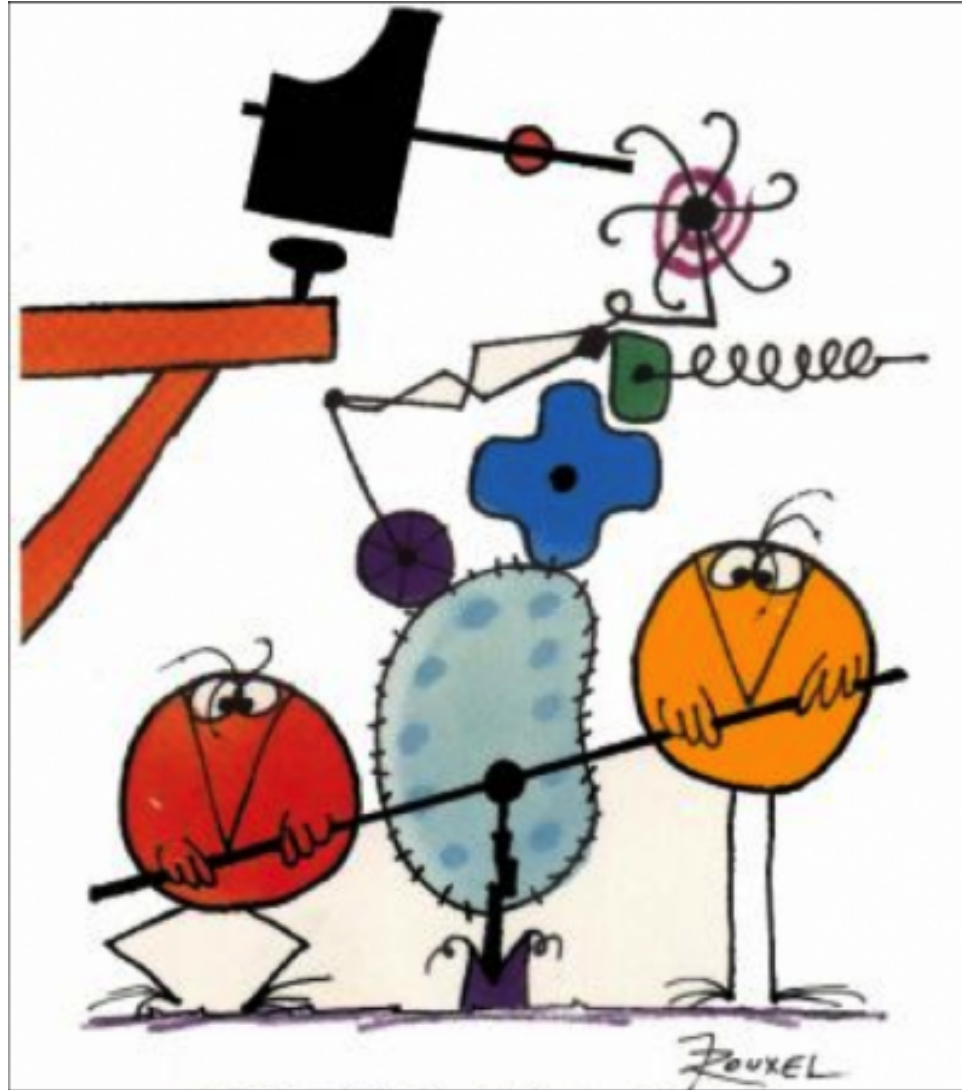


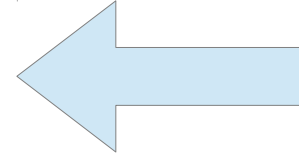
L'orbite de la Lune



Frédéric Paillet, 2015

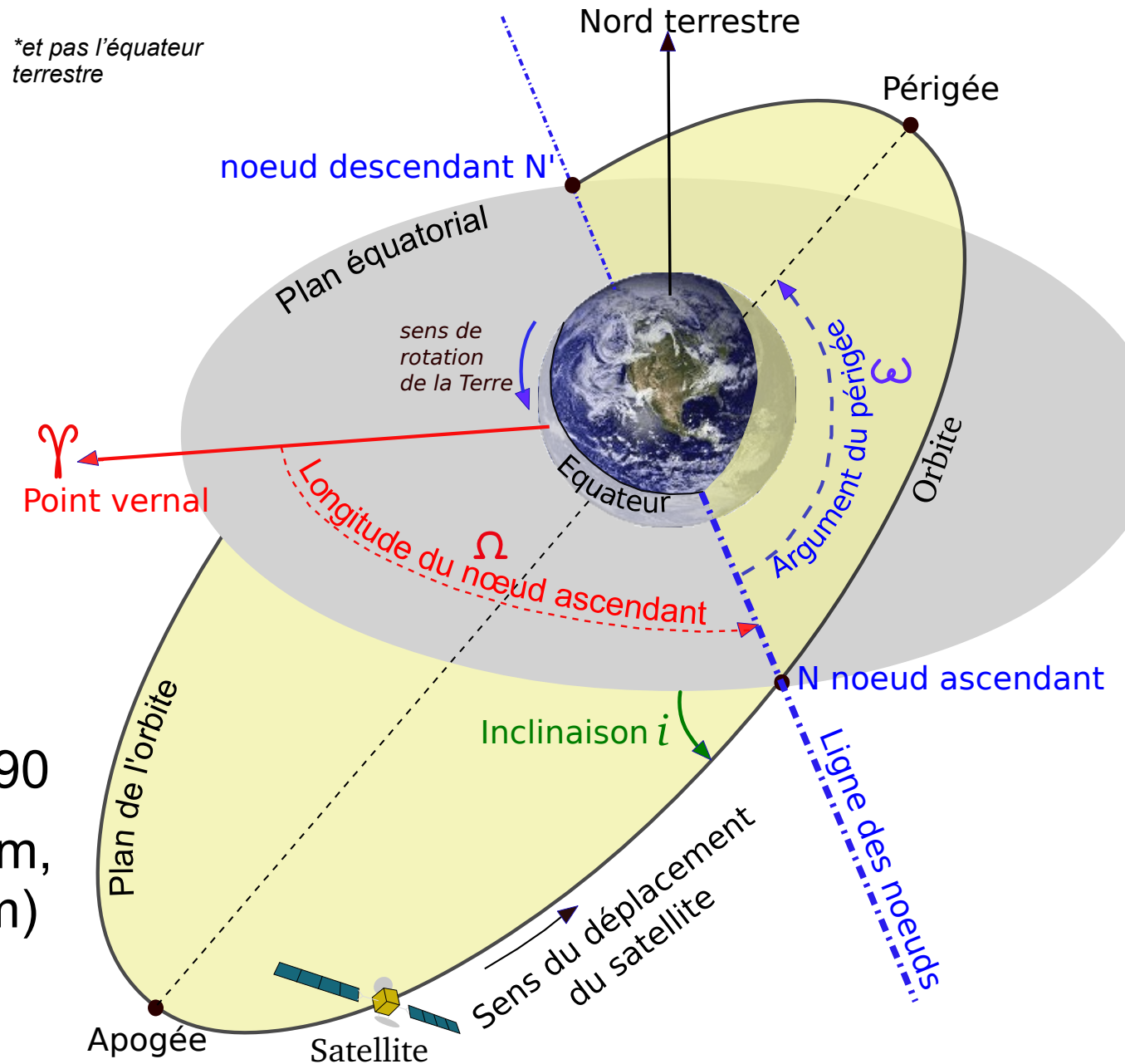
Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

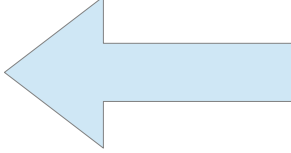


Paramètres orbitaux

- Inclinaison sur **l'écliptique*** : 5.145°
- Nœud ascendant : **variable**
- Demi-grand axe : 384 399 km
- Excentricité : **variable**
 - En moyenne 0.05490
(Apogée 405 696 km, Périogée 363 104 km)
- Argument du périogée : **variable**

