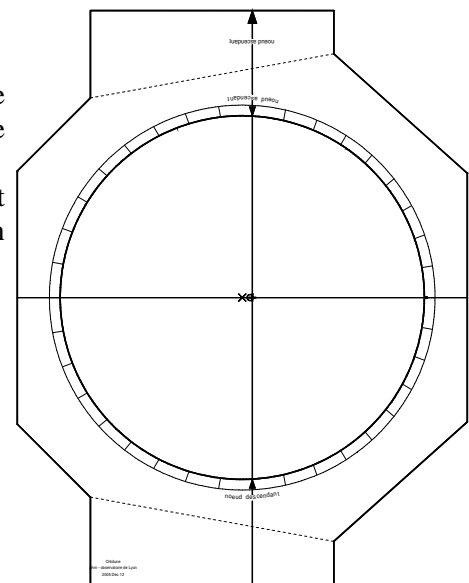
Le schéma dans la partie centrale donne, à l'échelle de l'orbite de la Lune sur la maquette :

- les positions et dimensions de la Terre et de la Lune,
- les positions du centre de gravité du système, du centre de l'orbite et son inclinaison réelle.

Le plan orbite de la Lune

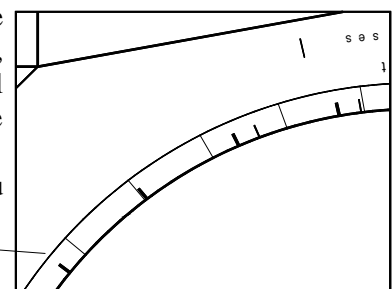
L'orbite de la Lune tracée au centre de la feuille est mise à la bonne inclinaison grâce aux deux parties rabattues ou découpées de chaque côté.

On y a indiqué la *ligne des noeuds* et un repère (en brun) permet d'orienter le plan de l'orbite lunaire par rapport au plan de l'écliptique en fonction de l'année et du mois.



La *graduation interne*, en rouge, de dix en dix degrés placée autour de l'orbite n'est liée à aucun référentiel si ce n'est celui de la ligne des noeuds, mais peut être utilisée pour évaluer les déplacements angulaires de la Lune. Il permet d'autre part de placer le périégée par rapport au noeud ascendant, à une date donnée. L'angle entre périégée et noeud ascendant est donné en annexe.

Une petite *surgraduation*, en vert, correspond à l'amplitude journalière du déplacement de la Lune sur son orbite.



Mise en place

Plan de l'orbite de la Lune

La partie mobile *orbite de la Lune* vient se placer sur le plateau écliptique. Le quadrilatère fait par les deux montants verticaux vient s'inscrire dans le cercle interne (bleu foncé) du calendrier. Pour une année et mois donnés, il suffit de faire tourner l'orbite de la Lune de façon à amener le repère du noeud ascendant sur la date de la graduation interne (verte).

Lune

Plusieurs types de lunes peuvent être utilisées, elles correspondent à différentes façons de visualiser et d'utiliser les éclairages.

- Bille avec entaille : la Lune se positionne grâce à sa rainure à l'endroit désiré de l'orbite (position réaliste, mais peu commode pour visualiser les effets de lumière et d'ombre).
- Bille sur le socle : la Lune se déplace sur l'index circulaire gradué à côté du tracé de l'orbite.
- Bille sur support à axe vertical : la Lune se déplace juste à l'intérieur de l'orbite, et l'on doit ajuster sa hauteur en la faisant coulisser sur sa tige de façon qu'elle soit à la hauteur de l'orbite (permet d'enlever la partie orbite de la Lune pour laisser seul les deux corps dans l'espace).
- Bille sur une petite tige et socle, circulant sur le bord de l'orbite pour faciliter les effets d'ombres portées.

Terre

Pour être plus réaliste, la Terre a son axe de rotation figuré par une tige. L'équateur et le plan équatorial sont symbolisés par le cercle équateur. Les continents peuvent y être dessinés pour faciliter la vision des variations des phénomènes en fonction de la latitude.

Elle se place au centre du plateau, son orientation est fixée en fonction des équinoxes et des solstices (exercice de réflexion).

La Terre étant placée au centre, le Soleil, pour un jour donné de l'année, est dans la direction Terre - repère du jour tracé sur le plateau-écliptique.

La position de la Terre au-dessus du socle est à adapter suivant le modèle de Lune utilisé : le centre de la Terre est au niveau du centre de la Lune lorsque celle-ci est sur un des noeuds de son orbite.

Soleil - éclairage (petite lampe torche)

La source de lumière qui joue le rôle de Soleil doit avoir un éclairage parallèle au plan de l'écliptique et être assez ponctuel pour ne pas donner de pénombres trop grandes.

Elle doit être suffisamment forte pour que la source ne soit pas mise trop près.

La source est à placer à une hauteur qui est celle du centre de la Terre, donc à ajuster aussi avec le modèle de Lune.

