

## A propos d'éclipses et d'occultations

Le 11 août 1999 une bande de plus de 100 Km de large partant du Cotentin jusqu'à l'Alsace sera plongée dans une nuit de plus de 2 minutes, un peu après midi. C'est un événement rare, plus rare qu'une coupe du Monde de Football en France. Le prochain qui lui soit comparable n'aura lieu qu'en 2081 et nous ne serons plus nombreux pour le voir. De quoi s'agit-il ? D'une éclipse de Soleil ? Non... Une éclipse de soleil, cela n'existe pas. Il ne s'agit que d'un abus de langage. J'apporterai donc ma pierre, une fois n'est pas coutume, à la défense de la langue française. Mais expliquons-nous.

L'éclipse est le phénomène qui concerne la Lune lorsque, dans certaines circonstances particulières, celle-ci se trouve plongée dans le cône d'ombre porté par la Terre. Lorsque le Soleil disparaît à la suite de circonstances toutes aussi particulières, dans l'ombre de quoi le Soleil serait-il lui-même plongé ? À la lueur de cette présentation humoristique, il apparaît clair qu'il ne s'agit pas d'un phénomène similaire à celui qui concerne l'éclipse de Lune. En fait, le terme approprié pour nommer le phénomène est "occultation". Il y a des éclipses de Lune et des occultations de Soleil. C'est même un pléonasme que de parler d'éclipse de Lune, car il n'y a aucun autre astre qui soit en situation d'être éclipsé depuis la Terre... La situation sera revue lorsque nous mettrons les pieds sur les planètes supérieures qui sont également dotées de Satellites. Quoi que, il est aussi possible d'observer, depuis la Terre, l'éclipse des satellites de Mars, Phobos et Déimos, et également les satellites de Jupiter par exemple, mais assurément pas à l'œil nu. Et encore faut-il que soient concomitantes, des conditions peu ordinaires.

En revanche, depuis la Terre, nous pouvons assister à l'occultation de nombreux autres astres, soit par la Lune, soit par des corps, situés eux-mêmes, entre la Terre et l'astre occulté. On peut regretter que même les astronomes, qu'ils soient amateurs ou professionnels, parlent généralement d'éclipse de Soleil. Pas tant pour des motifs puristes que pour inciter le curieux à s'interroger sur les raisons d'une dénomination différentes. S'interroger sur le nom d'un phénomène, c'est déjà s'intéresser au phénomène lui-même. La différence fondamentale entre les deux types d'évènements est qu'une éclipse fait disparaître un astre à la vue en supprimant la lumière qui permettait de le voir (on le met à l'ombre), alors qu'une occultation interpose un objet entre lui et l'observateur (fermez les yeux, vous occultez l'Univers avec les paupières). La Lune se trouvant à environ 14 jours d'intervalle dans des positions diamétralement opposées par rapport à la Terre, ces deux phénomènes se produisent, en principe, à environ 14 jours l'un de l'autre.

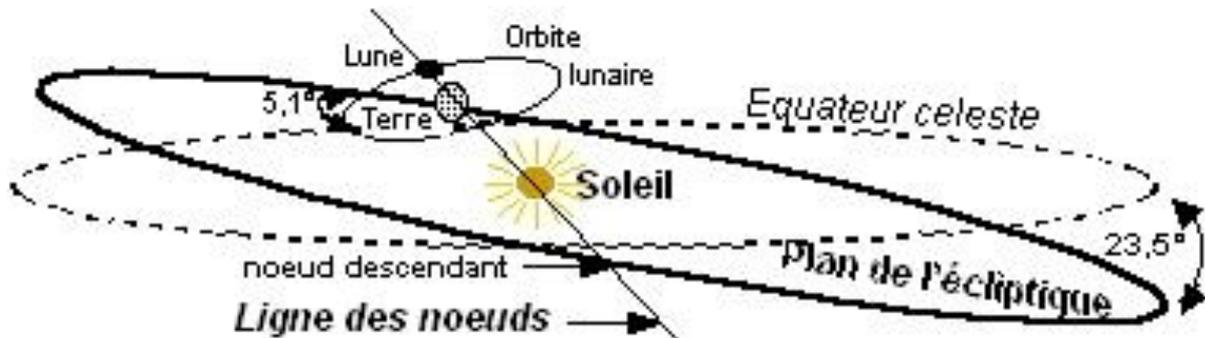
Nous avons vu qu'une éclipse plonge l'astre éclipsé dans l'ombre d'un autre. Il en découle que la source de lumière, en l'occurrence le Soleil, est située derrière l'astre portant son ombre sur celui qui est éclipsé. Pour ce qui concerne la Lune, dans cette configuration nous auront le Soleil, la Terre sur laquelle l'observateur est en situation de nuit, donc sur la face non éclairée de la Terre, et la Lune, dans le même alignement.

