

LA LUNE, LA REINE DE LA NUIT

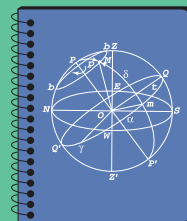
Paul DELAUNAY

Dans ce fascicule, Paul DELAUNAY présente sous une forme didactique à destination des débutants en astronomie, la Lune sous toutes ses facettes. Il retrace d'abord la place de notre satellite dans le système solaire, sa formation, ses caractéristiques physiques (taille, gravité, albédo) et ses reliefs marquants, mers et cratères. La Lune est un satellite unique par sa taille et son influence sur la Terre, notamment pour les marées. Ce texte détaille les mouvements de la Lune (révolution, rotation, librations), ses phases et les divers types d'éclipses. Il aborde aussi les phénomènes visuels comme la lumière cendrée, les halos lunaires ou les occultations. L'auteur traite de la conquête spatiale (missions Apollo), et des nombreuses expériences scientifiques qui y furent menées. Enfin, le texte revient sur des croyances populaires erronées (comme la « Lune rousse » ou la « grosse Lune à l'horizon ») et évoque l'influence lunaire sur le calendrier, notamment pour fixer la date de Pâques.



SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES

Société Scientifique d'Éducation Populaire agrée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com



N° 30

LA LUNE, LA REINE DE LA NUIT

Paul DELAUNAY



Les Cahiers de la SAN

**LA LUNE,
« LA REINE DE LA NUIT »**

Paul DELAUNAY

Qualité auteur

Édition 2011

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

LA LUNE, « LA REINE DE LA NUIT »



Introduction

Ce fascicule n'a d'autre prétention que de faire découvrir (ou mieux connaître) la Lune aux débutants en Astronomie. Les ouvrages beaucoup plus complets ne manquent pas et pourront être consultés en cas de « *sélénite aiguë* ».

Le nom Luna correspond au grec *Séléné* (de Sélas, flambeau). Dans la mythologie grecque, la déesse *Séléné* est la sœur du dieu *Hélios* (le Soleil).

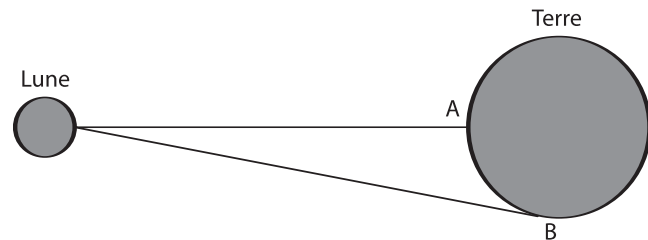
La Lune a toujours subjugué les hommes. Toutes les civilisations se sont plus ou moins référées à la « *Reine de la Nuit* ». Nos plus lointains ancêtres ont laissé à ce sujet de multiples témoignages sous forme de récits, de dessins et de légendes de toutes sortes. L'une des raisons de cette fascination est que pendant des millénaires, la Lune a été le seul moyen d'éclairage nocturne. Par sa lumière rassurante, elle apportait un certain sentiment de sécurité. C'est avant tout pour cette raison qu'au cours des siècles précédents les rencontres nocturnes (dîners, réunions, etc.) se tenaient, pour la plupart, en période de pleine Lune. On pouvait alors rentrer chez soi dans une clarté appréciable.

La Lune est l'astre le plus proche de la Terre. Comment peut-on la situer dans l'Univers ?

L'Univers est constitué de centaines de milliards de galaxies qui sont elles-mêmes principalement constituées de centaines de milliards d'étoiles.

Autour de certaines étoiles gravitent des objets plus ou moins massifs : les planètes. Dans notre galaxie, la *Voie Lactée*, nous sommes bien placés pour savoir qu'au moins une étoile possède un cortège de planètes : il s'agit bien sûr de notre étoile, le Soleil.

Statistiquement, il est hautement probable que d'autres étoiles sont entourées de planètes. Les progrès récents en astronomie (infrarouge, radio-astronomie, etc.) ont permis de mettre en évidence la présence de matière autour d'étoiles relativement proches (Bêta Pictoris). Nous n'avons cependant pas encore pu observer directement de planètes en dehors du Système Solaire. Le défaut dont souffre le miroir du télescope spatial *Hubble* (HST) : aberration de sphéricité ou aberration sphérique (et non myopie !) va nous contraindre à attendre quelques années supplémentaires.



notre ciel, c'est tout simplement parce qu'il n'y a pas de repères proches : l'œil humain a ses limites ! Nobody's perfect !

Croyances et légendes

Nombre de croyances et de légendes ont circulé (et circulent encore !) sur les prétendus « *effets* » de la Lune. On a eu à maintes occasions, au cours d'émissions de télévision, de radio ou dans des livres, la possibilité de voir ou d'entendre un vaste échantillon de tarés de tout poil sur qui la Lune semble effectivement avoir un effet redoutable ! Il serait intéressant, instructif et édifiant d'isoler ces illuminés pendant plusieurs mois sans montre ni calendrier ; en perdant la notion du temps, ils perdraient leur pseudo belle assurance et l'on verrait alors tomber les masques... 4,56 milliards d'années pour en arriver là... C'est vraiment à hurler... de rire !

*Deuxième édition
Nantes, août 1991
Paul Delaunay*

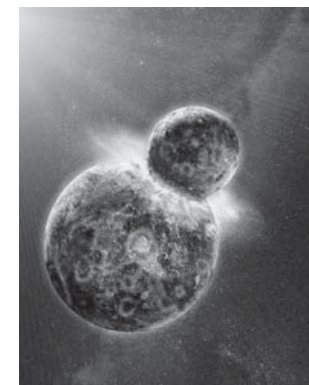
Sur Terre, les travaux vont bon train, et la récente décision de construire quatre télescopes géants de huit mètres de diamètre permettra sans doute d'y voir...plus clair.

Autour de certaines planètes orbitent parfois un ou plusieurs objets : les satellites. Ainsi, la Terre, notre planète, a un satellite : la Lune. À l'exception de Mercure et de Vénus, toutes les planètes du Système Solaire sont escortées d'au moins un satellite. On doit dire les « *satellites* de Jupiter » et non les « *lunes* ». Dans de nombreux ouvrages, par ailleurs excellents, il est question des « *lunes* » de Jupiter (ou de Mars, etc.). Ce terme est incorrect et doit être uniquement utilisé pour désigner le satellite de la Terre (il prend à ce titre une majuscule !).