Pour simuler le changement d'éclairage au cours de l'année, on peut soit :

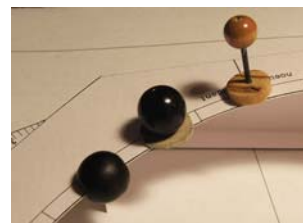
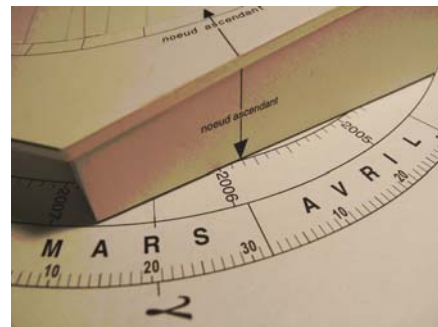
- déplacer l'ensemble maquette parallèlement à elle-même, toujours à la même hauteur, en tournant autour de la source. Il faudra alors tourner la *lampe torche* sur elle-même pour toujours éclairer la maquette. La pièce doit être suffisamment grande pour pouvoir simuler l'année entière.
- faire tourner la maquette sur elle-même, pour faire varier l'orientation de l'éclairage (bien expliquer que c'est une simulation relative).

Dans tous les cas, la date de l'année de la position simulée de la Terre est donnée sur le calendrier par la direction Terre Soleil.

On peut, pour matérialiser la direction des rayons du Soleil, utiliser une tige ou baguette que l'on met parallèle à la direction supposée des rayons du Soleil. Ceci permet de montrer, entre autre, l'inclinaison des rayons à la surface de la Terre, sur laquelle on aura une petite épingle simulant l'observateur et la verticale du lieu (voir ci-dessous).

Observateur terrestre et plan horizon

Un petit carré posé sur la maquette terre avec une épingle à grosse tête ou de la pâte à fixe en un endroit de latitude et longitude données, permet de concrétiser le plan horizon d'un observateur terrestre. Le petit carré convenablement orienté peut porter les quatre lettres NESO pour représenter les quatre points cardinaux de l'observateur et leur direction.



Utilisation

Positionnement de l'orbite de la Lune

Placer l'orbite de la Lune pour une date donnée en alignant le repère brun latéral *Noeud ascendant* (voir définition dans le glossaire en annexe du document) sur la graduation verte des années et des mois. Les bases des deux supports verticaux doivent être inscrits dans le cercle intérieur bleu foncé du calendrier.

Rotations de la Lune

1 - autour de la Terre

Définir et donner la période de révolution **sidérale**, et les périodes **synodique** et **draconitique** en les visualisant avec la maquette (définitions en annexe). Ne pas oublier de tenir compte du déplacement de la Terre sur son orbite au cours d'une période sidérale ou d'une période synodique et de la variation de l'orientation de la direction du noeud de l'orbite.

Questions à faire apparaître avec les différents sens de rotation :

- pourquoi la période draconitique est-elle plus courte que la période sidérale, qui elle-même est plus courte que la lunaison.

Pour bien montrer les différences entre toutes ces périodes, insister sur le fait qu'au cours d'une lunaison, la direction du Soleil a changé (rotation de la Terre sur son orbite dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ou sens direct) et aussi que le plan de l'orbite de la Lune a tourné (pratiquement une petite graduation du repère des noeuds dans le sens rétrograde ou sens des aiguilles d'une montre).

Le sens des rotations est important : sens direct pour les rotations de la Terre, de la Lune sur elles-mêmes et sur leurs orbites, sens rétrograde pour la rotation du plan de l'orbite de la Lune.

2 - sur elle-même

Faire apparaître, pour expliquer la synchronisation de la rotation de la Lune sur elle-même avec sa rotation autour de la Terre, que la Lune doit aussi tourner sur elle-même par rapport aux étoiles lointaines, pour toujours montrer la même face à la Terre (synchronisation), en mettant un petit repère sur la Lune. Ce repère changera de direction par rapport à l'environnement lointain au cours de la lunaison.

Phases de la Lune

En jouant sur les positions respectives de la Lune et de la Terre, faire apparaître que la partie éclairée de la Lune visible de la Terre, présente un aspect de phase. Définir les différentes positions : Nouvelle Lune, Premier Quartier, Pleine Lune, Dernier Quartier.

Variation des heures de lever et coucher de la Lune au cours de la lunaison

Avec l'aide du petit plan horizon placé sur la Terre et de la rotation diurne, montrer que les heures de lever et coucher de la Lune varient tout au long de la lunaison.

Position de la Lune au-dessus de l'horizon suivant l'époque de l'année

En se plaçant à différentes époques de l'année, montrer que lors de son passage au méridien, à la Pleine Lune, la Lune peut être très haute ou très basse sur l'horizon. Cette hauteur de passage est à associer à la durée de visibilité de la Lune variant de 7 heures 35 minutes à presque 17 heures sous nos latitudes pour un horizon sans relief.

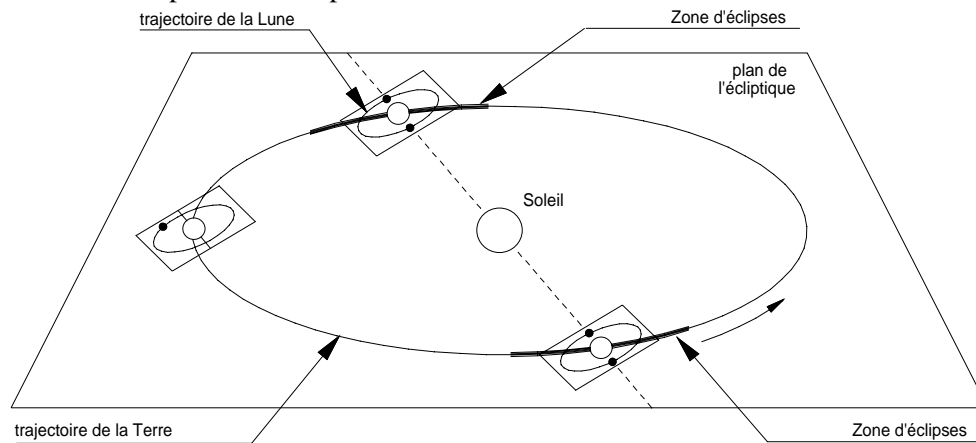
Les éclipses

La maquette permet de simuler les positions respectives de la Lune et de la Terre lors des éclipses aux Pleines Lunes (éclipses de Lune) et Nouvelles Lunes (éclipses de Soleil). Faire apparaître qu'à chaque lunaison, il n'y a pas systématiquement éclipse à cause de l'inclinaison du plan de l'orbite de la Lune.