Ce sera donc pleine Lune. On voit déjà qu'il ne peut y avoir d'éclipse qu'à la pleine Lune. Mais puisque la pleine Lune se produit cycliquement tous les 29 jours et demi, pour quelle raison n'y a-t-il pas d'éclipse tous les 29 jours et demi ? Si la plénitude de la Lune est une condition

nécessaire à la réalisation d'une éclipse, elle n'est pas suffisante. Il faut aussi que le Soleil, la Terre et la Lune soient à la même "hauteur", sur un même plan. Ce plan est le plan de l'écliptique. Ce nom lui a été donné précisément parce que c'est dans ce plan, et seulement dans ce plan, que peuvent se produire les éclipses. Le plan de l'écliptique est incliné de  $23,5^\circ$  sur le plan de l'équateur céleste, qui n'est autre que le plan de l'équateur terrestre prolongé à l'infini dans l'espace.

Le plan de l'écliptique est le plan défini par la trajectoire de la Terre autour du Soleil. Nous pouvons le "voir de nos yeux" car, réciproquement, c'est aussi le plan défini par la trajectoire APPARENTE du Soleil "autour de la Terre". Si le plan défini par la trajectoire de la Lune autour de la Terre était confondu avec le plan de l'écliptique, il y aurait bien une éclipse à chaque pleine Lune, mais il n'en est rien. Cela prouve que la trajectoire de la Lune dans sa révolution autour de la Terre n'est pas confondue avec celle de la Terre autour du Soleil. Qu'il se produise quelquefois une éclipse, nous renseigne également sur le fait que le plan de l'orbite Lunaire n'est pas parallèle au plan de l'écliptique, car, dans ce cas, il n'y en aurait jamais.

Les deux plans font donc un angle et cet angle est de  $5^\circ$  et  $9'$ . Il en résulte que la Lune traverse le plan de l'écliptique deux fois à chaque cycle orbital. Mais il n'y a qu'à deux moments précis, dans une année, que Terre et Lune sont toutes deux, à la fois dans le plan de l'écliptique, et alignées avec le Soleil. Ceci se voit très bien dans le schéma ci-dessous. C'est lorsque la Lune franchit l'écliptique à 6 mois d'intervalle sur ce que les astronomes appellent la ligne des Nœuds.



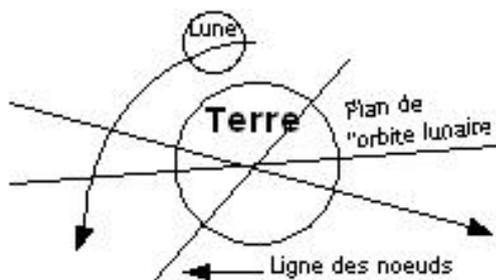
En fait, les circonstances qui provoquent l'éclipse imposent que le Soleil, la Terre et la Lune soient dans le même plan, sur une même droite et dans cet ordre. Il y a bien une condition supplémentaire mais elle est toujours satisfaite. Il faut que la Lune ne soit pas trop loin de la Terre pour qu'elle soit bien incluse à l'intérieur de l'ombre portée par la Terre. En effet, l'ombre d'un astre sphérique éclairé par le Soleil, qu'il s'agisse par exemple de la terre ou de la Lune, est un cône et non un cylindre. Or, en raison de la taille de la Terre par rapport à celle de la Lune, et de la distance qui les sépare, l'ombre de la Terre est plus que suffisante pour englober la Lune, même lorsque celle-ci est à l'apogée (1). Sur le schéma, on peut voir, qu'après 1/2 orbite, soit 14 jours, une éclipse suit une occultation, ou l'inverse, selon la nature du premier événement, mais nous y reviendront plus tard.

Une éclipse à une durée variable selon l'endroit où le cône d'ombre est coupé par la Lune. Pour des raisons géométriques évidentes, plus la Lune est éloignée de la Terre, plus le diamètre du cône est réduit et plus il sera vite traversé par la Lune. En revanche, moins sa vitesse orbitale est

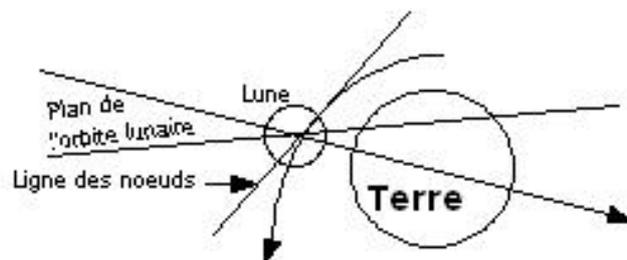
élevée. Ceci en vertu de la troisième loi de Kepler qui veut que le cube du rayon de l'orbite sur la racine carrée de la période orbitale soit une constante. C'est ainsi que les astronomes calculent de façon très précise la durée d'une éclipse pour un lieu donné de la Terre, car pendant ce temps... celle-ci tourne, et chaque point de la trajectoire de l'éclipse sur Terre a sa propre durée de vie du phénomène !

Mais revenons à notre alignement. Il se produit 2 fois par an à 6 mois d'intervalle. Les astres étant en mouvement continu, on peut même constater que cette circonstance ne doit durer qu'une infime fraction de seconde, ce qui devrait entraîner des durées d'éclipse du même ordre. De plus, lors de l'intersection du plan de l'écliptique avec celui de l'orbite de la Lune dans ce cycle semestriel, il peut se produire que la Lune soit sur un lieu de son orbite trop éloigné de la ligne des nœuds pour qu'une éclipse puisse se produire, comme dans le schéma ci-dessous.