La Lune est un satellite naturel, contrairement aux engins spatiaux en orbite terrestre qui sont, eux, des satellites artificiels. L'observation du Système Solaire nous apprend que les satellites naturels sont plutôt petits par rapport à leurs planètes. La Lune se distingue et fait exception à la règle : son diamètre égale les trois onzième de la terre (3476 km contre 12 756). Avec *Ganymède* (satellite de Jupiter), *Triton* est l'un des plus gros satellites du Système Solaire. Il mesure environ 5000 km de diamètre, mais la planète, Neptune, en fait presque 10 fois plus (49 500 km).

La formation de la Lune

La Lune s'est formée en même temps que la Terre, il y a environ 4,6 milliards d'années. Les conditions exactes ne sont pas encore très bien élucidées, il reste des zones d'ombres ! Nous possédons cependant de multiples et précieux renseignements sur l'histoire de la géologie lunaire. Boule liquide et chaude à ses débuts, la Lune s'est progressivement refroidie jusqu'à devenir l'astre « *figé* » que nous



connaissions aujourd'hui. Ses dimensions relativement réduites en sont la cause. La zone externe se solidifia d'abord. Une croûte se constitua et subit les assauts incessants des météorites. Les collisions les plus violentes provoquèrent des fissures dans cette croûte, permettant au liquide interne encore très chaud de se répandre à la surface de la Lune dans d'immenses bassins d'impacts. La composition basaltique de cette matière (donc très fluide) eut pour principale conséquence la formation de régions sombres et très étendues improprement appelées *mers* (il n'y a jamais eu d'eau sur la Lune).

Ces zones sombres, bien visibles à l'œil nu, ne constituent que 20 % de la surface lunaire. Les 80 % restants sont représentés par les *terras*, zones claires où l'on peut voir de multiples cratères qui sont autant de souvenirs d'impacts météoritiques. C'est dans ces terras que l'on trouve les chaînes montagneuses de la Lune (jusqu'à 8 000 mètres d'altitude).

Selon leur composition, les régions lunaires réfléchissent plus ou moins la lumière du Soleil. Le pouvoir réfléchissant d'un astre est appelé *albédo*. L'albédo moyen de la Lune est de 0,07 : seuls 7 % de la lumière solaire sont renvoyés dans l'espace. Les *mers* ne réfléchissent que 4 %. Malgré sa vive luminosité en période de pleine Lune, notre satellite est donc un corps sombre.

Les cratères lunaires

Facilement observables à la jumelle pour les plus gros, les cratères lunaires sont les traces laissées par les chutes de météorites de toutes tailles au cours du temps. Dépourvue d'atmosphère, la Lune ne subit pas de phénomène d'érosion ; par conséquent, les cratères qui se sont formés depuis des centaines de millions d'années sont pratiquement intacts (les micro-météorites qui percutent la Lune finissent quand même par laisser des traces).

Le diamètre des plus importants cratères lunaires est d'environ 200 km (Clavius, 230 km, est considéré comme le plus grand, le « *caillou* » responsable devait mesurer plus de 12 km !).

La Lune rousse

Elle est accusée à tort de « *griller* » les semis au printemps... La réalité est pourtant simple : quand la Lune est basse sur l'horizon, elle apparaît rougeâtre (le Soleil aussi) ; cela est dû uniquement à l'absorption atmosphérique, la lumière blanche est le « *mélange* » des couleurs de l'arc-en-ciel, plus l'épaisseur d'atmosphère traversée est importante, plus la partie bleue est absorbée et donc plus la partie rouge domine. À l'horizon, l'épaisseur de l'atmosphère est environ quatre fois plus importante qu'au méridien ; cela explique que la Lune (ou le Soleil), paraît rouge quand elle est basse sur l'horizon : on ne verra jamais un Soleil rouge à midi !

Revenons au printemps ; si le ciel est bien dégagé, il fait logiquement assez froid, il gèle même parfois au petit matin. Les nuages étant absents, on peut voir la Lune (rouge si elle est basse sur l'horizon). Tout *homo sapiens* normalement constitué comprendra aisément que ce n'est pas parce qu'on voit briller



la Lune qu'il gèle mais exactement le contraire ! Il est bien évident que si une épaisse couche de nuages était présente, il ferait plutôt doux et, bien sûr, la Lune serait inobservable ! ... Alors, la Lune qui grille les semis, NON !

La Lune paraît plus grosse à l'horizon

Non seulement c'est faux, mais c'est le contraire ! Au méridien, la Lune est à, en moyenne, 384 400 km de la Terre (ci-contre en A). À l'horizon (en B), la distance à l'observateur augmente d'un rayon terrestre, soit 6378 km : elle se trouve alors à 390 800 km (1/60 de plus !) ... Son diamètre apparent est donc plus petit. Si la Lune semble plus petite lorsqu'elle est haute dans

Le mouvement orbital de notre satellite autour de la terre a pour conséquence logique une « *dérive* » de l'astre vers l'est, d'environ 13° par 24 heures : de jour en jour, la Lune se lève avec en moyenne un retard de 48 minutes.

L'inclinaison de l'orbite lunaire provoque une modification qui fait, qu'au cours de l'année, la Lune se lève (ou se couche) à intervalles réguliers : cela varie de 20 à 68 minutes !

En septembre, la différence d'un jour à l'autre n'est que d'environ 20 minutes : en période de Pleine Lune, dès le coucher du Soleil, la « *Reine de la Nuit* » prend le relais. Cette clarté permettait autrefois aux paysans de travailler aux champs assez tard dans la soirée, d'où le nom de *Lune des Moissons* ! Aujourd'hui, les machines industrielles (moissonneuses, etc.) sont équipées de puissants projecteurs et l'on ne se préoccupe plus guère de la Lune... L'effet inverse se produit au printemps : en mars, la Lune se couche pendant plusieurs jours avec un intervalle variant d'environ 20 minutes... Mais personne ne s'en soucie ! On n'a jamais moissonné le matin !

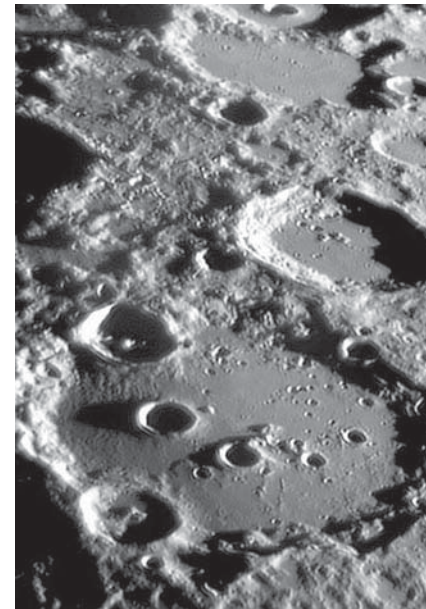
Ils sont fous ces terriens

Au cours des siècles, la tradition orale a transmis un grand nombre de pensées totalement fausses : la Lune figure en bonne place au palmarès !