- montrer et donner l'explication du phénomène par les alignements aux moments de la Pleine Lune et Nouvelle Lune.

Il n'y a éclipse que si la Lune est proche du plan de l'orbite de la Terre, le plan écliptique (d'où l'origine du mot), donc près des noeuds de l'orbite, intersections de l'orbite de la Lune et de l'écliptique..

- faire apparaître que s'il y a une éclipse, quinze jours avant ou après, la Lune est encore proche du plan de l'écliptique et qu'il y a souvent une autre éclipse, mais de l'autre type (analyser en annexe le tableau des prédictions d'éclipses).
- en suivant les lunaisons successives sur un an, faire apparaître qu'en général, il y a au moins deux éclipses de Soleil et deux éclipses de Lune par an.



Dates des éclipses

Puisque qu'une éclipse ne peut se produire que si la Lune est près des noeuds de son orbite, l'alignement de la Terre, de la Lune et du Soleil entraîne que le Soleil doit aussi être proche de la direction d'un noeud de la Lune;

Pour une année donnée, on positionne le repère du noeud ascendant au milieu de l'année indiquée en utilisant la graduation interne du plan de l'écliptique.

Les deux repères des noeuds ascendant et descendant vont indiquer grâce au calendrier, à six mois d'intervalle, les dates approximatives (mois et jour) où se produiront les éclipses de Lune et de Soleil.

Pour améliorer la précision des dates, on positionne le repère du noeud ascendant qui était au milieu de l'année, pour l'époque obtenue précédemment.

Si l'on possède les prévisions des lunaisons à long terme, il suffit de trouver la Nouvelle Lune ou la Pleine Lune la plus proche de la date indiquée sur la maquette. Une Pleine Lune donne une éclipse de Lune et une Nouvelle Lune donne une éclipse de Soleil.

Une éclipse additionnelle peut être prévue, si le Soleil et la Lune à la prochaine Pleine Lune ou Nouvelle Lune sont encore dans la zone de possibilité d'éclipse ($\pm 17^\circ$ de part et d'autre des noeuds).

Une éclipse qui se produit très près des noeuds, est une éclipse totale, sinon elles sera partielle.

Eclipses associées

Lorsqu'une éclipse est déterminée, une deuxième éclipse de l'autre type va se produire à la date de la demi-lunaison précédente ou suivante. On peut trouver cette éclipse en regardant si à cette date, l'alignement Soleil Terre Lune ou Soleil Lune Terre passe encore dans la Zone d'éclipse.

Plus rarement quand une éclipse se produit avec un alignement très près de la ligne des noeuds, il y aura deux éclipses de type opposé l'une à la demi lunaison précédente, l'autre à la demi-lunaison suivante.

Exemple : éclipses de l'année 2012.

On positionne le plan de l'orbite de la Lune pour le 1^{er} juillet 2012. La ligne des noeuds donne les dates

- 27 novembre Soleil au noeud ascendant

- 27 mai Soleil au noeud descendant

Eclipse au noeud ascendant :

On positionne le plan de l'orbite pour la fin novembre. On lit sur le calendrier, que le Soleil est alors à ce noeud le 21 novembre. De la table des lunaisons, on déduit éclipse de Lune à la Pleine Lune le 28 novembre et éclipse de Soleil à la nouvelle Lune le 13 novembre.

Eclipse au noeud descendant : on fait de même, le Soleil est au noeud le 30 mai, d'où l'on déduit, éclipse de

Soleil le 20 mai à la nouvelle Lune et éclipse de Lune le 4 juin à la pleine Lune.

Périodicité des éclipses et rétrogradation des noeuds de l'orbite (précession)

Le plan de l'orbite de la Lune tourne sur lui-même en 18,61 ans. Pendant ce temps, la Lune a passé 242 fois à son noeud. Le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs à un même noeud, est la période draconitique.

Les positions des noeuds se déplaçant régulièrement, d'une année sur l'autre, les dates d'éclipses se décalent aussi au fil des ans.

La répétition des éclipses est donc conditionnée par deux périodes principales, la période synodique ou lunaison (pleine Lune, Nouvelle Lune) et la période draconitique. La recherche du PPCM par la méthode de décomposition des réels en fraction continue de ces périodes permet de retrouver la période dite du **SAROS** de reproduction presque à l'identique des éclipses.

En effet 223 mois synodiques (29,5305882 j) valent 6585,321 j

et 242 mois draconitiques (27,212 2208 j) valent 6585,304 j

Cette période de 6585 jours (18 ans et 11 jours) est appelée Saros et permet de prévoir le retour des éclipses

Maquette et Terre

Les travaux décrits ci-dessous sont fait habituellement avec une Terre plus grande, mais quoique la petitesse peut gêner la vision des observations, l'aide du calendrier facilite la description des phénomènes au cours de l'année.