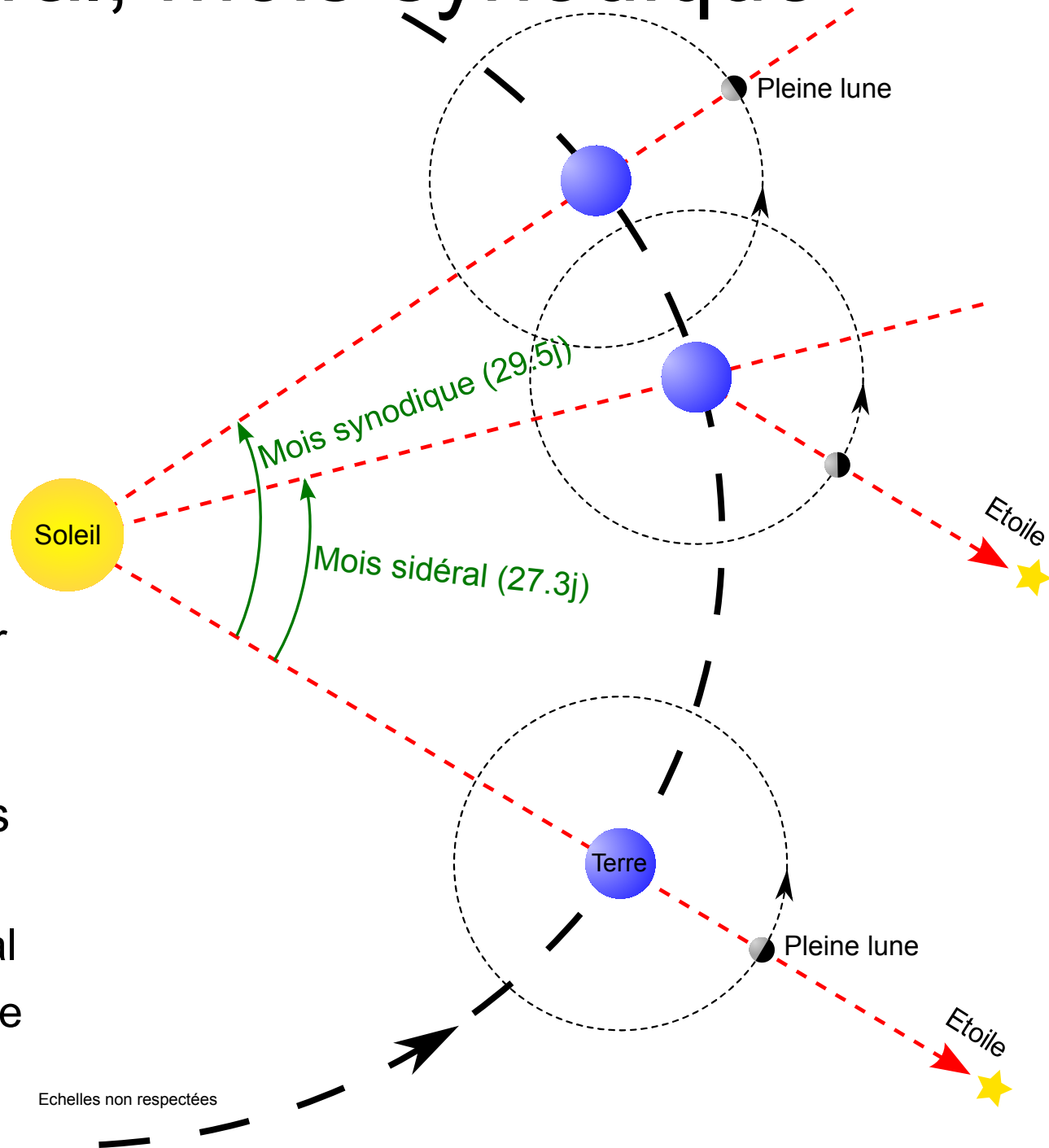


Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique 
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