La plupart du temps, les gens sont de bonne foi ; leur tort est « *d'ingurgiter* » n'importe quoi sans chercher à comprendre... « *Si le grand-père dit ça, c'est sûrement vrai* » ! Et l'on se convainc de choses défiant le bon sens... Dont nos anciens ne font pas toujours preuve (mais ils ne sont pas les seuls !). De leur côté, les journalistes sont plus prompts à divulguer des âneries (genre OVNI, etc.) que de réellement et honnêtement informer le public pour ce qui concerne l'actualité scientifique. Mais il est vrai que la recette ne date pas d'hier : « *du pain et des jeux* » !

Les exemples concernant la Lune ne manquent donc pas ; voyons les deux plus connus :

- La Lune rousse ! ...
- La Lune est plus grosse à l'horizon...



Ceux qui mesurent quelques dizaines de kilomètres se comptent par centaines. Sur les roches rapportées par les astronautes des missions Apollo, on peut voir (à la loupe ou au microscope) des milliers de « *mini-cratères* » creusés par des météorites de quelques milligrammes (dirigées vers la Terre, elles auraient été vaporisées dans la haute atmosphère par le frottement de l'air et formeraient des météores – et non des étoiles filantes – expression exclusivement usitée des béotiens !).

Important : il n'existe pas de cratères volcaniques sur la Lune mais uniquement de cratères d'impacts.

Certains cratères présentent un pic central dont l'origine est aujourd'hui bien connue. Lors de la collision avec un objet massif (astéroïde, etc.), il se produit un violent tassement de la surface lunaire au point d'impact (l'objet « *percuteur* » est pulvérisé) et l'on assiste à un phénomène de « *réponse mécanique* » : la partie centrale du cratère se soulève pour former un pic plus ou moins élevé pouvant atteindre 4 km de hauteur. Les bords du cratère peuvent être plus hauts encore : 5 km (c'est le cas pour le cratère Copernic (10° N, 20° W), 90 km de diamètre).

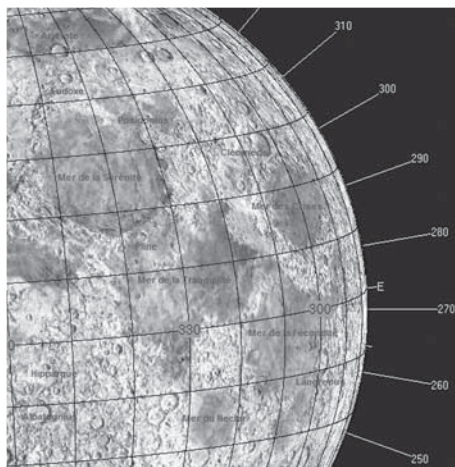
Les craterlets (petits cratères) observables à l'intérieur des grands sont le résultat de chutes plus récentes.

Le « *bombardement* » continue, mais n'a plus aucune commune mesure avec les collisions catastrophiques des débuts du Système Solaire.

Les mascons

Dans certains bassins, des laves de fortes densités se sont accumulées : ces régions renfermant un niveau très important de matières lourdes, provoquent des irrégularités du champ de gravitation lunaire (qui ont été et restent mesurables). On a donné le nom de **mascons** à ces régions (de l'anglais *mass concentrations*).

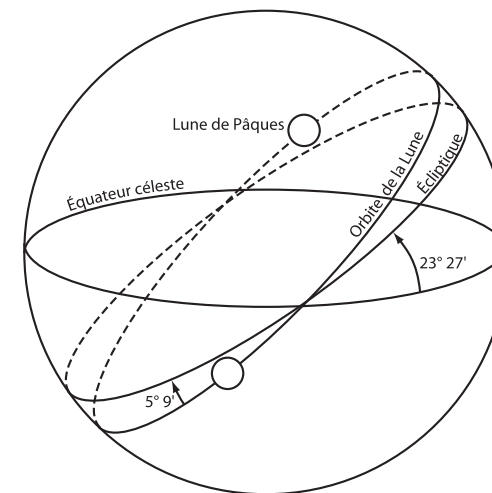
La cartographie de la Lune



Le premier homme à avoir observé les cratères de la Lune fut Galilée le 7 janvier 1610 (lunette de 2,5 cm de diamètre !).

Afin d'y établir des repères stables, il fut décidé d'établir une cartographie de notre satellite. On détermina avec précision le nord de la Lune au point de vue astronomique.

En 1961, l'UAI (Union Astronomique Internationale) décida d'apporter des modifications en appliquant l'orientation dite astronautique ; depuis cette date, de la surface de la Lune, on peut voir le Soleil se lever à l'est... Ce qui n'était pas le cas avant !



(comme en 1818) et au plus tard le 25 avril (comme en 1943). Ces deux extrémités arrivent très rarement et, le plus souvent, Pâques se trouve entre le 28 mars et le 18 avril.

Pour que Pâques soit le 22 mars, il faut que :

- L'équinoxe de printemps ait lieu le 20 mars ;
- La Lune soit pleine le lendemain 21 mars et que ce jour soit un samedi : le jour suivant (dimanche) est alors jour de Pâques... des conditions difficiles à réunir, ce qui explique la rareté de l'événement !

En 1992, l'équinoxe de printemps aura lieu le 20 mars, la pleine Lune se trouvant le 18 mars, il faudra patienter jusqu'au vendredi 17 avril pour avoir la pleine Lune suivante... Le dimanche de Pâques sera donc le 19 avril.

À noter qu'au ^{xx}e siècle, Pâques a eu lieu au plus tôt le 23 mars (en 1910 et en 1998) et au plus tard le 25 avril (en 1940).

La Lune des Moissons

L'observation du ciel et surtout du mouvement de la Lune a permis de remarquer une particularité concernant le lever de la Lune en septembre.

l'approche finale du LEM* (Apollo 11) : sans une manœuvre de dernière minute, l'engin se serait posé sur les bords d'un petit cratère très pentu ; inutile de préciser qu'au cas où le LEM se serait renversé, aucun secours ne pouvait être porté aux deux occupants !

À noter qu'on doit dire atterrir sur la Lune et non « *alunir* » : d'ailleurs, en anglais, on dit « *to land* » et non « *to moon* »...

Depuis le 14 décembre 1972 (Apollo17), l'homme n'est pas retourné sur la Lune... Ce n'est que le calme avant la tempête ! En principe, le siècle prochain, notre satellite devrait être « *pris d'assaut* » et, si les installations permanentes seront d'abord scientifiques (et militaires !), il est à craindre que le côté commercial prenne rapidement les opérations en main (mines, etc. : la Lune renferme des roches et des métaux en quantité).

Malgré les belles promesses qui sont faites actuellement, la pire est à craindre. Après un long sommeil de 4 milliards d'années, la Lune va probablement connaître un réveil brutal... Les requins arrivent !