La petite maquette Terre seule, sans la partie de l'orbite de la Lune, peut servir à simuler les différents mouvements de la Terre et le phénomène des saisons et leurs conséquences en fonction de la latitude de l'observateur.

Pour que la Terre soit plus réaliste, sur la boule doivent être tracés un équateur, quelques méridiens, quelques parallèles. Le contour des continents n'est pas à négliger.

Rotation de la Terre sur elle-même

- L'éclairage du Soleil en un point de la Terre, combiné à l'orientation donné par les points cardinaux, permet de faire découvrir le *sens de rotation de la Terre* (sens direct ou inverse des aiguille d'une montre), puisque seul le sens de rotation montrant le lever du Soleil à l'Est et son coucher à l'Ouest est conforme à l'observation.

- Observer la variation de l'inclinaison des rayons du Soleil (matérialisé par une baguette) par rapport à la verticale du lieu, aux levers et couchers, au passage au méridien (midi) et sa variation avec les saisons.

- Temps solaire et temps sidéral

A partir des définitions du jour solaire et jour sidéral, concrétiser ces durées différentes par la rotation du repère de la Terre en se référant au Soleil et au ciel.

Travail sur les parties éclairées et non éclairées.

- *Durée des jours et des nuits* : les durées du jour et de la nuit à une date donnée, sont, pour un lieu de latitude donné, proportionnelles aux longueurs éclairées et dans l'ombre du parallèle du lieu.

Cette proportion varie avec la latitude et la date (vérifier l'égalité aux équinoxes quelle que soit la latitude).

- Inversion des rapports des durées jour/nuit en passant d'un hémisphère à l'autre.

- Observation du *Soleil de minuit vers les pôles*, et aux pôles alternance de six mois de jour et six mois de nuit.

- **position du Soleil dans le ciel** : dans la version du plan de l'écliptique avec la couronne zodiacale, la constellation où se trouve le Soleil est celle qui, sur cette couronne, est située dans la direction du Soleil à la date de simulation.

- visibilité des étoiles et constellations : à une époque et une heure données, le plan horizon limite lorsque le Soleil est couché (rayons arrivant en dessous du plan) la partie visible de la sphère céleste, donc les constellations te les étoiles visibles.

La **précession des équinoxes** peut être simulée en regardant les conséquences d'une rotation de l'axe polaire de la Terre, à la façon d'une toupie : déplacement du point vernal par rapport aux étoiles...

Pour un travail plus approfondi et aisé, utiliser la grande maquette Terre + plan de l'écliptique.

<http://www-obs.univ-lyon1.fr/fc/maquette.htm>

Construction

Il est possible de construire la maquette à partir des fichiers PDF qui permettent d'imprimer le plan de l'orbite de la Lune (1 feuille A4), et le plateau écliptique (2 feuilles A4 à assembler ou 1 page à agrandir de A4 en A3).

Feuille de l'orbite de la Lune

- Suivant le support utilisé, on peut soit
- imprimer sur une feuille de papier ou bristol A4 (modèle I)
 - imprimer sur une feuille A4 papier 80 ou 90g et contre coller sur du carton plume 3 mm (modèle II)

On contre colle la partie orbite sur un carton (ou carton plume) de 2 mm d'épaisseur au minimum.

Tous les traits épais sont à couper soigneusement au cutter. Toutes les parties hachurées sont à enlever.

Les traits en pointillés sont des lignes de pliage (il n'y a pas de pliage dans le modèle en carton plume).

Pour faciliter celui-ci, passer en pressant assez fortement, une pointe bic sèche sur le pointillé.

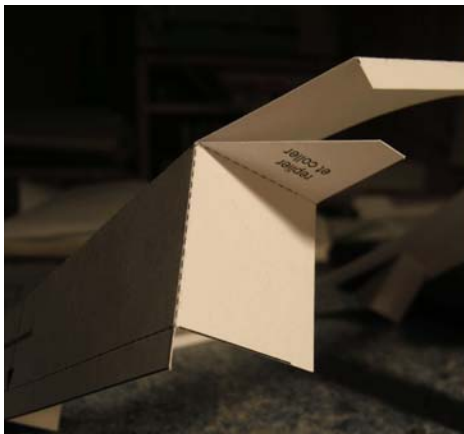
Les pliages droite et gauche ne sont pas nécessaires, mais renforcent la rigidité du plan (modèle bristol ou carton mince).

Dans la partie centrale, il y a un gabarit pour tailler ou percer des pièces avec un angle correspondant à l'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique ou son complément.