Le temps que la Lune atteigne l'axe de la ligne des nœuds, la Terre aura avancé et c'est elle qui ne sera plus dans l'axe. Sur les schémas ci-dessous, les flèches traversant les diamètres des cercles représentant Terre et Lune, symbolisent la trajectoire de ces corps. On pourrait craindre que ces situations fassent qu'il n'y ait pas d'éclipse.



Moment M

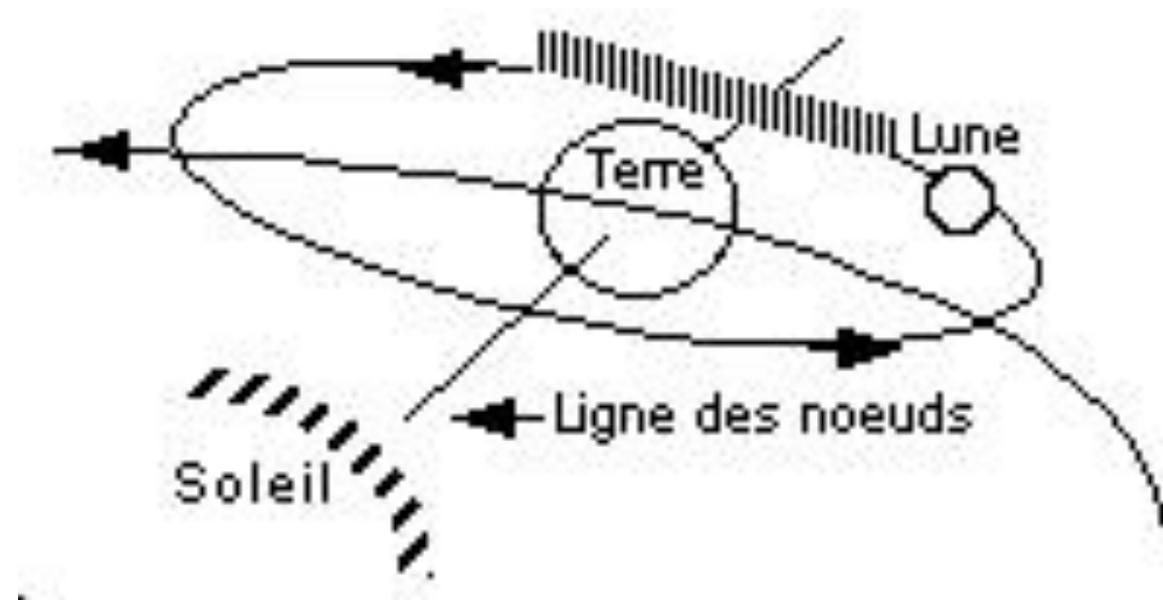


Moment M+1

Heureusement, il y a une grande tolérance due à l'importante différence de taille entre la Terre et la Lune et surtout à la différence de vitesse orbitale entre les deux astres. En effet, il ne faut pas oublier que si la Lune parcourt les  $360^\circ$  de son orbite en 27 jours  $\frac{1}{3}$  (Il s'agit de sa période sidérale qu'il ne faut pas confondre avec la Lunaison de 29 jours et demi qui est le cycle des phases sous lesquelles elle nous apparaît en raison de nos positions respectives par rapport au Soleil), dans le même temps, la Terre n'aura parcouru que  $27^\circ$  sur la sienne. Il arrive cependant, qu'une éclipse, ou une occultation, manque à l'appel sur le double événement attendu à 14 jours d'intervalle.

En général, même si Terre et Lune ne sont pas parfaitement alignées, en raison de ces deux facteurs, l'éclipse reste possible grâce à une large tolérance au voisinage de l'intersection de son plan orbital avec celui de l'écliptique. La zone de l'orbite lunaire qui permet la concrétisation de l'éclipse est schématisée par la portion en trait grisé large, dans la figure ci-dessous. En prêtant attention à la trajectoire des corps représentés, on remarquera que cette figure exprime la situation d'éclipse à 6 mois d'intervalle de ce qui était représenté dans les 2 figures précédentes. Dans ce schéma, aucune proportion n'est respectée. Comme dans la majorité des schémas représentant les astres, les distances sont tellement importantes en regard de la taille des astres

eux-mêmes que toute tentative pour respecter les échelles fait disparaître les objets à la vue, en raison de la modestie de leur taille, relativement aux distances.