La Lune et la date de Pâques

Pour déterminer le dimanche de Pâques, il faut prendre pour base la date de l'équinoxe de printemps. Ensuite il faut trouver la date de la pleine Lune qui suit cet équinoxe. C'est le dimanche qui suivra cette pleine Lune qui sera désigné comme jour de Pâques.

Exemple : en 1991, l'équinoxe de printemps a eu lieu le 21 mars (à 4 h 2 min 55 s heure française). La pleine Lune qui a suivi était le samedi 30 mars. Le dimanche qui suivait (le lendemain, 31 mars) fut jour de Pâques !

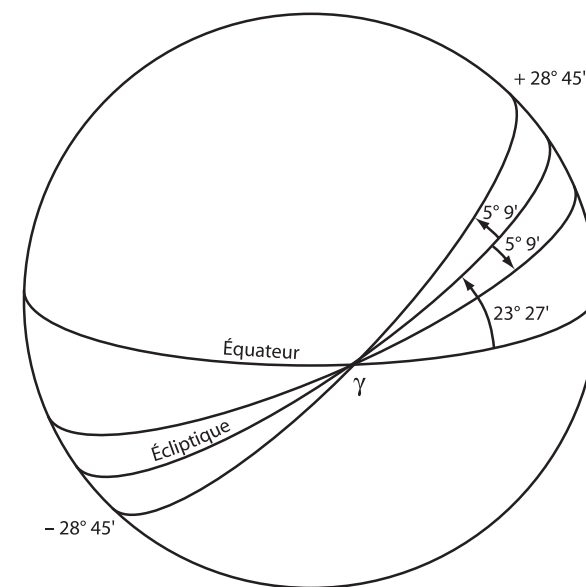
Si la pleine Lune intervient la veille (ou le jour) de l'équinoxe de printemps, il faut alors attendre presque un mois : le dimanche de Pâques peut donc se situer au plus tôt le 22 mars

* Les modules lunaires des six missions avaient un nom. Pour Apollo 11, c'était *Eagle*, d'où la phrase de Neil Armstrong lorsque le LEM se posa sur la Lune : « *Eagle is landed* » (L'aigle s'est posé) !

Les noms des mers et cratères ayant été attribués bien avant ce changement, on remarque qu'aujourd'hui, **Mare Orientale** (Mer Orientale) se situe... à l'ouest de la Lune !

Du fait de ses mouvements de librations (voir plus loin), l'intersection de l'équateur et du méridien origine (proche du cratère **Bruce**) n'est pratiquement jamais au centre du disque lunaire observable ! ...

L'orbite de la Lune

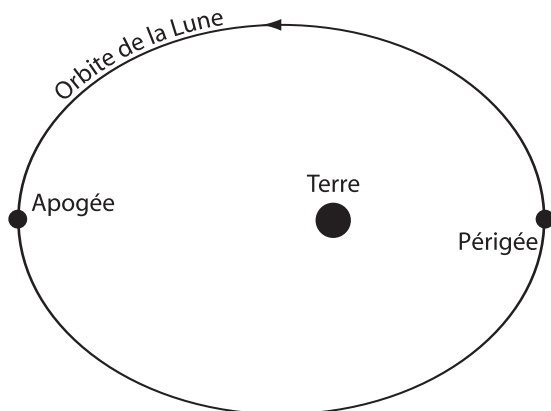


Le plan de l'orbite terrestre autour du Soleil est appelé **écliptique** (c'est la « *région* » du ciel où se produisent les éclipses de Soleil et de Lune).

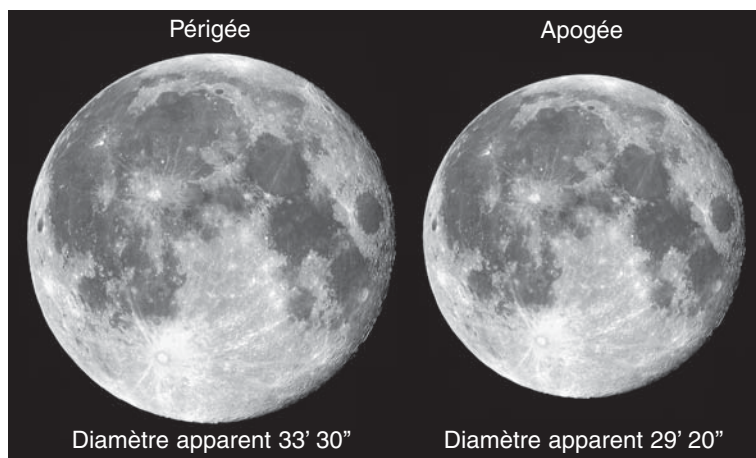
Le plan orbital de la Lune est incliné de 5° 9' sur l'écliptique (en fait, cette inclinaison varie de 5° à 5°18').

Sachant que l'axe nord-sud de la Terre est lui-même incliné de 23°27' (23°26'29" exactement), on peut facilement calculer les hauteurs maximales et minimales de la Lune dans notre ciel : + 28°45' à - 28°45'.

Important : la Lune tourne autour de la Terre en décrivant une ellipse et non un cercle.



Notre planète occupant l'un des deux foyers de l'ellipse, et non le centre, la distance Terre-Lune varie de 356 000 à 406 000 km (la figure ci-dessus n'est pas à l'échelle). La relative proximité de la Lune permet au terrien de bien observer les variations de son diamètre apparent. Lorsqu'elle se trouve au *périgée* (point de son orbite le plus proche de la Terre), son diamètre apparent est maximal : 33' 30". À l'*apogée* (point de son orbite le plus éloigné de la terre), il n'est que de 29' 20". On estime la moyenne à 31' 5".



commande où les attendait le « troisième homme » : connaissant la masse et la vitesse de la chute, on savait à quoi correspondait l'impact détecté par le sismographe ! cqfd...

Des réflecteurs lasers installés sur la Lune et orientés judicieusement permirent de mesure, à quelques centimètres près, la distance Terre-Lune : au foyer d'un télescope terrestre, on envoie un flash laser vers la cible (le réflecteur lunaire) ; après avoir percuté la Lune, la lumière est renvoyée vers son point de départ. Le temps mis par la lumière pour effectuer le trajet est mesuré au moyen d'une horloge atomique au césium. On obtient ainsi la distance Terre-Lune à un moment donné (nous avons, en effet, vu plus haut que la Lune décrivant une ellipse autour de la Terre, la distance qui nous sépare d'elle varie constamment !).

La quatrième mission Apollo (Apollo 15) verra l'entrée en scène de la « jeep lunaire ». Les astronautes pourront dès lors « se promener » sur la Lune et récupérer des échantillons de roches qui seront rapportés et analysés dans les laboratoires terrestres. Le passage des hommes sur la Lune lui a ainsi fait perdre presque 400 kg (le chiffre le plus souvent cité est 388 kg... Pour les amateurs de précision, le chiffre exact est 386,7 kg !).



