

# AVEC NOS ÉLÈVES

## Un peu d'astronomie à partir du calendrier : Terre et Lune

Danielle Briot, observatoire de Paris

*Le calendrier des postes reste une ressource intéressante pour qui s'intéresse à l'astronomie. Danielle Briot nous propose quelques exemples d'utilisation avec des enfants.*

L'écoulement du temps peut être apprécié par deux processus différents, d'abord par le temps correspondant à une évolution, une usure (les plantes, les animaux, les hommes naissent, grandissent, vieillissent et meurent), et ensuite par les phénomènes cycliques astronomiques correspondant aux spécificités de notre planète et de ses mouvements. Le jour, ou plus exactement la succession des jours et des nuits, provient du mouvement de rotation de la Terre sur elle-même et l'année est déterminée à partir du mouvement de la Terre autour du Soleil. C'est à partir de ces deux mouvements qu'est principalement établi notre calendrier, mouvements auxquels il faut ajouter ceux de notre satellite la Lune. Puisque le calendrier qui nous sert à nous repérer dans le temps est basé sur les mouvements des astres qui nous concernent le plus et dont dépendent complètement notre vie quotidienne et notre métabolisme, on peut faire jouer le processus inverse : à partir des données du calendrier, on peut retrouver certaines caractéristiques de ces mouvements.

Ainsi, le calendrier permet de réaliser avec les élèves de très intéressants exercices sur l'astronomie. L'Almanach du Facteur longtemps connu comme le Calendrier des Postes est le plus adapté à cette étude. On demande aux élèves d'apporter en classe un exemplaire de ce calendrier s'ils en ont un chez eux. Il semblerait cependant qu'il soit moins diffusé actuellement qu'il ne le fut naguère. Si le nombre de calendriers disponibles est insuffisant, on utilisera des photocopies, mais il est évidemment plus « pittoresque » de travailler sur le calendrier lui-même et la coexistence de différentes éditions permet d'intéressantes comparaisons. Certains travaux en classe peuvent être réalisés en utilisant les informations portées sur le calendrier lui-même (partie extérieure, cartonnée et illustrée) alors que d'autres recherches demandent d'utiliser une des feuilles portées à l'intérieur du calendrier : celle qui donne les heures de levers et couchers de Soleil et de Lune pour Paris. Notons que les données des levers et couchers du Soleil et de la Lune sont fournies par l'Institut de Mécanique Céleste et de Calculs des Éphémérides

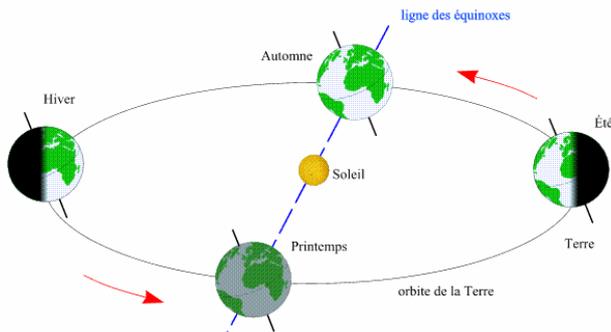
(IMCCE) de l'Observatoire de Paris, et sont donc aussi précises et fiables que possible, alors que sur la même feuille figurent des prévisions météorologiques qui, avec un an d'avance et sans préciser quelles parties de la France sont concernées, ne présentent évidemment aucun caractère de sérieux.

Notons aussi que le mot *jour* que nous aurons à utiliser dans ce texte a en français plusieurs sens différents : cela peut correspondre au temps écoulé entre le lever et le coucher du Soleil et alors s'opposer à la nuit, ou ce peut être le laps de temps de 24 heures correspondant à un jour (dans le sens défini ci dessus) plus une nuit. Pour éviter toute équivoque on peut utiliser le mot *nyctémère*, mot formé des mots *nuit* et *jour* en grec, pour l'intervalle de temps de 24 heures. Il n'échappera cependant à l'esprit de personne que le mot en question ne peut pas être utilisé dans certaines classes sans un minimum de précautions. Il est probablement plus simple d'utiliser le mot *journée* pour s'opposer à *nuit*. C'est ce que nous ferons ci-après, si besoin est.