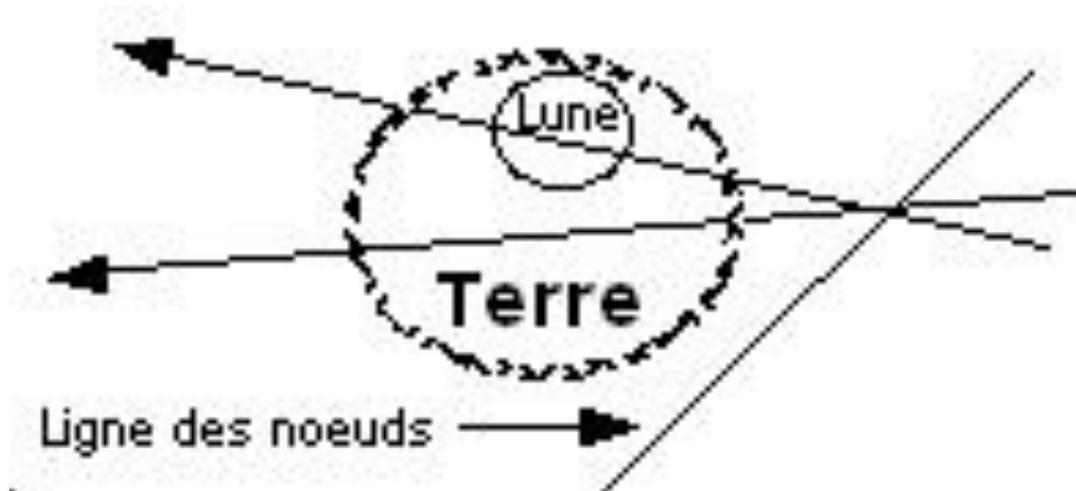


Entre nous et la Lune, c'est la Lune de miel, le rayon de son orbite n'est encore que 300 fois le diamètre de la Terre, par exemple. De même, le rayon de l'orbite de la Terre autour du Soleil, n'est que de 400 fois celui de la Lune autour de la Terre, en rapport avec la taille de la Lune. C'est même une des raisons des occultations. Mais au niveau de la distance qui nous sépare de l'étoile la plus proche (hors le Soleil, bien sûr), cela commence à se gêner sérieusement. Cette dernière, Alpha du Centaure, se situe à une distance qui est 270 000 fois plus grande que celle qui nous sépare du Soleil, et elle n'est qu'une distance courante en regard de celles qui séparent deux étoiles en moyenne dans la Galaxie (La voie lactée).

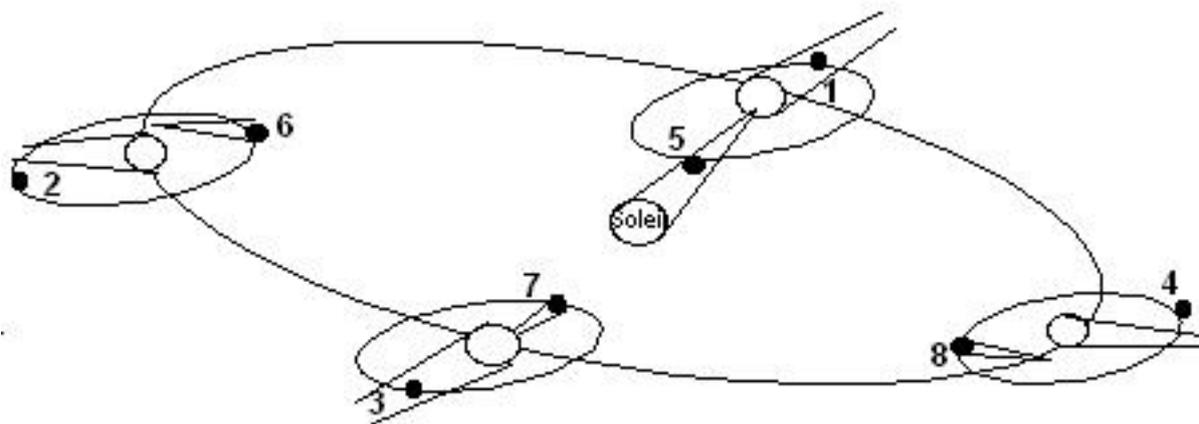
Plus on s'éloigne de notre petit monde et plus ces proportionnalités deviennent gigantesques. Ainsi, au niveau de l'Univers, lorsque deux galaxies qui contiennent plusieurs dizaines ou centaines de milliards d'étoiles (et probablement de systèmes planétaires) entrent en collision, il n'y a presque aucune chance pour que se percutent deux étoiles appartenant chacune à une des deux galaxies. En astronomie, les mesures de distances s'expriment dans quatre types d'unités selon la zone circonscrite dans le problème traité (2).

Après cette escapade dans notre banlieue de l'Univers, revenons à notre petite Lune. Il y a donc une très forte probabilité d'éclipse tous les 6 mois en raison de tolérances favorables des positions, périodes orbitales, et dimensions de la terre et de la Lune.

Les effets favorisant de ces caractéristiques sont clairement explicités dans le schéma ci-dessous. La flèche pointant vers le haut représente une portion de la trajectoire de la Lune, et celle pointant vers le bas une portion de la trajectoire de la Terre. La ligne des nœuds passe par l'intersection des deux.



On voit clairement que la Lune est complètement éclip­sée par la Terre bien que toutes les deux ne soient pas exactement dans l'axe de la ligne des nœuds. Mais on voit aussi qu'au-delà d'une certaine distance de la ligne des nœuds, cette conjonction n'est plus possible, la Terre n'étant "plus assez grosse" pour la garantir. Le terme approprié en astronomie est opposition. Il faut comprendre que la Lune est à l'opposé du Soleil pour un observateur situé sur Terre. Tel que représenté ici, l'observateur, situé sur le Soleil voit la Lune à travers la Terre, ce qui permet de parfaitement comprendre qu'elle est dans l'ombre. Heureusement, le dessin permet de se mettre dans des positions aussi peu pragmatiques qu'inconfortables, sur un fauteuil à 5800 degrés Celsius.