C'est à l'occasion du débarquement de l'homme sur la Lune que nous avons pris conscience de l'immense différence entre le vol automatique et une mission habitée : là où la machine exécute uniquement ce pourquoi elle a été programmée, l'homme peut prendre des initiatives qui, sur la Lune, se sont révélées essentielles, par exemple lors de

géant pour l'humanité ». Cela se passait le 21 juillet 1969 à 3 h 56 min 29 s heure française ; à Houston (centre de contrôle de la NASA), c'était encore le 20 juillet, il était 21 h 56 min 29 s !

Au cours des missions Apollo 11, 12, 14, 15, 16 et 17, douze astronautes foulèrent le sol lunaire :

Apollo 11 : Neil Armstrong et Edwin Aldrin

Apollo 12 : Charles Conrad et Alan Bean

Apollo 14 : Alan Shepard et Edgar Mitchell

Apollo 15 : David Scott et James Irwin

Apollo 16 : John Young et Charles Duke

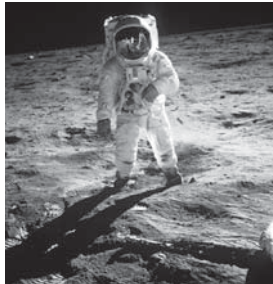
Apollo 17 : Eugen Cenani et Harrison Schmitt

La mission Apollo 13 échoua mais les trois astronautes (James Lowell, Fred Haise et John Swigert) furent ramenés sur Terre sains et saufs après avoir survolé la face cachée de la Lune... Maigre consolation pour les deux qui devaient marcher sur le sol lunaire, d'autant que Lowell connaissait déjà (mission Apollo 8 !).

À noter : la capsule Apollo 13 est exposée en permanence au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget... Impressionnant ! À voir au plus vite.

Au cours de ces missions, les « *piétons lunaires* » ont permis de réaliser de multiples expériences à l'origine d'une formidable moisson de renseignements sur le passé et le présent de la Lune. Si l'on ne sait pas encore très exactement comment, les analyses chimiques (et atomiques) nous permettent d'affirmer que notre satellite s'est formé en même temps que la Terre, il y a environ 4,6 milliards d'années.

Les astronautes ont déposé des pièges à particules météoriques, des magnétomètres (servant à mesurer les champs magnétiques : il semble que la Lune possède un noyau métallique, comme la Terre), des sismographes pour détecter les tremblements de Lune (l'étalonnage fut réalisé avec la chute du LEM après que les deux piétons eurent regagné le module de



Masse et gravité

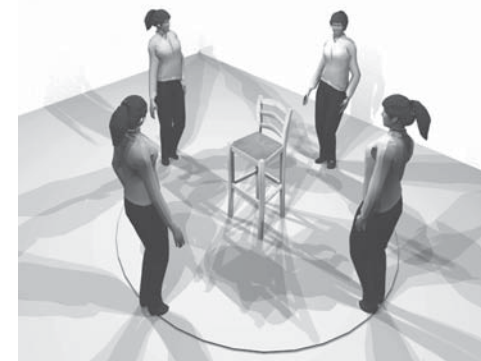
La masse de la Lune est 81 fois plus faible que celle de la terre. La gravité y est donc moindre : $1/6$ de celle de la Terre ($1,624 \text{ m/s}^2$ contre $9,81$ pour la Terre). C'est pourquoi nous avons pu voir à la télévision les astronautes des missions Apollo faire des bonds sur la Lune malgré leurs 140 kilos (homme + matériel).

Si nous prenons une balance romaine (à plateaux) avec d'un côté un poids de 6 kg et de l'autre un caillou de 6 kg, sur Terre, la balance sera équilibrée. Si, sur Terre toujours, on pèse ce caillou en utilisant un peson à ressort, celui-ci indiquera 6 kg, rien de plus normal !

Si, à l'occasion d'un voyage sur la Lune, vous voulez refaire la même expérience, la balance romaine sera toujours équilibrée mais le peson n'indiquera que 1 kg, soit $1/6$!

La rotation de la Lune

Tout en tournant autour de la Terre (*révolution*), la Lune pivote sur son axe : c'est la *rotation*. La Lune met exactement le même temps pour effectuer ces deux mouvements : 27 j 7 h 43 min 11 sec. Cela explique que, de notre planète, un observateur voit toujours la même face, c'est pourquoi on parle de face visible, la face cachée n'étant jamais observable de la Terre.



Expérience prouvant que seule une face de la Lune est visible de la Terre

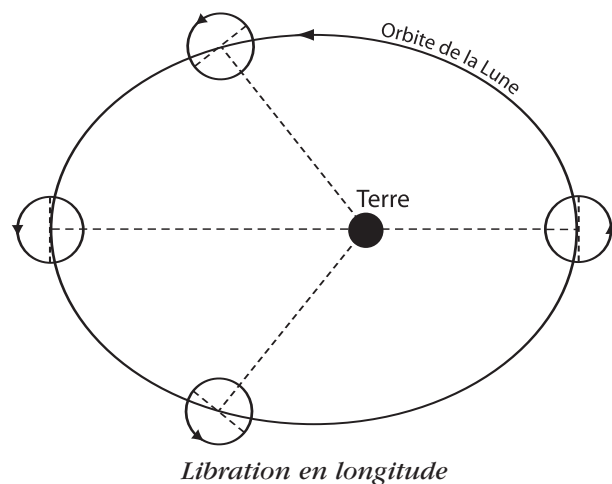
On pourrait donc (un peu hâtivement) déduire que, de la surface terrestre, on ne peut voir que 50 % de la Lune... Ce serait une erreur ! En effet, au cours du temps, on peut apercevoir environ 60 % de la surface lunaire. L'explication se cache dans les mouvements de libration de notre satellite.

Les librations en longitude et en latitude

En orbite autour de la Terre, la Lune décrit une ellipse dont notre planète occupe un des foyers. La vitesse orbitale moyenne de la Lune est d'environ 1 km par seconde. La deuxième loi de Kepler nous apprend que, selon la distance au foyer, cette vitesse varie. C'est pourquoi la Lune se déplace plus vite au périégée qu'à l'apogée. Cette différence est minime mais mesurable.

La variation de vitesse nous permet d'observer tour à tour un peu plus du bord ouest puis au bord est : c'est la **libration** en longitude.

L'axe nord-sud de la Lune est incliné d'environ 6° sur son orbite. Cela a pour effet de nous montrer alternativement un peu plus du bord nord puis du bord sud : c'est la **libration** en latitude. Ainsi, nous pouvons voir 60 % de la surface lunaire !