Mois sidéral, mois synodique

- Les périodes lunaires sont appelées « **mois** » par abus de langage
- **Mois sidéral** : période de révolution de la Lune par rapport aux étoiles fixes (environ 27,3 j)
 - C'est aussi la durée du jour sidéral quand on est sur la lune (période de rotation sur elle-même)
- **Mois synodique** : période entre deux phases lunaires identiques (environ 29,5 j)
 - Plus long que le mois sidéral
 - C'est la notion la plus utilisée couramment



Avec Stellarium

The screenshot shows the Stellarium interface with the Moon selected. The data panel on the left lists various astronomical parameters. A red circle highlights the 'Phase : 1.00' and 'Illumination : 99.9%' values. A red arrow points from this circle to the text '1) Chercher une date de pleine lune'. Another red arrow points from this text to a 'Date et heure' dialog box in the bottom right corner, which shows the date '2015 / 4 / 4' and time '4 : 30 : 43'. The main view shows the constellation Virgo (Vierge) with the star Spica and the Moon (Lune x4) near the ecliptic.

Lune (x4.0)

Type : lune
Magnitude : -12.17
Magnitude absolue : 32.27
AD/DEC (J2000) : 12h32m44.2s/-4°25'18.4"
AD/DEC (de la date) : 12h33m31s-4°30'20"
Longitude/latitude galactique : -65°55'18.9"/+58°07'41.2"
Angle horaire/dec : 2h51m24s/-4°30'20"
Az/Haut : +230°23'18"/+28°21'15"
Ecliptique topocentrique (de la date) : +189°28'19.9"/-0°49'06.8"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.3"
Distance : 0.00267726 UA (400513 km)
Diamètre apparent : +1°59'17.4"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +4°36'13"
Elongation : +175°23'03"
Phase : 1.00
Illumination : 99.9%

Vierge

Spica

Écliptique

Lune (x4)

Écliptique

Date et heure

2015 / 4 / 4 4 : 30 : 43

1) Chercher une date de pleine lune

Terre, Toulouse, 142 m FOV 31.6° 15.7 FPS 2015-04-04 04:30:43

Avec Stellarium

Lune (×4.0)

Type : lune
Magnitude : -11.97
Magnitude absolue : 32.43
AD/DEC (J2000) : 12h33m57.4s/-4°18'10.7"
AD/DEC (de la date) : 12h34m45s-4°23'14"
Longitude/latitude galactique : -65°22'47.2"/+58°17'10.9"
Angle horaire/dec : 11h25m50s/-4°23'14"
Az/Haut : +346°39'56"/-50°02'50"
Écliptique topocentrique (de la date) : +189°42'22.0"/-0°35'22.6"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.3"
Distance : 0.00272406 UA (407513 km)
Diamètre apparent : +1°57'14.5"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +30°55'14"
Elongation : +148°59'59"
Phase : 0.93
Illumination : 92.6%

Vierge

Spica

Écliptique

Lune (×4)

Écliptique

Date et heure

2015 / 5 / 1 11 : 18 : 48

Terre, Toulouse, 142 m FOV 31.6° 46.9 FPS 2015-05-01 11:18:48

2) Avancer de 27j et 7h : la lune est devant les mêmes étoiles, mais n'est pas encore pleine

Avec Stellarium

Lune (x4.0)

Type : lune
Magnitude : -12.14
Magnitude absolue : 32.29
AD/DEC (J2000) : 14h18m22.5s/-11°46'28.5"
AD/DEC (de la date) : 14h19m12s-11°50'41"
Longitude/latitude galactique : -25°46'11.7"/+45°44'52.2"
Angle horaire/dec : 13h58m59s/-11°50'41"
Az/Haut : +47°58'23"/-49°10'48"
Écliptique topocentrique (de la date) : +216°28'27.9"/+1°56'22.2"
Obliquité de l'écliptique (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.3"
Distance : 0.00268507 UA (401681 km)
Diamètre apparent : +1°58'56.6"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +6°36'16"
Elongation : +173°22'41"
Phase : 1.00
Illumination : 99.7%