### Mouvement de la Terre dans l'espace - Les saisons

L'axe de rotation de la Terre n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique (plan dans lequel s'effectue sa trajectoire) mais en diffère de  $23^{\circ} 26'$ . C'est cette inclinaison qui est à l'origine des saisons. Le moment où l'extrémité de l'axe de la Terre correspondant au pôle Nord est inclinée vers le Soleil correspond à la journée la plus longue et à la nuit la plus courte dans l'hémisphère nord. C'est le solstice et c'est ce qui est défini comme le début de l'été dans notre hémisphère, et le début de l'hiver dans l'hémisphère sud. Cela se produit le 20 ou le 21 juin. Cela peut paraître paradoxal, mais quand l'été arrive les jours raccourcissent. On peut insister auprès des élèves sur l'opportunité de se méfier des idées reçues... On pourrait supposer qu'il fait plus chaud au début de l'été lorsqu'un élément de surface de la Terre reçoit plus de rayonnement du Soleil. Cependant une certaine inertie thermique dans l'atmosphère, les océans et les continents implique que la température

maximale au cours de l'année ne se produit pratiquement jamais le 21 juin. De la même façon, le début de l'hiver est fixé au moment où le jour est le plus court et la nuit la plus longue dans notre hémisphère. De nouveau, on rencontre ce qui peut apparaître comme un paradoxe : c'est l'hiver, les jours rallongent. Ce jour est actuellement le 21 ou 22 décembre. Le début du printemps et le début de l'automne sont fixés aux équinoxes, moments où, sur toute la Terre le jour dure 12 heures et la nuit 12 heures. Dans l'hémisphère nord, l'équinoxe de printemps a lieu actuellement le 20 mars, et l'équinoxe d'automne le 22 ou 23 septembre. Les solstices et les équinoxes sont représentés le plus souvent comme ce que l'on peut voir sur la figure 1.



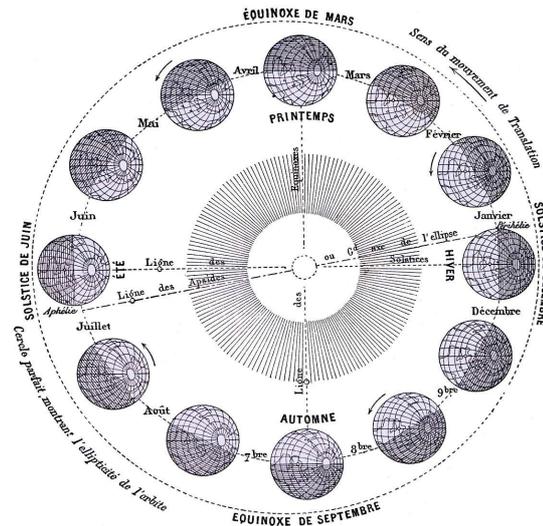
**Fig.1.** Le mouvement de la Terre autour du Soleil avec les équinoxes et solstices, début de chacune des saisons dans l'hémisphère nord (schéma IMCCE).

Il faut noter cependant que ce type de figure est représenté en « perspective cavalière ». Il peut arriver que les élèves en concluent que le mouvement de la Terre est très elliptique et que le Soleil se trouve au centre de cette ellipse. Nous donnons également une autre figure, que l'on trouve plus rarement, vue « d'en haut » et prise dans « L'Astronomie Populaire » de Camille Flammarion (figure 2).

À première vue, l'on pourrait supposer que les deux solstices et les deux équinoxes coupent l'année en quatre parties de durées égales. Tous les calendriers donnent la date du début de chacune des saisons, et l'Almanach du facteur donne même les heures, ce qui permet un calcul plus précis. Un calcul minutieux permet alors, en tenant compte du nombre de jours de chaque mois, de calculer la longueur de chacune des saisons. On constate alors que le printemps et l'été dans notre hémisphère sont plus longs que l'automne et l'hiver.

Les quatre saisons seraient de longueur égale si la trajectoire terrestre était parfaitement circulaire. Or cette trajectoire est très légèrement elliptique. Bien sûr, rien de commun avec la valeur de l'ellipticité « fictive » représentée sur la figure 1.

Référons nous aux célèbres et toujours très utiles lois de Kepler.

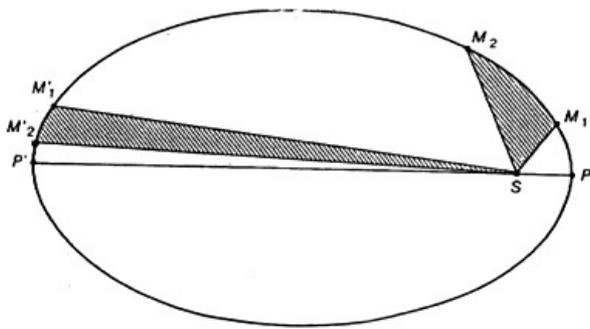


**Fig. 18.** — Mouvement annuel de la Terre autour du Soleil et production des saisons.

**Fig.2.** Le mouvement de la Terre autour du Soleil, vue « de dessus ». Figure extraite de l'Astronomie Populaire de Camille Flammarion.