Si la Lune est en premier ou dernier quartier (en quadrature donc), les attractions lunaires et solaires se contrarient et c'est une marée faible, dite de **morte eau** (voir en B). En tenant compte des paragraphes précédents, on pourrait penser que le renflement océanique est dirigé vers la Lune : il n'en est rien ! ... Ce serait compter sans un paramètre important (et même capital pour ce qui nous intéresse ici) : la Terre tourne sur son axe. Cette rotation de 24 heures amène un déphasage entre les forces de marées proprement dites et le temps nécessaire à l'océan pour « *réagir* » (question d'inertie, mon cher Watson !). Ainsi, à l'heure précise de la marée haute, la Lune est déjà passée au méridien.

Du fait des marées, au cours du temps, le frottement de l'océan provoque un ralentissement de la rotation terrestre. Il y a 400 millions d'années, le jour durait environ 22 heures. Ce ralentissement va évidemment continuer mais cessera finalement pour des raisons qui sortent de ce simple exposé.

La conquête de la Lune

La conquête de la Lune a réellement commencé le 7 octobre 1959 lorsque la sonde soviétique **Luna 3** envoya les premières photos de la face cachée de notre satellite.

D'autres sondes automatiques l'ont suivie (**Surveyor**, **Ranger**, **Zond**, etc.). Les USA et l'URSS ont alors engagé une course contre la montre ayant pour but de « *poser* » un homme sur la Lune.

Le 24 décembre 1968, pour la première fois, des hommes (les américains Borman, Lowell et Anders, au cours de la mission Apollo 8) étaient satellisés autour de la Lune. Ils accomplirent 10 révolutions lunaires avant de rentrer sur Terre.

Le jour J de la conquête de la Lune reste (et restera quoi qu'il advienne) le 21 juillet 1969. Ce jour-là, Neil Armstrong descendit les 9 barreaux de l'échelle du module lunaire (LEM) avec d'infinies précautions et, posant le pied... gauche (ça porte bonheur !) sur la Lune, prononça la petite phrase désormais célèbre : « *C'est un petit pas pour l'homme mais un bond de*

Les marées

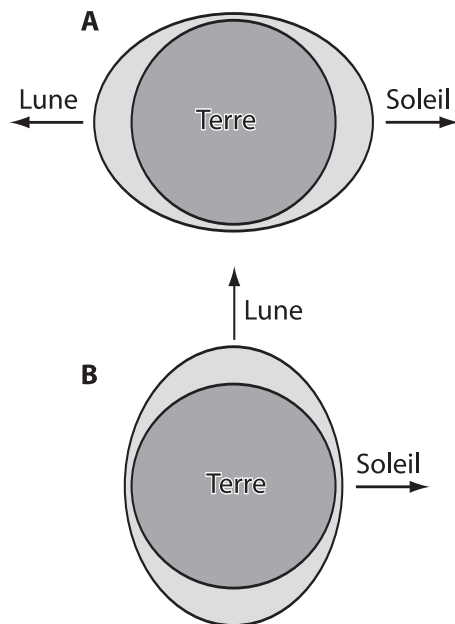
Beaucoup de gens ne s'intéressant pas particulièrement à l'astronomie savent que les marées océaniques sont dues à « l'influence de la Lune »... De là à en déduire que la Lune étant relativement proche de la Terre (400 fois plus que le Soleil) c'est sa gravité qui en est la source, il n'y a qu'un pas... Qu'il ne faut surtout pas franchir ! En effet, si tel était le cas, la gravitation solaire l'emporterait largement et produirait les marées à elle seule.

Ce qui compte ici, c'est la différence d'attraction entre le côté de la Terre le plus proche de l'astre et le plus lointain. La Lune exerce une attraction 180 fois moins forte sur la Terre que le Soleil. Par contre, l'attraction différentielle de la Lune est 2 fois plus forte que celle du Soleil : les marées océaniques sont donc pour les deux tiers, dues à la Lune.

Les masses liquides sont plus facilement « déformables » ; c'est pourquoi les océans subissent beaucoup plus de marées que la croûte terrestre. L'amplitude (différence de hauteur entre marée haute et marée basse) peut varier de plusieurs mètres pour les océans.

La croûte terrestre subit aussi les marées : elle a une amplitude moyenne de 20 à 30 centimètres qui reste imperceptible.

Selon la position de la Lune et du Soleil, les marées sont plus ou moins prononcées ; en période de syzygie (NL ou PL), le Soleil et la Lune sont alignés avec la Terre. Leurs attractions s'ajoutent et c'est une grande marée, dite de *vive eau* (voir en A).



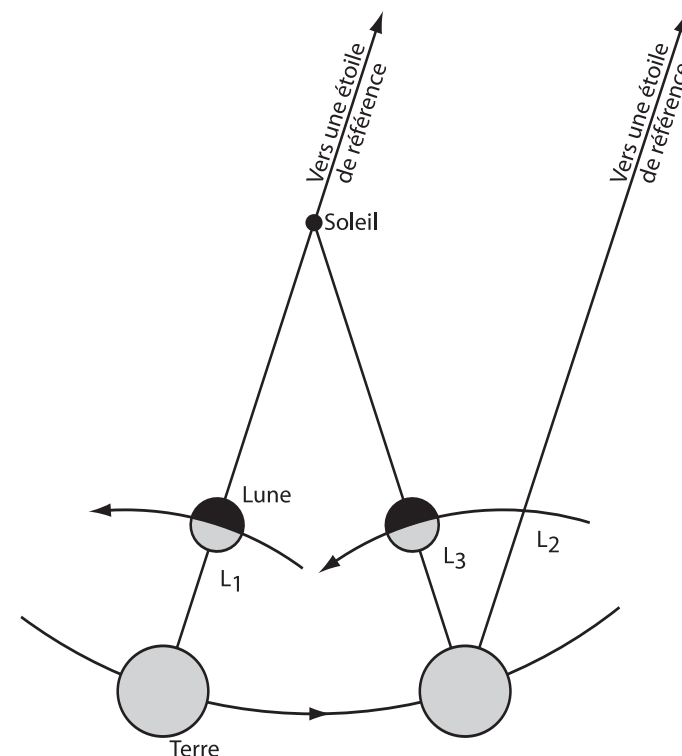
Les révolutions de la Lune

- 1 • Révolution sidérale par rapport aux étoiles.
- 2 • Révolution synodique par rapport au Soleil (lunaisons).
- 3 • Révolution anomalistique par rapport au Périégée.
- 4 • Révolution draconitique par rapport aux nœuds de son orbite.

Révolution sidérale

27 j 7 h 43 min 11 s = 27,321 661 en décimales.