Vierge

Spica

Corbe

Lune (x4)

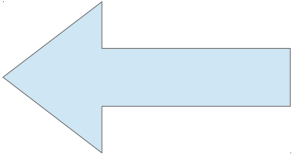
Date et heure

2015 / 5 / 3 15 : 27 : 51

Terre, Toulouse, 142 m FOV 38.3° 16 FPS 2015-05-03 15:27:51

3) Avancer encore de 2j et 5h : la lune est pleine mais plus en face des mêmes étoiles

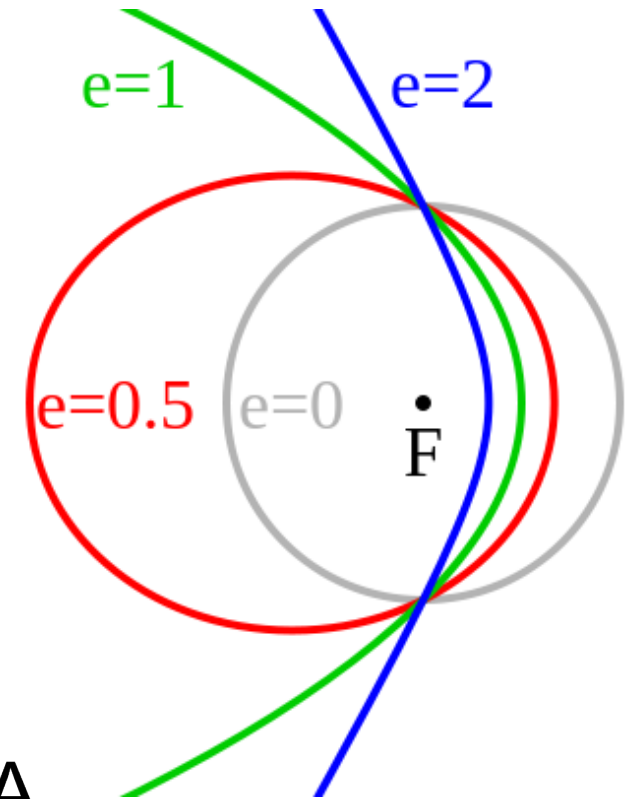
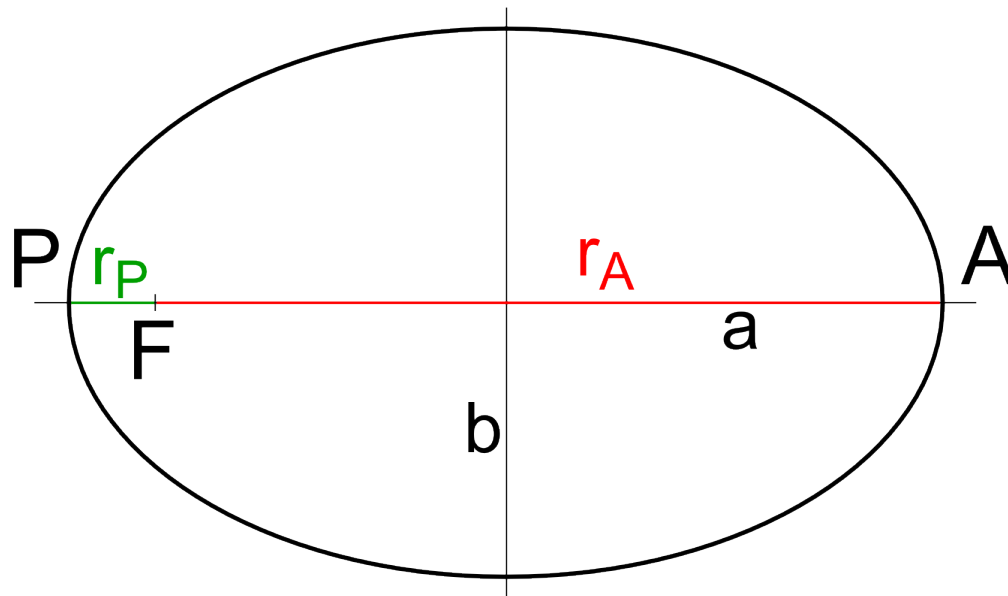
Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité 
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