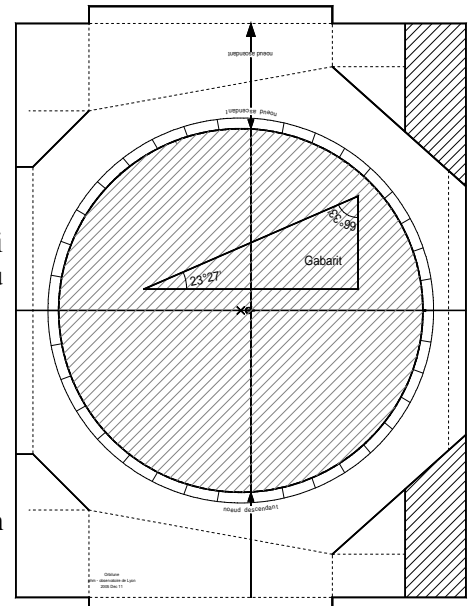
Montage et collage



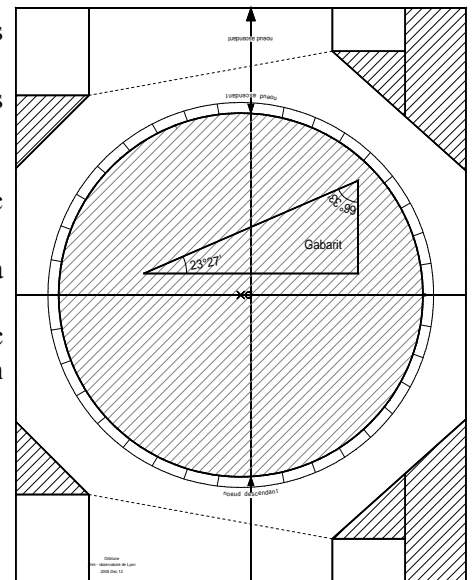
Modèle carton plume



Modèle bristol ou à coller sur carton mince



Orbite Lune - modèle bristol ou carton mince.



Orbite Lune - modèle pour carton plume.

Plateau éclipse

Suivant les possibilités d'impression, il est fait soit de deux feuilles A4 assemblées par collage, soit d'une feuille A4 à agrandir dans le rapport $\sqrt{2}$ (A4->A3).

Découper une des feuilles suivant une droite passant par la croix centrale et la coller sur la deuxième feuille en soignant l'assemblage.

On peut aussi le contre coller sur une feuille de carton ou de carton plume de 30cm x 30 cm..

Remarques :

L'assemblage précis des deux feuilles A4 peut poser des problèmes dus aux déformations du papier lors de son passage dans l'imprimante.

Le grandissement par photocopieuse dans le rapport $\sqrt{2}$ est à vérifier, si l'on veut bien conserver l'inscription du plan de l'orbite de la Lune dans le cercle du calendrier.

Terre

Pour rester dans les proportions de la maquette, le diamètre de la boule Terre ne doit pas dépasser 30 mm. L'axe de rotation en métal ou en bois, doit avoir une dizaine de cm pour bien marquer l'axe du monde.

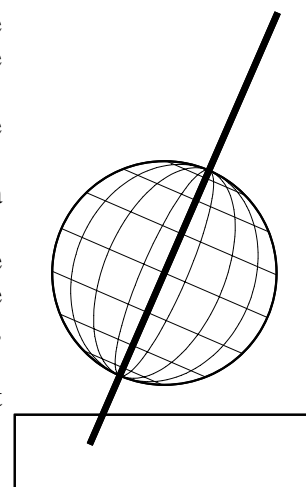
La Terre est fixée sur un petit socle de bois de façon que son axe de rotation fasse un angle de $23^{\circ}27'$ avec la perpendiculaire au socle.

Pour faire le trou dans la socle se servir du gabarit pour construire une cale qui sera mise sous le socle lors du perçage avec une perceuse verticale.

Le centre de la Terre doit être à la même hauteur que le centre de la Lune lorsqu'elle est à l'un de ses noeuds de son orbite, hauteur variable suivant le type de Lune utilisé. On fait donc glisser la Terre sur son axe et pour ne pas qu'elle descende, on peut mettre une petite cale de liège glissée sur l'axe en dessous.

Tracer sur la boule, l'équateur, quelques parallèles et quelques méridiens. On peut parfaire en dessinant les continents.

La Terre doit pouvoir tourner sur elle-même.



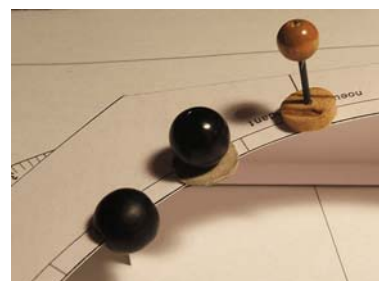
Lune

Le diamètre de la Lune doit rester à peu près proportionnel à celui de la boule Terre (rapport 0,27). Plus grand, l'ombre de la Lune est trop importante, plus petit, la visibilité des phases devient difficile.

Une grosse perle de bois peut faire l'affaire. Une couleur claire et mate facilite l'observation des effets d'éclairage.

Quatre façons de construire la maquette Lune :

- 1) en faisant une rainure dans la boule avec une scie à lame fine. La lune coulissera sur le bord du carton.
- 2) en collant un petit carton pour la faire glisser en étant posée sur le bord de l'orbite.
- 3) la coller sur un petit axe vertical fiché sur un petit socle. La Lune circule sur le bord de l'orbite sur le plan incliné. La hauteur de la tige doit permettre quelle que soit la position de la Lune au cours de la lunaison d'être toujours éclairée sans être gênée par le carton de l'orbite.
- en la mettant avec un petit axe vertical, sur un petit socle. La Lune alors se déplace contre le bord intérieur de l'orbite, et l'on ajuste sa hauteur pour qu'elle soit juste au ras de l'orbite (ou juste au-dessus suivant le réglage de la Terre). On peut alors retirer la partie plan de l'orbite de la Lune pour mieux voir les effets d'éclairage.