C'est le temps que met la Lune pour revenir à côté d'une même étoile (ci-dessous de L1 et L2). Entre temps, la Terre a tourné autour du Soleil.



Révolution synodique

29 j 12 h 44 min 3 s = 29,530 590 en décimales.

C'est le temps qu'il faut à la Lune pour effectuer une lunaison, par exemple, de nouvelle Lune à nouvelle Lune, etc. Ci-dessus, en L2, la Lune a parcouru une révolution sidérale. Pour venir en L3 (nouvelle Lune), dans l'alignement du Soleil, il lui faut encore 2 j 5 h 52 s.

Révolution anomalistique

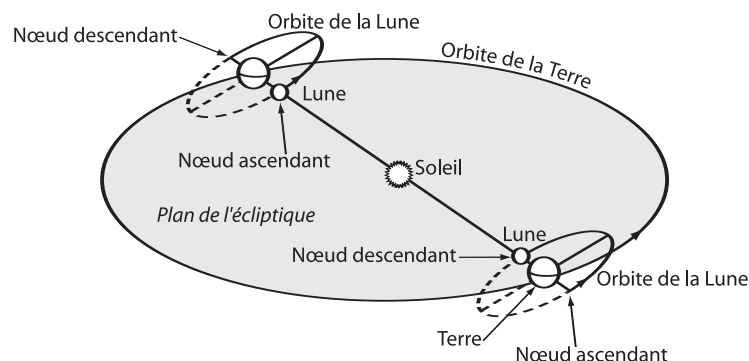
27 j 13 h 18 min 33 s = 27,554 550 en décimales.

C'est la période qui s'écoule entre deux passages de la Lune au Péricée.

Révolution draconitique

27 j 5 h 5 min 36 s = 27,212 220 en décimales.

Nous avons vu plus haut que l'orbite lunaire est inclinée de $5^{\circ} 9'$ sur l'écliptique (orbite de la Terre). Par deux fois (ci-dessous), la Lune coupe l'écliptique : une fois en « *montant* » et l'autre en « *descendant* ». Ces intersections ont un nom : on dit *nœud ascendant* lorsque la Lune coupe en montant et *nœud descendant* lorsqu'elle... descend. C'est quand la Lune se situe près des nœuds que peuvent se produire les éclipses de Soleil et de Lune.

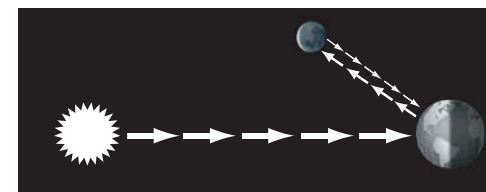


Aux environs de la nouvelle Lune (deux jours avant et deux jours après), la partie non éclairée de la Lune est observable de la Terre ; on remarque une surface grise où ressortent des zones d'ombres : les « *mers* ». Il s'agit du phénomène appelé *lumière cendrée*.



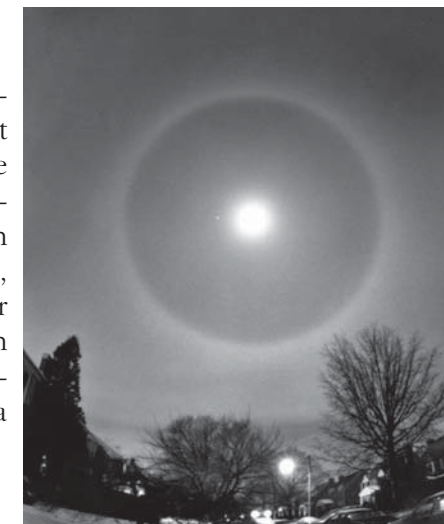
La lumière cendrée

Comme le montre la figure ci-contre, la Terre réfléchit une partie de la lumière qu'elle reçoit du Soleil. Une fraction de cette lumière « *percute* » la Lune qui en renvoie elle-même une faible partie vers la Terre : c'est ce « *ping-pong terrestro-sélénien* » qui est à l'origine de la lumière cendrée.



Les halos lunaires

Parfois très spectaculairement, les halos lunaires ont pour origine... l'atmosphère de la Terre (comme les arcs-en-ciel !). Le plus commun est le halo de 22° de rayon, ayant bien sûr la Lune pour centre. Il arrive qu'un deuxième halo soit observable, dit *halo secondaire*, il a 46° de rayon.

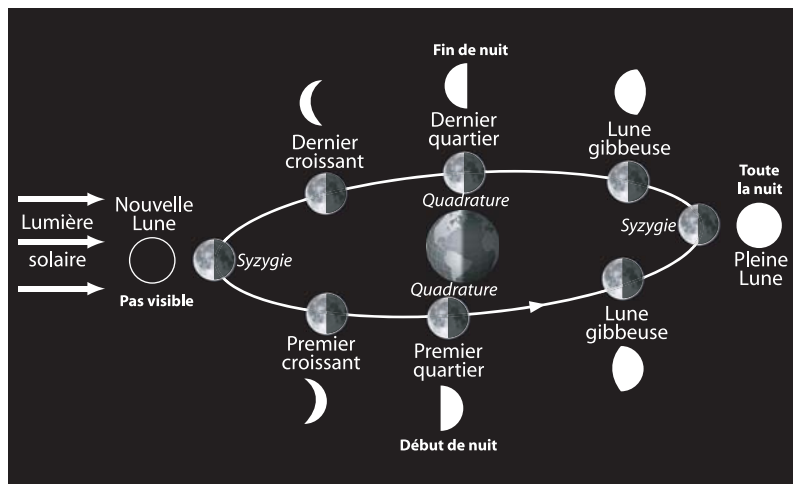


Cela nous amène aux **phases**. Selon sa position par rapport au Soleil, la Lune est vue plus ou moins éclairée par un observateur terrestre. La figure du bas de la page précédente montre que c'est quand elle est dans le prolongement Soleil-Terre que la Lune est **pleine**. En effet, elle est alors éclairée « *de face* ». Si au contraire, elle se situe exactement entre le Soleil et la Terre, elle reste invisible et c'est la **nouvelle Lune**.

Quand la Lune est alignée avec le Soleil et la Terre (PL ou NL), on dit qu'elle est en **syzygie** (du grec *syzygia* : réunion).

Entre le **premier quartier** (PQ) et la pleine Lune (PL), la Lune est éclairée aux trois quarts : on dit qu'elle est **gibbeuse** (du latin *gibbosus* : bossu). Cela est également valable entre pleine Lune et **dernier quartier** (DQ). Entre nouvelle Lune et premier quartier (ainsi qu'entre dernier quartier et nouvelle Lune), nous pouvons observer un **croissant** de Lune dont les « *cornes* » sont toujours opposées au Soleil.