Excentricité : rappels

- Pour une ellipse, $e < 1$
- Presque un cercle si e petit

$$e = \frac{r_A - r_P}{r_A + r_P}$$
$$r_P = a(1 - e)$$
$$r_A = a(1 + e)$$
$$\frac{r_A}{r_P} = \frac{1 + e}{1 - e}$$



« OrbitalEccentricityDemo » par
ScottAlanHill — English Wikipedia

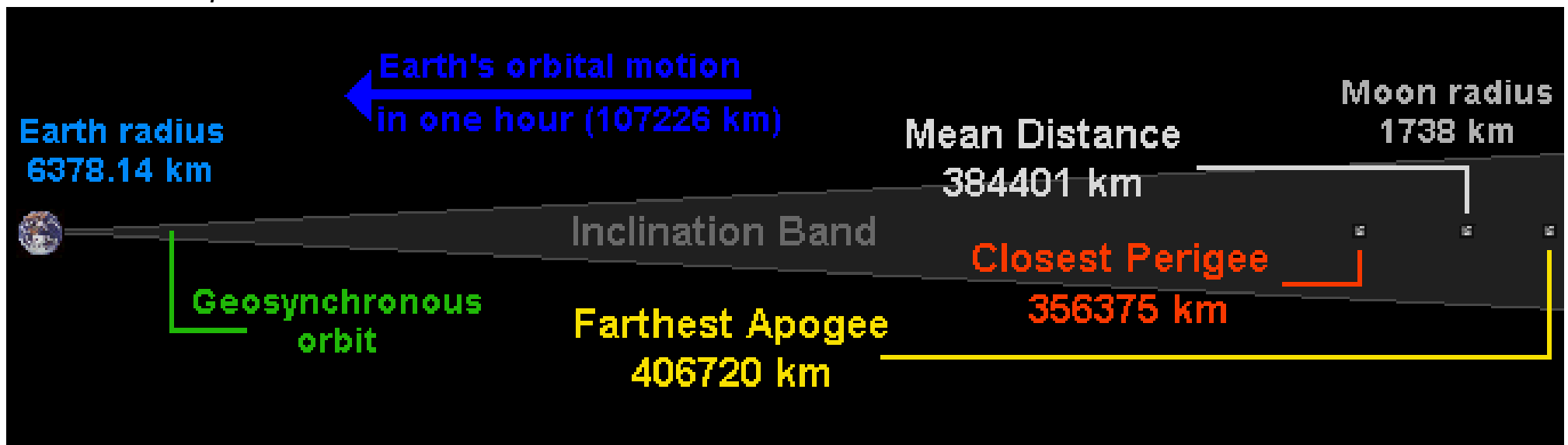
Excentricité

- L'orbite lunaire est elliptique
 - En moyenne $e = 0.05490$
 - Pour cette valeur,
Apogée = 405 696 km
Périgée = 363 104 km