La figure ci-dessus illustre l'ensemble des situations susceptibles de se produire.

Le Soleil occupe la place qui lui revient au "centre" de l'ellipse représentant la trajectoire de la Terre. La Terre, dans 4 positions différentes de son orbite annuelle est représentée par 4 disques blancs. La Lune, pour chacune des 4 positions de la Terre, est représentée par un petit point noir, dans deux situations différentes, ce qui nous fait 8 situations en tout. On voit que les plans des orbites de la Terre et de la Lune sont inclinés l'un par rapport à l'autre et de façon inverse, ce qui est une des causes du phénomène que nous discutons ici.

Chaque situation est repérée par un chiffre de 1 à 8. Celles référencées de 1 à 4 s'appliquent au phénomène éclipse que je viens de commenter. Les situations 1 et 3 correspondent aux situations d'éclipse possibles.

On voit bien que la largeur importante du cône d'ombre porté par la Terre favorise les éclipses totales qui peuvent durer plusieurs heures, c'est-à-dire le temps qu'il faut à la Lune pour traverser le cône d'ombre de la Terre (9200 Km de diamètre), dans les conditions les plus favorables (Elles dépendent de la distance de la Terre au Soleil, de la Lune à la Terre, de l'angle que fait la Lune avec la ligne des nœuds au moment de l'immersion, et de sa hauteur par rapport à l'écliptique).

Mais il arrive fréquemment que ces conditions ne soient pas totalement remplies et l'éclipse n'est alors que partielle. Dans certain cas, elles ne sont satisfaites que pendant un temps très bref, ou seulement sous un certain angle de vu. Dans ce cas l'éclipse est totale, pour certains observateurs, et partielle pour d'autres. Dans les positions 2 et 4, l'ombre de la Terre passe très au-dessus ou au-dessous de la Lune et aucune éclipse n'est possible.

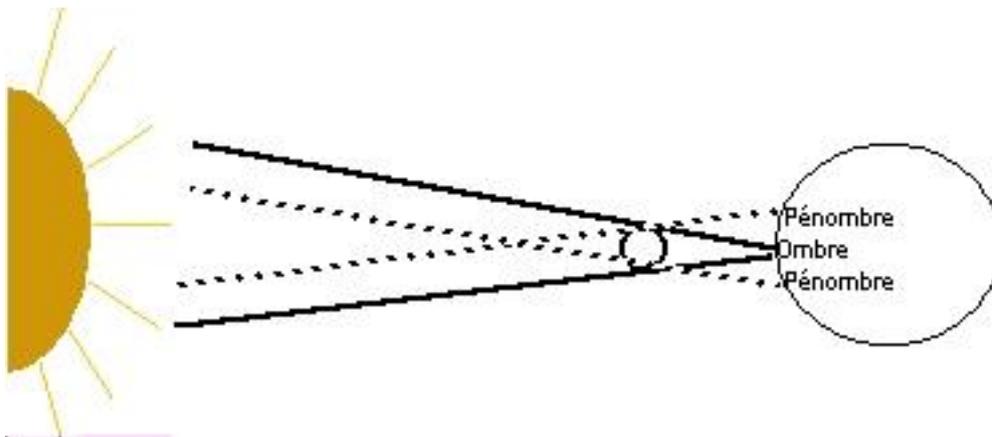
Maintenant, qu'en est-il de l'occultation du Soleil ? Certain prétendent que le spectacle, que nous offre la nature, ne doit rien au hasard. Ils argumentent sur une particularité, à priori étonnante, pour justifier cette conviction quasi mystique. Il se trouve que le diamètre du Soleil est 400 fois plus grand que celui de la Lune, et que la Lune est environ 400 fois plus proche de nous que le Soleil. Ceci est approximatif car, ces distances dépendent de la position de chaque astre sur l'ellipse de son orbite par rapport à son barycentre, situé presque au centre du Soleil pour ce qui concerne la Terre, et à quelque 1700 kilomètres sous nos pieds, pour ce qui est de la Lune.

Je conteste le miracle pour deux raisons. Il n'est pas nécessaire que la Lune soit 400 fois plus proche de nous. Ceci est une condition minimum, si elle était plus près encore, cela n'en serait que mieux et les temps d'occultation n'en seraient que plus longs et l'évènement plus probable. Même remarque pour ce qui concerne le diamètre du Soleil. S'il était plus petit, il s'occulterait plus facilement. De plus, il vivrait plus longtemps et nos successeurs... dans quelques milliards d'années, en seraient certainement très heureux... mais cela est une autre histoire. Enfin, j'ajouterai qu'en raison des effets de marées dont ce n'est pas le propos ici, les lois de conservation du mouvement éloignent la Lune de la Terre de près de 4 cm par an (en ce moment) et qu'à ce rythme, dans moins de 650 millions d'années, s'en sera fait des occultations, la Lune sera trop loin pour que le phénomène puisse encore se produire. Nos descendants, si nous ne nous sommes pas autodétruits d'ici là, regarderont, au coin du feu, les jolies photos que nous avons faites de ces phénomènes. Pour toutes ces raisons, je pense qu'il n'y a pas de conditions si extraordinaires que cela, et si on considère qu'elles le sont, ce n'est encore que provisoire.