(1) (2) (3)

Matériels

Parties à imprimer

Télécharger les fichiers PDF à partir du site <http://www-obs.univ-lyon1.fr/fc/orbilune/orbilune.htm>

Fichier	Contenu	Forme
orbilune1a.pdf	plan et orbite de la Lune	pour <i>carton bristol</i> ou feuille A4 à contre coller sur <i>carton mince</i>
orbilune1b.pdf	plan et orbite de la Lune	1 page A4 à contre coller sur <i>carton plume</i>
orbilune2a.pdf	plan de l'écliptique sans zodiaque	2 pages A4 à assembler
orbilune2az.pdf	plan de l'écliptique avec zodiaque	2 pages A4 à assembler
orbilune2b.pdf	plan de l'écliptique sans zodiaque	1 page A4 à agrandir en A3
orbilune2bz.pdf	plan de l'écliptique avec zodiaque	1 page A4 à agrandir en A3

Conseils d'impression :

- pour respecter l'échelle d'origine, sous Acrobat Reader, imprimer sans adaptation au format de la page.
- en dehors de l'utilisation de carton bristol, l'usage de papier 90 g est conseillé pour une meilleure tenue.
- Le plateau écliptique pour être rigidifié peut être collé soit sur un carton mince, soit sur du carton plume, mais aussi peut être plastifié (et collé éventuellement sur un carton).

Collage

Le collage d'une grande surface de papier pose toujours des problèmes lorsqu'on applique la feuille. A l'expérience, la colle en bâton déforme peu le papier, mais il faut soigner l'encollage pour qu'il soit bien uniforme au moins sur les bords.

Terre

- 1 sphère de 27 à 30 mm de diamètre, en polystyrène, bois au autre (le polystyrène permet de mettre de épingles).
- 1 axe de la Terre : tige en bois ou métal, diamètre d'environ 2 mm et de 10 cm de long (baguette de soudure)
- 1 morceau de contreplaqué 40x50 mm, épaisseur 10 mm pour le socle de la Terre
- 1 épingle à grosse tête pour simuler la verticale et l'observateur sur la Terre
- 1 petit carré de bristol (10 mm x 10 mm) pour le plan horizon à mettre au pied de l'épingle sur lequel on inscrit les points cardinaux.

Lune

Des perles entre 8 et 10 mm de diamètre pour la Lune pour ses différents modèles.

Pour les supports de la Lune, à chacun de trouver sa solution : petit socle et tige en bois pour le modèle surélevé, petit carton pour le modèle à poser...

La perle ou bille doit être de couleur claire et mate pour pouvoir simuler les effets de phases.

Outils annexes

- éclairage : une lampe torche à faisceau peu ouvert posée sur une petit support qui permet de l'orienter. La mettre à la hauteur du centre de la Terre.
- une baguette (tige de brochette ou autre) pour visualiser la direction des rayons du Soleil

Remarque : les dimensions ne sont pas imposées, mais donnent une évaluation des grandeurs dont il ne faut pas trop s'éloigner.

Annexes

Glossaire

Demi-grand axe. Paramètre représentant la moitié du grand axe d'une ellipse. Le demi-grand axe est l'un des éléments elliptiques usuels.

Distance zénithale d'une direction, en un lieu donné. Angle que fait la direction avec la direction du zénith (voir Verticale). La distance zénithale est le complément de la hauteur.

Éclipse. Obscurcissement d'un astre produit par l'interposition d'un autre corps céleste entre cet astre et la source lumineuse.

Éclipse de Lune. Éclipse où la Terre s'interpose entre la Lune et le Soleil. L'éclipse de Lune est dite totale quand la Lune disparaît entièrement dans l'ombre de la Terre, partielle quand la Lune pénètre dans l'ombre de la Terre sans y être totalement immergée, par la pénombre quand la Lune entre dans la pénombre de la Terre sans entrer dans l'ombre.

Éclipse de Soleil. Passage du Soleil derrière la Lune qui le cache à la vue d'un observateur terrestre. C'est donc, en fait, l'occultation du Soleil par la Lune. L'éclipse de Soleil est dite totale en un point de la Terre, quand la Lune masque complètement le Soleil, annulaire quand le disque lunaire se projette sur le Soleil en laissant apparaître un anneau de lumière concentrique, partielle quand la Lune masque en partie le Soleil sans que l'on se retrouve dans les conditions d'éclipse totale ou annulaire.

Équateur d'un astre. Grand cercle de la surface d'un astre, considéré comme un ellipsoïde de révolution, perpendiculaire à son axe de rotation.

Hauteur d'une direction, en un lieu donné. L'une des coordonnées horizontales. Angle de la direction avec le plan horizontal du lieu.

Méridien céleste d'un lieu. Demi-grand cercle de la sphère céleste contenant les pôles célestes vrais et le zénith du lieu (voir Verticale d'un lieu). Par extension, demi-plan contenant ce demi-grand cercle.

Nœud. L'un des deux points de la sphère céleste associés à l'intersection du plan de l'orbite d'un astre avec un plan de référence. La position du nœud est l'un des éléments elliptiques usuels. Ligne des nœuds

Obliquité de l'écliptique. Inclinaison de l'écliptique sur l'équateur.

Occultation. Passage d'un astre derrière un autre qui le cache à la vue d'un observateur terrestre.

Ombre de la Terre, d'une planète ou d'un satellite naturel. Région de l'espace dans laquelle le corps considéré cache entièrement le Soleil.

Ombre portée

Ombre propre

Orbite. Trajectoire décrite dans l'espace par un corps céleste.

Pénombre de la Terre, d'une planète ou d'un satellite naturel. Région de l'espace dans laquelle le corps considéré cache en partie le Soleil.