À noter que, vue de la Lune, la Terre présente des phases inverses. Lorsque, de la Terre, nous voyons la Lune en premier quartier, sur la Lune, un astronaute verra la Terre en dernier quartier !



Un simple calcul montre que 242 révolutions draconitiques valent 223 révolutions synodiques et 239 révolutions anomalistiques, soit 6585 jours :

242 draconitiques : 6585, 35 724 jours

223 synodiques : 6585, 32 157

239 anomalistiques : 6585, 53 740

Cette période de 6585 jours est appelée **saros**. Il peut y avoir 4 ou 5 années bissextiles pendant un saros qui équivaut donc à :

18 ans 10 j 8 h s'il y a 5 années bissextiles

18 ans 11 j 8 h s'il y a 4 années bissextiles

À la fin d'un saros, les mêmes conditions se retrouvent. Si une éclipse s'est produite tel jour à telle heure, 18 ans 10 (ou 11) jours et 8 heures plus tard, les positions respectives du Soleil, de la terre et de la Lune seront (presque) identiques et ce sera une nouvelle éclipse... à un détail près : le saros ne constituant pas un nombre entier de jours (les 8 heures qui restent correspondent à 1/3 de la rotation terrestre), il faudra se déplacer sur notre planète de 120° en longitude vers l'ouest pour voir ladite éclipse !

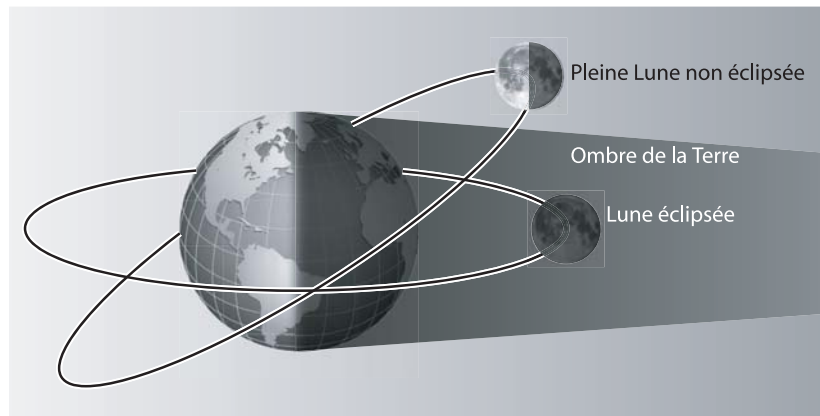
Après trois saros, soit 54 ans 32 (ou 33) jours, les conditions sont vraiment exactement les mêmes et l'éclipse est visible au même point terrestre.

Ce cycle est connu depuis des millénaires (les Chaldéens l'avaient remarqué il y a 3000 ans). C'est en accumulant de nombreux relevés sur les éclipses que la découverte du saros fut possible.

Les éclipses de Lune

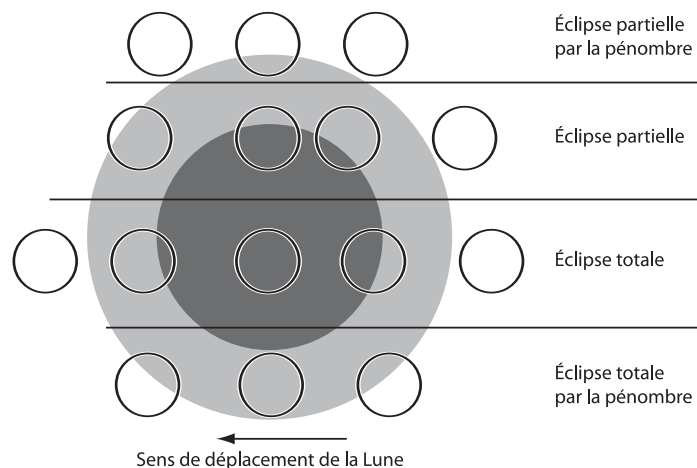
Le Soleil éclaire la Terre. Dans le prolongement de celle-ci, se forme donc un cône d'ombre. Pour qu'il y ait éclipse de Lune, il faut que cette dernière se trouve à passer dans cette ombre.

Si l'orbite lunaire n'était pas inclinée, à chaque pleine Lune, il y aurait éclipse. Mais la plupart du temps, notre satellite est trop haut ou trop bas : nous voyons donc la Lune très lumineuse (bien qu'elle ne réfléchisse que 7 % de la lumière solaire).



Une éclipse de Lune peut être partielle ou totale. Elle sera totale si elle entre complètement dans l'ombre de la terre, et partielle si elle est « à cheval » sur l'ombre et la pénombre.

L'assombrissement du disque lunaire n'est évident qu'en cas d'éclipse par l'ombre. Seul un œil exercé (et prévenu !) saura remarquer une éclipse par la pénombre.

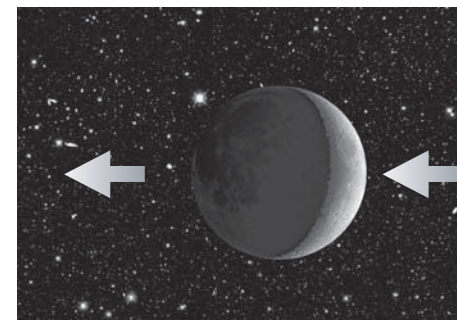


Une éclipse de Lune s'est produite le 9 janvier 1982. Un saros plus tard, nous la retrouvons le 21 janvier 2000 ! ... Mais pour observer celle de 1982, il fallait être à 120° à l'est, soit à la longitude de la Chine ou la Corée.

Les occultations par la Lune

En parcourant son orbite, la Lune passe parfois devant des objets plus ou moins lointains et nous les cache pendant un moment. Ainsi, un observateur attentif verra notre satellite cacher planètes et étoiles : on dit alors que l'objet en question est

occulté. La période la plus favorable se situe lorsque la Lune est en croissant juste après la nouvelle Lune. L'objet occulté disparaît alors du côté sombre d'un seul coup. La réapparition (appelée **émersion**) est plus difficile à voir : l'objet surprend parfois même des astronomes compétents. Il est indispensable de bien lire les éphémérides concernant les occultations (les autres aussi !).



Appulse

Il arrive (pas très souvent !) qu'une planète ou qu'une étoile semble « raser » la Lune sans être occultée. Ce rapprochement serré angulairement est appelé **appulse**... Curieusement, ce mot n'est pas, à ce jour, dans le dictionnaire Larousse : on a préféré mettre d'innombrables anglicismes ou termes grossiers qui sont probablement « *plus vendeurs* ».

Les phases de la Lune

La Lune ne brille que parce qu'elle réfléchit la lumière du Soleil. Elle ne produit pas sa propre lumière... Peut-on le prouver simplement ? ... Oui. Si elle brillait par elle-même, elle serait toujours pleine !