Il faut d'abord noter qu'une occultation du Soleil ne peut se produire qu'à la nouvelle Lune, de la même façon qu'une éclipse ne peut se produire qu'à la pleine Lune. Les situations 5 et 7 de la figure précédente correspondent au phénomène d'occultation. La situation 5, depuis le lieu d'observation situé légèrement "au-dessus" du système Solaire, permet de bien appréhender les mille nuances que peut présenter une occultation.

L'orbite de la Lune étant une ellipse caractérisée par son excentricité, actuellement égale à 0,055, elle peut se trouver à une distance variable de la Terre au moment de l'alignement permettant l'occultation. Le cône d'ombre de la Lune, coupé par la surface de la Terre, peut donc être tronqué à une distance plus ou moins importante de son sommet. Il en résultera une différence de diamètre de la zone de Terre couverte par l'ombre. Au mieux, l'ombre de la Lune ne peut atteindre que 300 Km de large contre 9200 pour celle portée par la Terre dans le cas de l'éclipse. Il y a cependant des exceptions lorsque l'occultation est rasante aux Pôles. Dans ce cas, l'ombre peut, un bref instant, être étendue sur des distances bien plus grandes. Malheureusement, il n'y a que les pingouins pour en profiter.

Les observateurs qui se trouvent à l'intérieur de cette zone verront le Soleil totalement occulté. Ceux qui se trouvent à l'extérieur de cette zone, verront une occultation partielle à 99% pour ceux qui en sont les plus proches, puis, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone centrale, la portion de Soleil occultée diminuera de plus en plus, jusqu'à ce qu'il ne soit plus du tout occulté, passé une certaine distance. En vérité, enveloppant le cône d'ombre qui converge vers la Terre, depuis la Lune, il se développe un autre cône, dit de pénombre, divergent celui-là, depuis l'intérieur duquel on observe une occultation partielle.



La variation de distance entre la Terre et la Lune et celle entre la Terre et le Soleil a pour conséquence de faire varier le diamètre apparent des deux astres. Celui de la Lune peut ainsi prendre n'importe quelle valeur entre 29,3 et 33,5 minutes d'arc et celui du Soleil entre 31,5 et 32,5 minutes d'arc. On voit que toutes les combinaisons possibles de taille de l'un et de l'autre nous promet autant de combinaisons d'éclipses et d'occultations que l'on peut en imaginer. Il serait vain de vouloir calculer toutes les dimensions et formes que peut prendre la tâche d'ombre de la Lune sur la Terre, mais on peut tout de même calculer les cas théoriques extrêmes, sans même savoir s'ils se produiront un jour.

Si l'ombre de la Lune à la surface de la Terre est un cercle, on verra plus loin que c'est un cas particulier... plutôt rare, son diamètre sera au maximum de 270 Km. Quand la Lune est au périgée, son cône d'ombre, s'il n'était arrêté par la surface de la Terre, s'étendrait jusqu'à 23000 km au-delà du centre de la Terre. Inversement, lorsque la Lune est à l'apogée, la pointe de son cône d'ombre n'atteint pas la Terre puisqu'il s'arrête à 34000 Km au-dessus de nos têtes. Que voyons-nous dans ce cas ? Ce que l'on appelle communément une "éclipse annulaire" mais qui

est, bien sûr, une occultation annulaire. Le disque noir de la Lune occulte la partie centrale du Soleil et nous offre l'image d'une alliance flamboyante.

Toujours sur la situation 5, nous pouvons voir que le lieu "d'impact" de l'ombre de la Lune sur Terre dépend de sa trajectoire (en quelque sorte, à l'horizontal), mais aussi de sa hauteur par rapport à l'écliptique. Selon l'angle sous lequel le cône d'ombre de la Lune est tronqué par la surface de la Terre, la tache au sol est une ellipse plus ou moins allongée, ce n'est donc que fortuitement un cercle. Mieux encore, si l'on doit tenir compte de l'incidence du rayon polaire sur le rayon équatorial de la Terre, c'est même plutôt un œuf que l'observateur situé quelque part dans l'espace peut voir dessiné sur la Terre par l'ombre de la Lune, mais ne cherchons pas de poils aux œufs.

La situation 7 est similaire à celle que je viens de décrire pour la situation 5 et se produit sensiblement 6 mois plus tard dans des conditions semblables. Quant aux situations 6 et 8, on voit très clairement que les cônes d'ombre de la Lune passent soit au-dessus, soit au-dessous de la Terre, et de la même façon que nous avons montré que les éclipses n'étaient pas possibles dans ces conditions, les occultations ne le sont pas plus.