Périastre. Sur une orbite elliptique, le point le plus proche du corps central, foyer de l'ellipse. La position du périastre est l'un des éléments elliptiques usuels. Le périastre est appelé **périgée** lorsque le corps central est la Terre, **périhélie** lorsque le corps central est le Soleil.

Période anomalistique. Intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs de la Lune à son périgée.

Période draconitique. Intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs de la Lune à son noeud ascendant.

Période sidérale. Intervalle de temps qui sépare deux passages d'une planète ou de la Lune en un point de son orbite dans la même direction par rapport aux étoiles lointaines.

Période synodique. Intervalle de temps qui sépare deux passages successifs d'une planète ou de la Lune dans une situation particulière par rapport au Soleil et la Terre (conjonction, opposition...)

Phases de la Lune. Aspects successifs de la Lune se produisant lorsque les longitudes célestes géocentriques de la Lune et du Soleil sont égales (nouvelle Lune), différent de 90° (premier quartier), de 180° (pleine Lune) ou de 270° (dernier quartier).

Pôles célestes. Les deux points d'intersection (pôle céleste nord et pôle céleste sud) de la sphère céleste avec un diamètre dont la direction est voisine de celle de l'axe de rotation de la Terre.

Sens direct - sens rétrograde Dans une rotation, le sens *direct* correspond à la rotation inverse des aiguilles d'une montre. La rotation des aiguilles de la montre est *rétrograde*.

Sphère céleste. Sphère de centre et de rayon quelconques dont les points servent à représenter les directions de l'espace : à toute direction D on associe le point d'intersection de la sphère céleste et de la demi-droite parallèle à D dont l'origine est le centre de la sphère.

Temps solaire et temps sidéral

Le jour sidéral est le temps mis par la Terre pour faire un tour sur elle-même par rapport aux étoiles fixes, et le jour solaire est le temps mis par la Terre entre deux passages successifs du Soleil au méridien.

Calcul de la différence jour solaire jour sidéral.

Au bout d'un an, la Terre ayant fait une rotation autour de Soleil, a vu passer au méridien le Soleil une fois de moins que les étoiles du fond du ciel :

$$1 \text{ an} = 365,25 \text{ jours solaires} = 366,25 \text{ jours sidéraux.}$$

$$1 \text{ jour sidéral} = 0,9972696 \text{ jours solaires}$$

$$\text{Résultat } \Delta t = 4 \text{ minutes.}$$

Verticale d'un lieu. Direction opposée au champ de pesanteur en ce lieu. Le point de la sphère céleste associé à cette direction est le zénith du lieu, le point diamétralement opposé est le nadir.

Zénith. Voir Verticale d'un lieu.

Caractéristiques géométriques et physiques du Soleil, de la Terre et de la Lune

	Soleil	Terre	Lune
Demi-grand axe			383 398km
Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique			5°,1567
Excentricité de l'orbite		0,01671	0,05555
Période de révolution sidérale		365,256 jours	27,3217 jours
Période synodique (lunaison)			29,5 jours
Période de rotation	au pôle en surface : 36 à l'équateur en surface : 25 à l'intérieur partout : 27	23 heures 56 min 4 s	27,3217 jours
Période draconitique			27,212220817 jours
Période de rotation du noeud			18,61 ans
Période anomalistique			27,554 550 jours
Période de rotation du périégée			3232,6 jours, 8,8504 ans
Inclinaison de l'axe de rotation sur la perpendiculaire au plan de l'orbite		23°27'	varie entre 3,60° et 6,69°
Vitesse orbitale moyenne		30 km/s	1 km/s
Diamètre équatorial	1392 000 (Terre = 1) 109,12	12756,28 km	3474,8 km (Terre=1) 0,27
Aplatissement		1/298,257	0
Masse	1,989 10 ³⁰ 332 946 (Terre = 1)		73,4.10 ²¹ kg
Masse (Soleil=1)		1/332 946,045	
Masse Terre+Lune (Soleil=1)		1/328 900,56	
Masse Terre+Lune (Terre=1)		1,0123	0,0123 Masse Terre
Densité (Eau=1)	1,410	5,515	3,34 / (0,6 Terre)
Gravité à la surface		9,806 m/s/s	0,1627 (Terre=1)
Vitesse de libération	618 km/sec	11 180 m/s	2370 m/s
Réfectivité (albédo géométrique)		0,367	0,12
Sommet le plus élevé		8850 m	7500 m
Fosse la plus profonde		11520 m	5600 m
Température moyenne à la surface	5800 K	15°C	-173°/+117°C
Pression atmosphérique à la surface		1,013 bar	0
Atmosphère	74.5% hydrogène, 23.5% hélium 2% éléments plus lourds	78% azote 21% oxygène 0,9% argon	aucune
Nature de la surface		eau , roches basaltiques et granitiques	roches basaltiques
Magnitude visuelle	-27		- 12.7
Température de surface			117°C à -173 °C
Age (approximativement)	4,60 milliards d'années	4,55 milliards d'années	4,527 milliards d'années

Complexité du mouvement de la Lune :

http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/Entree_par_theme/Astrophysique/Lune/

ÉCLIPSES DE SOLEIL ET DE LUNE ENTRE 2000 ET 2020.