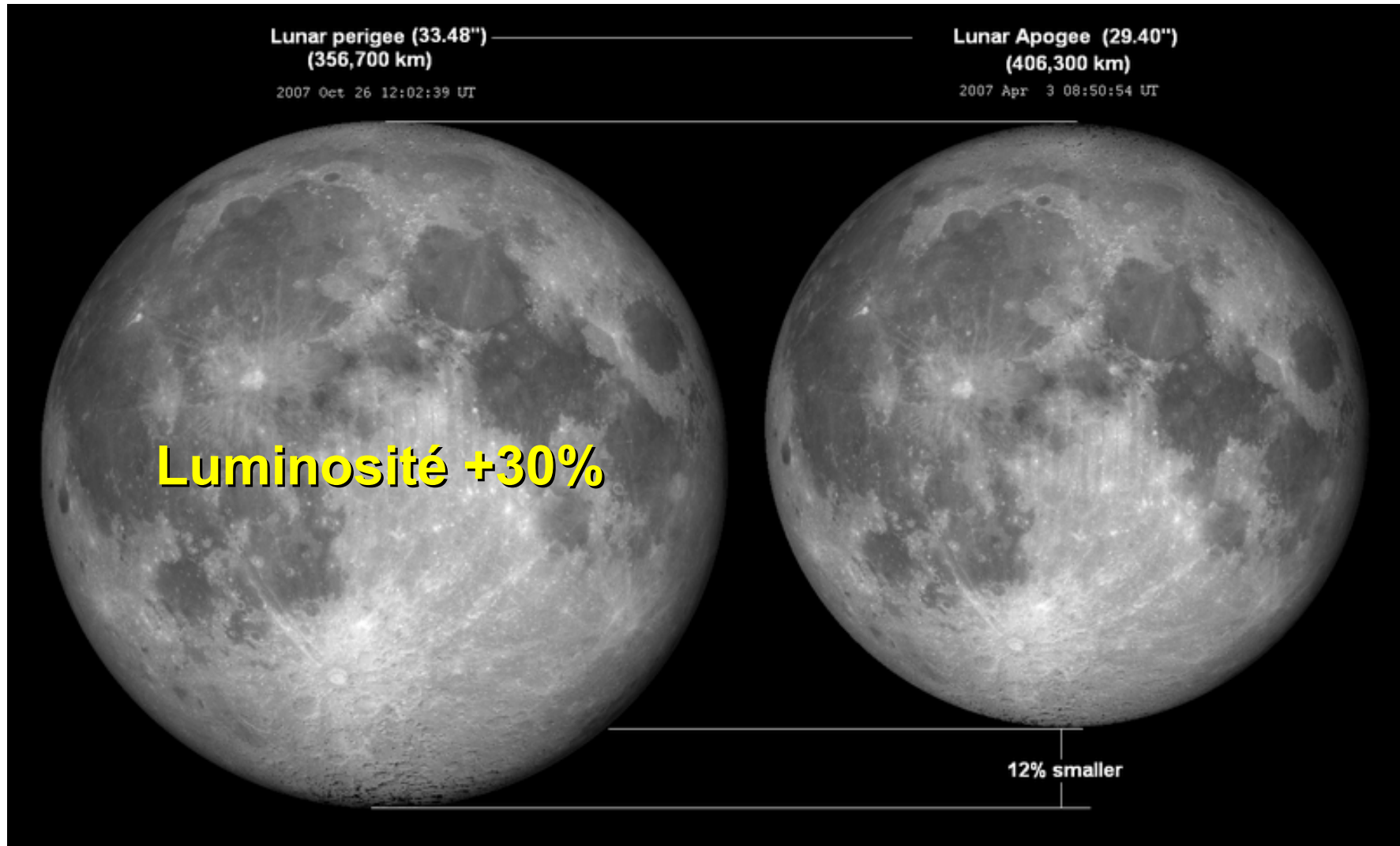
Pour comparer :

• Mercure	0.205
• Vénus	0.007
• Terre	0.017
• Mars	0.093
• Jupiter	0.048
• Saturne	0.054
• Uranus	0.047
• Neptune	0.009