Les moments cruciaux de ces phénomènes sont lorsque la Lune traverse l'écliptique en franchissant la ligne des nœuds. Passant du Sud au Nord, on dit qu'elle passe le nœud ascendant, et lorsqu'elle passe du Nord au Sud, on dit qu'elle passe le nœud descendant. Il faut aussi savoir que la ligne des nœuds n'est pas fixe sur l'écliptique, ce serait trop simple. Elle rétrograde d'environ  $19^\circ$  par an ce qui fait qu'elle retrouve la même position au bout de 18 ans. Ainsi, les mêmes situations d'éclipses et d'occultations apparaissent de façon cyclique tous les 18 ans et 11 jours exactement, mais avec quelques différences dans la latitude et la longitude des lieux ainsi que dans la durée du phénomène et ses limites début et fin. Elles ne sont donc pas rigoureusement identiques à l'intérieur de cette période car les cycles des paramètres conditionnant éclipses et occultations ne sont pas des multiples entiers les uns des autres. Ainsi, rien que pour l'orbite de la Lune, prise isolément, il faut tenir compte de trois cycles distincts, Le cycle de lunaison, le cycle draconitique et le cycle anomalistique (3).

En regardant attentivement la première figure, vous avez certainement observé qu'à la 1/2 période orbitale de la Lune, la nature nous gratifiait d'une éclipse, puis d'une occultation (ou l'inverse) du Soleil à 14 jours d'intervalle. Ce phénomène binaire (sauf exception où, pour l'un des deux évènements, les conditions nécessaires ne sont plus, ou pas encore, satisfaites) se produit donc deux fois par an avec un léger décalage d'une année sur l'autre. Ce décalage se traduit chaque année par une avancée de 20 jours par rapport à la précédente en raison de la rotation de la ligne des nœuds.

Pour terminer, sachez que, le 11 août, l'ombre de la Lune, dans la zone couverte, arrivera par l'Ouest, à la vitesse impressionnante de 2800 Km/h (4) et traversera donc la France de Fécamp à Lauterbourg en passant par Noyon, Laon, Vouziers et Metz, ce qui définit la ligne de centralité. Le contact s'établira à Fécamp à midi vingt (heure locale), très précisément et quittera le territoire pour l'Allemagne, 12 minutes plus tard. Mais, ne vous inquiétez pas... derrière, l'herbe repousse.

Le spectacle de l'occultation de notre étoile est le plus grandiose qui soit, de plus il est gratuit. En France, nous ne reverrons le même qu'en 2081, ne l'oubliez pas.

Le 11 août 1999, 2 minutes 12 secondes de frissons pour nous, 2 minutes 12 secondes de terreurs pour nos ancêtres lointains. Où serez-vous le 11 août 1999 ? Moi, je serai à Chauny, dans l'Aisne pour 2 minutes 12 secondes de sensations fortes (2 minutes 7 secondes à Fécamp et 2 minutes 17 secondes à Lauterbourg). Mais si vous saviez ce que je m'en veux d'être venu au monde si tôt... Il y aura une occultation totale de 7 minutes et 14 secondes le 25 juin 2150 !! (5)

Serge Rochain,

(1) Lorsqu'un astre, sur sa trajectoire, atteint le point le plus proche de son barycentre, on dit qu'il est situé au périastre. Quand il en est au plus loin, il est à l'apoastre. Quand il s'agit d'une planète du système Solaire (aujourd'hui, il faut commencer à le préciser, car nous en connaissons une trentaine d'autres, à l'heure où j'écris ces lignes), on parle de périhélie et d'aphélie. Plus particulièrement encore, lorsqu'il s'agit d'un satellite de la Terre (Lune ou artificiel), on parle de périégée et d'apogée. Par extension, on utilise aussi ces termes pour les satellites des autres planètes.

(2) La première mesure de distance utilisée en astronomie est paradoxalement une mesure angulaire. Ainsi, on ne dit pas que le diamètre du Soleil est de xxx Km mais qu'il est de 30', sous-entendu 30 minutes de degrés d'angle. Même chose pour la taille d'une nébuleuse ou d'une galaxie que l'on observe au télescope. Il est certain que ce type d'unité de mesure n'est valable que depuis la Terre. Un reste de géocentrisme, sans doute... Mais cela est tout de même bien pratique. L'astronome est au centre de l'Univers, entouré d'une sphère céleste de 360° dans toutes les directions. La seconde unité utilisée est l'UA, ou Unité Astronomique. Son usage est restreint aux distances dans le système Solaire. L'UA est la distance moyenne entre la Terre et le Soleil qui est égale à 149 597 870 Km. Nous sommes exactement à cette distance du Soleil le 3 avril et le 4 octobre... si vous voulez vous donner la peine de vérifier. La troisième unité est l'AL, ou Année de Lumière. Le terme d'Année-Lumière est impropre, bien que très employé (comme pour l'éclipse de Soleil). C'est la distance qui est parcourue par la lumière durant le temps d'une année terrestre.