Première loi : les planètes décrivent des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers. Le Soleil n'est donc pas au centre de l'ellipse. La position de la Terre la plus proche du Soleil au cours de l'année s'appelle le périhélie et la position de la Terre la plus lointaine l'aphélie. Il n'y a aucune relation entre périhélie et aphélie (dépendant de la forme de la trajectoire de la Terre) et solstices et équinoxes (dépendant de l'inclinaison de la Terre). Ajoutons que toutes ces données physiques varient avec le temps. La plus importante variation de l'orientation de l'axe de la Terre correspond à la précession des équinoxes et la variation du périhélie correspond à l'avancée du périhélie. Actuellement le périhélie a lieu à une date située entre le 2 et le 5 janvier et l'aphélie entre le 3 et le 7 juillet environ. La variation de cette date d'une année à une autre dépend des variations de notre calendrier, de la position de la Lune par rapport à la Terre, et d'autres variations comme la précession des équinoxes. Ainsi la Terre est au plus près du Soleil lorsque c'est l'hiver dans notre hémisphère. Ce résultat peut sembler paradoxal, et c'est un paradoxe de plus, mais il démontre bien que les saisons ne sont pas dues aux variations de distance de la Terre au Soleil au cours de l'année.

Ceci est expliqué par la deuxième loi de Kepler : les rayons vecteurs des planètes décrivent des aires égales en des temps égaux. Cette loi est représentée sur la figure 3. Ceci signifie que lorsque la Terre est plus près du Soleil, elle va plus vite sur sa trajectoire. Le périhélie étant proche du solstice de décembre, on en déduit que la Terre est plus rapide sur sa trajectoire entre l'équinoxe de septembre et l'équinoxe de mars qu'entre l'équinoxe de mars et l'équinoxe de septembre et voilà pourquoi les saisons automne et hiver (de l'hémisphère nord) sont plus courtes que les saisons printemps et été.



**Fig.3.** Deuxième loi de Kepler, dite loi des aires : le rayon vecteur balaie des aires égales en des temps égaux. Quand l'astre, ici la Terre, s'éloigne du Soleil, sa vitesse diminue.

## Mouvement de la Lune dans le ciel

Pour étudier le mouvement de la Lune, on commence par regarder les petites figurines qui figurent dans la partie calendrier. Attention ! Ces petites figurines peuvent être parfois difficilement lisibles, et dans certains calendriers (autres que ceux de la Poste), il peut même exister des erreurs.

On voit que ces figurines sont toujours disposées dans le même ordre : 1/ une Lune ronde et noire, 2/ un croissant dont les cornes sont orientées vers la gauche et la rotondité vers la droite, 3/ une Lune ronde et claire, et 4/ un croissant dont les cornes sont toujours orientées vers la droite et la rotondité vers la gauche. Ensuite le cycle recommence. On peut constater qu'entre deux de ces petites figures, il s'écoule 7 ou 8 jours, et qu'avant que l'on ne retrouve la même figure, il s'écoule presque un mois.

Allons maintenant sur la page à l'intérieur du calendrier "Levers et couchers du Soleil et de la Lune", on regarde maintenant les colonnes du tableau correspondant aux levers et couchers de la Lune. On remarque d'abord que d'un jour à l'autre, la Lune se lève et se couche de plus en plus tard, et ceci quel que soit le moment de l'année. Ce retard d'un jour à l'autre est très variable et la valeur moyenne est environ une heure. C'est la raison pour laquelle la marée accuse généralement un retard d'environ une heure par jour, puisqu'elle est provoquée principalement par la Lune.

Dans ce tableau, on recherche un jour où la Lune et le Soleil se lèvent et se couchent en même temps. Il y a de nombreuses possibilités : en effet, un tel cas se produit environ tous les mois, en fait douze ou treize fois par an. En se rapportant aux phases de la Lune données sur le côté de la même page, on voit qu'un tel jour correspond à la Nouvelle Lune. Le Soleil et la Lune se levant et se couchant en même temps, la Lune est dans le ciel uniquement pendant la journée. On ne la voit pas parce que seule la partie non éclairée nous fait face. Dans les jours très proches de la Nouvelle Lune, on ne verra le fin croissant que lorsqu'il fait nuit, au début ou à la fin de la nuit, à cause de la trop grande clarté du Soleil pendant la journée.