Les tableaux ci-dessous contiennent les listes de toutes les éclipses de Lune et de Soleil comprises entre l'an 2000 et l'an 2050. Pour chaque éclipse nous donnons sa date, le type de l'éclipse et sa magnitude. Pour les types d'éclipses nous utilisons les abréviations suivantes :

Pour les éclipses de Soleil

P : éclipse partielle,
 A : éclipse annulaire centrale,
 T : éclipse totale centrale,
 AT : éclipse annulaire-totale (mixte) centrale,
 (A) : éclipse annulaire non centrale,
 (T) : éclipse totale non centrale.

Pour les éclipses de Lune

P : éclipse par la pénombre,
 O : éclipse par l'ombre,
 T : éclipse totale,

Corps	Date	Type	Magnitude	Corps	Date	Type	Magnitude	Corps	Date	Type	Magnitude
Lune	21/01/2000	T	1,3246025	Soleil	19/03/2007	P	0,8761041	Soleil	29/04/2014	(A)	0,9870812
Soleil	05/02/2000	P	0,5796039	Lune	28/08/2007	T	1,4757970	Lune	08/10/2014	T	1,1661698
Soleil	01/07/2000	P	0,4768268	Soleil	11/09/2007	P	0,7508816	Soleil	23/10/2014	P	0,8118752
Lune	16/07/2000	T	1,7686611	Soleil	07/02/2008	T	0,9828846	Soleil	20/03/2015	T	1,0227204
Soleil	31/07/2000	P	0,6037875	Lune	21/02/2008	T	1,1062402	Lune	04/04/2015	T	1,0011559
Soleil	25/12/2000	P	0,7231559	Soleil	01/08/2008	T	1,0201517	Soleil	13/09/2015	P	0,7876400
Lune	09/01/2001	T	1,1891851	Lune	16/08/2008	T	0,8079074	Lune	28/09/2015	T	1,2764287
Soleil	21/06/2001	T	1,0252147	Soleil	26/01/2009	T	0,9644953	Soleil	08-09/03/2016	T	1,0229372
Lune	05/07/2001	T	0,4947989	Lune	09/02/2009	P	0,8995390	Lune	23/03/2016	P	0,7751182
Soleil	14/12/2001	A	0,9844505	Lune	07/07/2009	P	0,1562328	Soleil	01/09/2016	T	0,9872097
Lune	30/12/2001	P	0,8936772	Soleil	21-22/07/2009	T	1,0404188	Lune	16/09/2016	P	0,9081124
Lune	26/05/2002	P	0,6896106	Lune	05-06/08/2009	P	0,4023110	Lune	10-11/02/2017	P	0,9884086
Soleil	10-11/06/2002	A	0,9985247	Lune	31/12/2009	T	0,0766329	Soleil	26/02/2017	T	0,9965225
Lune	24/06/2002	P	0,2095559	Soleil	15/01/2010	T	0,9598822	Lune	07/08/2017	T	0,2467410
Lune	19-20/11/2002	P	0,8600101	Lune	26/06/2010	T	0,5367714	Soleil	21/08/2017	T	1,0157271
Soleil	04/12/2002	T	1,0126156	Soleil	11/07/2010	T	1,0294731	Lune	31/01/2018	T	1,3154892
Lune	16/05/2003	T	1,1278615	Lune	21/12/2010	T	1,2563702	Soleil	15/02/2018	P	0,5992290
Soleil	31/05/2003	T	0,9696001	Soleil	04/01/2011	P	0,8580644	Soleil	13/07/2018	P	0,3365252
Lune	08-09/11/2003	T	1,0178456	Soleil	01/06/2011	P	0,6014134	Lune	27/07/2018	T	1,6089631
Soleil	23-24/11/2003	T	1,0193793	Lune	15/06/2011	T	1,7001834	Soleil	11/08/2018	P	0,7372376
Soleil	19/04/2004	P	0,7368680	Soleil	01/07/2011	P	0,0970207	Soleil	05-06/01/2019	P	0,7149238
Lune	04/05/2004	T	1,3036097	Soleil	25/11/2011	P	0,9049016	Lune	21/01/2019	T	1,1956059
Soleil	14/10/2004	P	0,9287337	Lune	10/12/2011	T	1,1061698	Soleil	02/07/2019	T	1,0234099
Lune	28/10/2004	T	1,3084634	Soleil	20-21/05/2012	T	0,9723279	Lune	16-17/07/2019	T	0,6531531
Soleil	08/04/2005	T	1,0041093	Lune	04/06/2012	T	0,3707422	Soleil	26/12/2019	T	0,9854480
Lune	24/04/2005	P	0,8651423	Soleil	13-14/11/2012	T	1,0254674	Lune	10/01/2020	P	0,8958968
Soleil	03/10/2005	T	0,9791830	Lune	28/11/2012	P	0,9155472	Lune	05/06/2020	P	0,5685818
Lune	17/10/2005	T	0,0628811	Lune	25/04/2013	T	0,0148329	Soleil	21/06/2020	T	0,9974166
Lune	14-15/03/2006	P	1,0303908	Soleil	09-10/05/2013	T	0,9776006	Lune	05/07/2020	P	0,3546691
Soleil	29/03/2006	T	1,0262056	Lune	25/05/2013	P	0,0160033	Lune	30/11/2020	P	0,8285569
Lune	07/09/2006	T	0,1837777	Lune	18-18/10/2013	P	0,7652109	Soleil	14/12/2020	T	1,0131100
Soleil	22/09/2006	T	0,9679617	Soleil	03/11/2013	T	1,0083608				
Lune	03-04/03/2007	T	1,2330754	Lune	15/04/2014	T	1,2906717				

Source : IMCCE sur le site <http://www.imcce.fr>