$1 \text{ AL} = 9\,460\,536 \text{ millions de Km} = 63240 \text{ UA}$

La quatrième unité est le Parsec. Le Parsec est la distance depuis laquelle un observateur verrait le rayon de l'orbite terrestre sous un angle de 1". Cette unité qui est pourtant du même ordre que l'année de lumière puisqu'elle vaut un peu plus de 3,26 AL est la plus utilisée pour les grandes distances en astronomie. Elle sert de point commun entre des estimations de distances obtenues par des méthodes d'analyse spectrale, ou de magnitudes, et les mesures parallactiques relevant de la géométrie. Ainsi, en astrophysique, de nombreuses formules appliquées sur des informations quantifiées en rapports d'éclats ou en décalages de longueur d'onde donnent-elles, après résolution, un résultat en Parsecs. Ne vous faites pas d'illusions, je vous laisse le soin de calculer la valeur du Parsec à partir de sa définition, et de la valeur de l'UA indiquée plus haut.

(3) Le cycle, de 18 ans et 11 jours, qui permet de retrouver presque exactement les mêmes conditions d'éclipse et d'occultation à cette fréquence, s'appelle le SAROS et relève d'une alchimie qui cherche à trouver un commun multiple aux différents protagonistes qui interviennent dans la concrétisation du phénomène.

Nous avons la lunaison qui conditionne la Position de la Lune dans sa phase par rapport à la Terre, car nous avons vu que pleine Lune et nouvelle Lune étaient des conditions nécessaires

pour chacun des deux phénomènes. La Lunaison est donc la durée qui sépare deux pleines Lunes, par exemple, et qui dure 29,5306 jours.

Nous avons le cycle draconitique, qui conditionne le temps entre deux passages de la Lune en un même point d'intersection de son orbite avec le plan de l'écliptique et dont le mois dure 27,2122 jours. Cette période est légèrement différente du mois Lunaire sidéral (27,32 jours), car la droite d'intersection du plan de l'orbite Lunaire avec l'écliptique (ligne des nœuds) effectue une rotation complète en 18 ans comme discuté plus haut dans le texte. Ce nom de draconitique vient de ce que dans la mythologie Chinoise, le Dragon dévorait le Soleil à l'occasion d'une occultation (ce devait tout de même lui paraître pimenté), et n'a donc rien à voir avec la constellation du même nom.

Nous avons le cycle anomalistique qui conditionne la hauteur occupée par la Lune sur son orbite. C'est le cycle de rotation de la ligne des apsides d'une orbite. C'est-à-dire la ligne qui joint le périastre à l'apoastre. Le mois anomalistique est le temps qui sépare deux positions successives de la Lune, par exemple au Périgée. Il dure 27,55455 jours.

Chacun de ces cycles peut être multiplié par un nombre de périodes, de telle sorte que nous obtenions un produit commun, à un pouillième près. Ceci permet, à ce super cycle, de retrouver les mêmes séries de phénomènes d'un cycle sur l'autre.

Il se trouve que 223 lunaisons ont pratiquement le même nombre de jours que 242 mois draconitiques et 239 mois anomalistiques.

Nous avons donc :

$223 * 29,5306 \text{ jours} = 6585,32 \text{ jours}$  pour les lunaisons;

$242 * 27,2122 \text{ jours} = 6585,35 \text{ jours}$  pour les nœuds draconitiques;

$239 * 27,5546 \text{ jours} = 6585,55 \text{ jours}$  pour les variations de hauteur sur la pente orbitale.

Vous pouvez diviser n'importe lequel des trois produits par 365,2422, qui est le nombre de jour de notre année, comme vous le savez, et vous trouvez 18 ans et plus de 10 jours mais moins de 11, et vous réinventez le très mystique saros des Babyloniens. CQFD !

(4) Si vous pouvez observer l'occultation du Soleil le 11 août depuis un lieu offrant un horizon très dégagé vers l'Ouest, vous verrez fondre sur vous (pourvu qu'il fasse beau), une ombre impressionnante, à la vitesse fulgurante de 2800 Km/h.

La Lune orbite autour de la Terre à une distance telle que sa vitesse linéaire est de 3400 Km/h dans le sens direct, c'est-à-dire d'Ouest en Est. La Terre tourne également et dans le même sens d'Ouest en Est, à une vitesse angulaire générale d'un tour en 24 heures. En revanche, la vitesse linéaire de chaque point de sa surface dépend de sa latitude. À la hauteur où se situe l'évènement sur le territoire Français, la trajectoire commencera un peu au-dessus de  $49,5^\circ$  pour en sortir un peu au-dessous de  $49^\circ$ .

À cette latitude, la vitesse linéaire de la surface terrestre est de 600 Km/h à déduire de la vitesse linéaire de la Lune. Il en résultera une vitesse d'ombre au sol de 2800 Km/h.

(5) 7,5 minutes est la durée maximale d'une occultation totale de Soleil. Il faut aussi savoir qu'il y a en moyenne, par an, 2,3 occultations de Soleil pour 1,5 éclipses. Cependant, si on inclut les éclipses par la pénombre, durant un saros il y a le même nombre d'éclipse que d'occultation de Soleil. Nous avons 14 éclipse dans chaque catégorie, pénombre, partielle, et totale ce qui fait 42 en tout. Pour les occultations, nous avons 14 partielles, et 28 centrales pouvant être totales ou annulaires, avec des cas de mixité dans la durée du phénomène, ou son lieu d'observation, soit également 42.