De la même façon, on recherche un jour où la Lune se lève quand le Soleil se couche, et se couche quand le Soleil se lève, et on voit que ce jour est celui de la Pleine Lune. Dès que le Soleil est descendu sous l'horizon du côté de l'ouest, la Pleine Lune se lève juste du côté opposé. C'est un spectacle vraiment beau quand on a l'occasion de le voir dans un endroit dégagé, en mer ou sur une plaine. La longueur de l'intervalle de temps pendant lequel la Pleine Lune est visible dans le ciel, c'est-à-dire le temps compris entre le lever de Lune et le coucher de Lune une nuit de Pleine Lune, correspond donc à la longueur de la nuit. Cet intervalle de temps sera long au solstice d'hiver puisque c'est le moment de la nuit la plus longue de l'année. La pleine Lune aura alors le temps de monter haut dans le ciel au cours de son parcours. Le point le plus haut de la pleine Lune se produit en première approximation, à minuit, temps universel, c'est à dire approximativement à 1 h du matin en hiver et 2 h du matin en été.

Au solstice d'été, jour qui correspond à la plus longue journée et à la nuit la plus courte, l'intervalle de temps pendant lequel la Pleine Lune sera visible dans le ciel, c'est à dire la longueur de la nuit, sera court : la pleine Lune ne sera jamais très haut dans le ciel au cours de cette nuit. Pendant les équinoxes, la Pleine Lune est visible dans le ciel pendant 12 h, en première approximation.

Attention ! Tout ce qui est dit ci-dessus n'est valable que pour la Pleine Lune.

Il faut noter que les figures données dans nos calendriers sont valables pour l'hémisphère nord et ce sera le seul cas traité ici. Cependant, on peut trouver à l'île de la Réunion, par exemple, un calendrier publicitaire présentant les dessins de la Lune comme si la Réunion était dans l'hémisphère nord !

On étudie maintenant des moments du cycle lunaire qui ne sont ni la Pleine Lune ni la Nouvelle Lune.

À partir des heures de lever et de coucher de Lune et de Soleil, on détermine les moments de la nuit où la Lune est visible, c'est à dire les moments situés entre le lever et le coucher de la Lune et entre le coucher et le lever du Soleil (ce dernier point est surtout valable pour les moments où le croissant est mince, à une date proche de la Nouvelle Lune). On détermine s'il s'agit du soir, début de la nuit, ou du matin, fin de la nuit. Maintenant à partir des petits dessins de Lune sur la partie « calendrier » on détermine à quel moment du cycle lunaire la Lune est visible le soir, et quel est alors son aspect, et à quel moment de son cycle la Lune est visible le matin et de même quel est alors son aspect.

On voit que la Lune du soir correspond au premier quartier, la partie arrondie du croissant de Lune se présentant alors vers la droite, et les "cornes" vers la gauche. En effet, dans l'hémisphère nord, la Lune ainsi que le Soleil, depuis leur lever jusqu'à leur coucher,

passent de l'est au sud, puis à l'ouest, et cela à cause du sens de la rotation de la Terre sur elle-même. Nous observons donc leur déplacement dans le ciel de la gauche vers la droite. Au début de son cycle, quand la Lune est un peu en retard sur le Soleil, elle suivra la même trajectoire, mais en suivant le Soleil. Elle sera donc "à gauche" du Soleil. La partie arrondie qui correspond à la partie éclairée, sera du côté du Soleil, c'est-à-dire vers la droite et les cornes nous apparaîtront tournées vers la gauche. Dans les premiers jours de son cycle, la Lune est peu éclairée et ne sera visible que le soir après la tombée de la nuit. Comme elle suit le Soleil de peu, elle ne tardera pas à se coucher peu de temps après lui et ne sera donc plus visible dans la suite de la nuit. Ceci est illustré par la figure 4.

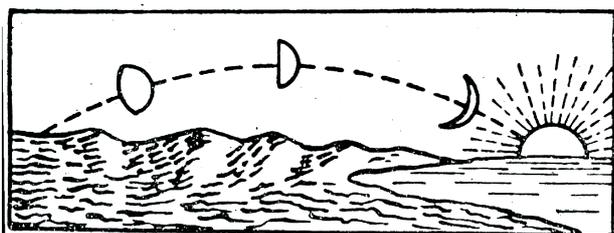


Fig.4. Différents aspects de la Lune et sa position par rapport au Soleil. Figure extraite de l'Astronomie Récréative de I. Perelman.

De la même façon, une Lune visible dans la deuxième partie de la nuit correspond à la deuxième partie du cycle lunaire et présentera sa partie arrondie vers la gauche. En effet, dans les derniers jours du cycle, les levers et couchers de Lune précèdent de peu les levers et couchers du Soleil. La Lune peu éclairée ne sera visible qu'avant le lever du Soleil, c'est-à-dire le matin. Elle sera donc à "droite" du Soleil et sa partie éclairée par le Soleil sera donc à gauche, et les cornes seront tournées vers la droite.

Rappelons brièvement deux moyens mnémotechniques pour identifier une Lune croissante et une Lune décroissante. Le moyen classique, ancien, dit qu'une Lune en forme de D (lettre majuscule) correspond à une Lune Croissante (en latin Crescens) et qu'une Lune en forme de C (lettre majuscule) correspond à une Lune Décroissante (en latin Decrescens). On en conclut que la Lune est menteuse, et comme le cycle de la Lune s'apparente plus ou moins au cycle des femmes, les femmes sont menteuses ! Bien évidemment, aucune femme n'est d'accord avec cette interprétation, qui de plus laisserait entendre que les femmes de l'hémisphère sud ne sont pas menteuses puisque la forme de la Lune y est inverse de celle de l'hémisphère nord. On parlera donc préférentiellement du moyen mnémotechnique plus moderne dans lequel on trace un trait vertical qui rejoint les cornes du croissant. On prolonge ce trait vers le bas quand c'est une Lune croissante : on obtient ainsi un « p » (lettre minuscule) pour Premier quartier ; on prolonge ce trait vers le haut quand c'est une Lune décroissante, et on

obtient un « d » (lettre minuscule) pour Dernier quartier. Puisque l'on en est aux remarques et digressions pittoresques, remarquons que l'on dit toujours un croissant de Lune, même quand il s'agit d'une Lune décroissante, ce qui est légèrement contradictoire. Remarquons aussi que la pâtisserie appelée croissant est actuellement le plus souvent de forme allongée et n'est plus que très rarement en forme de croissant de Lune.

Trop souvent, les images représentent un paysage du soir, éclairé par un croissant de Lune en forme de C majuscule, comme s'il s'agissait d'une Lune en fin de cycle, visible seulement le matin (dans l'hémisphère nord !). On recherchera des représentations de la Lune sur des images ou des tableaux et on étudiera si cette représentation est correcte. Un tel exemple est donné figure 5. En fait, nous voyons plus fréquemment la Lune du soir, parce que au moment de la Lune du matin nous sommes le plus souvent endormis ou au moins dans nos maisons. Cependant, l'image réelle de la Lune du soir n'est pas évidente pour beaucoup d'entre nous.

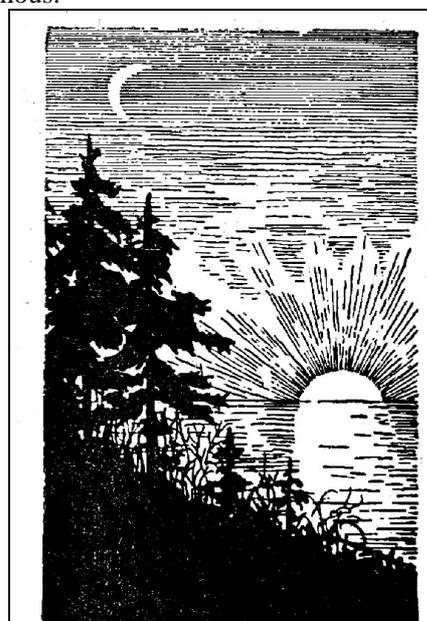


Fig. 33. Une erreur astronomique a été faite par le peintre qui avait dessiné ce paysage. Laquelle ?

Fig.5. Image servant de démonstration aux erreurs faites fréquemment par les peintres et dessinateurs qui représentent la Lune. Figure extraite de l'Astronomie Récréative de I. Perelman.

On notera aussi que dans certaines représentations de la Lune, on voit des étoiles entre les "cornes" de la Lune, ce qui ne serait possible que si la Lune était transparente, ou s'il existait des étoiles situées entre la Lune et la Terre et, bien entendu, ces deux hypothèses sont absurdes ! On peut inciter les élèves à rechercher des images ou des tableaux sur lesquels la Lune figure et déterminer si ces images correspondent à la réalité.