Échelle respectée



Excentricité => variations de taille angulaire et de luminosité

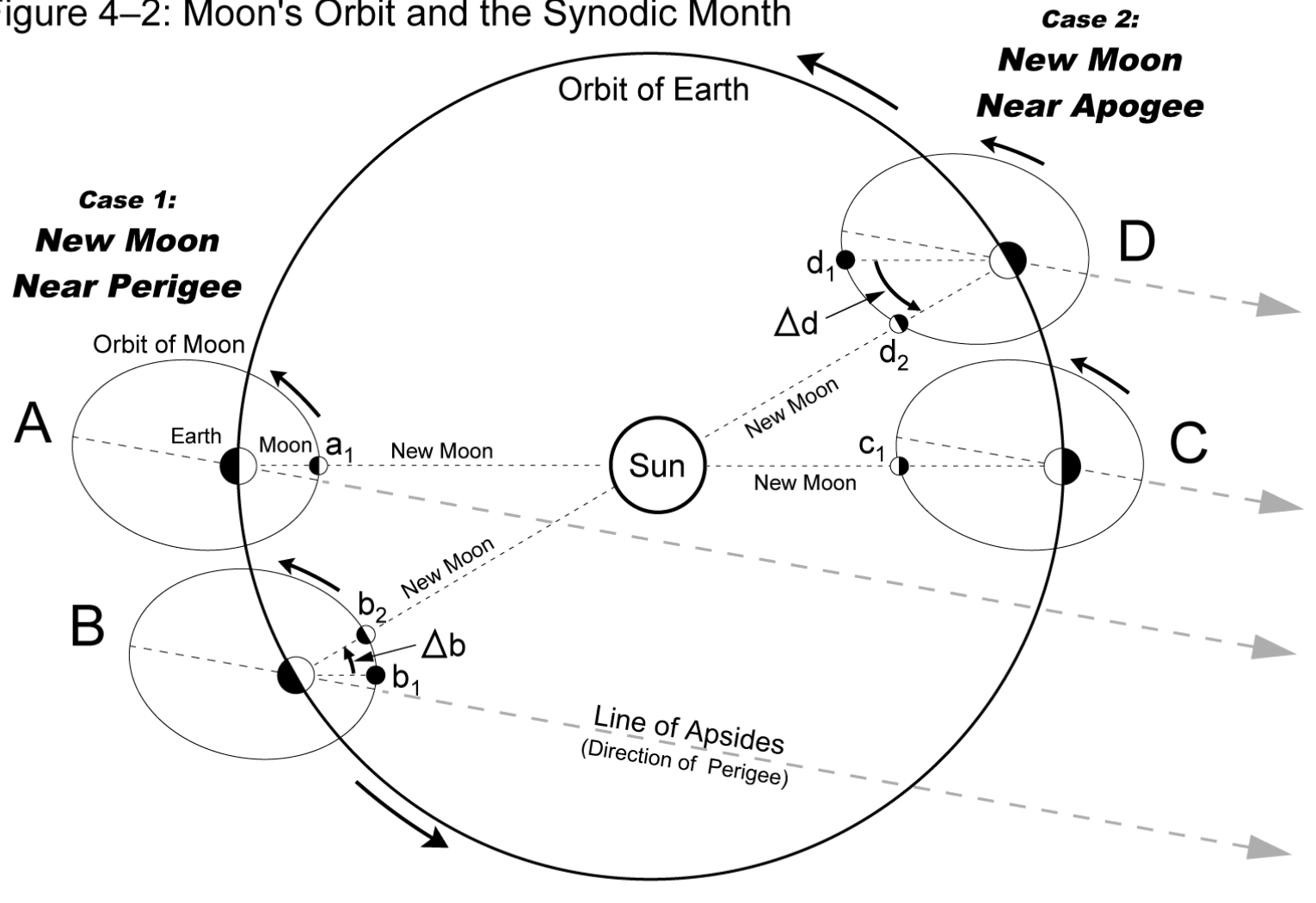


L'excentricité fait varier la durée du mois synodique

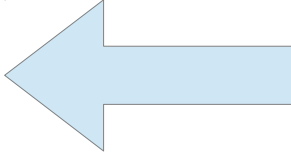
$\Delta b < \Delta d \Rightarrow$ le mois synodique est plus long quand la lune est proche de son apogée (elle va plus vite sur son orbite).

Il varie aussi selon la position de la terre sur son orbite : le mois synodique est plus long quand la terre est proche de son périhélie.

Figure 4-2: Moon's Orbit and the Synodic Month



Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique 
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

Mois anomalistique

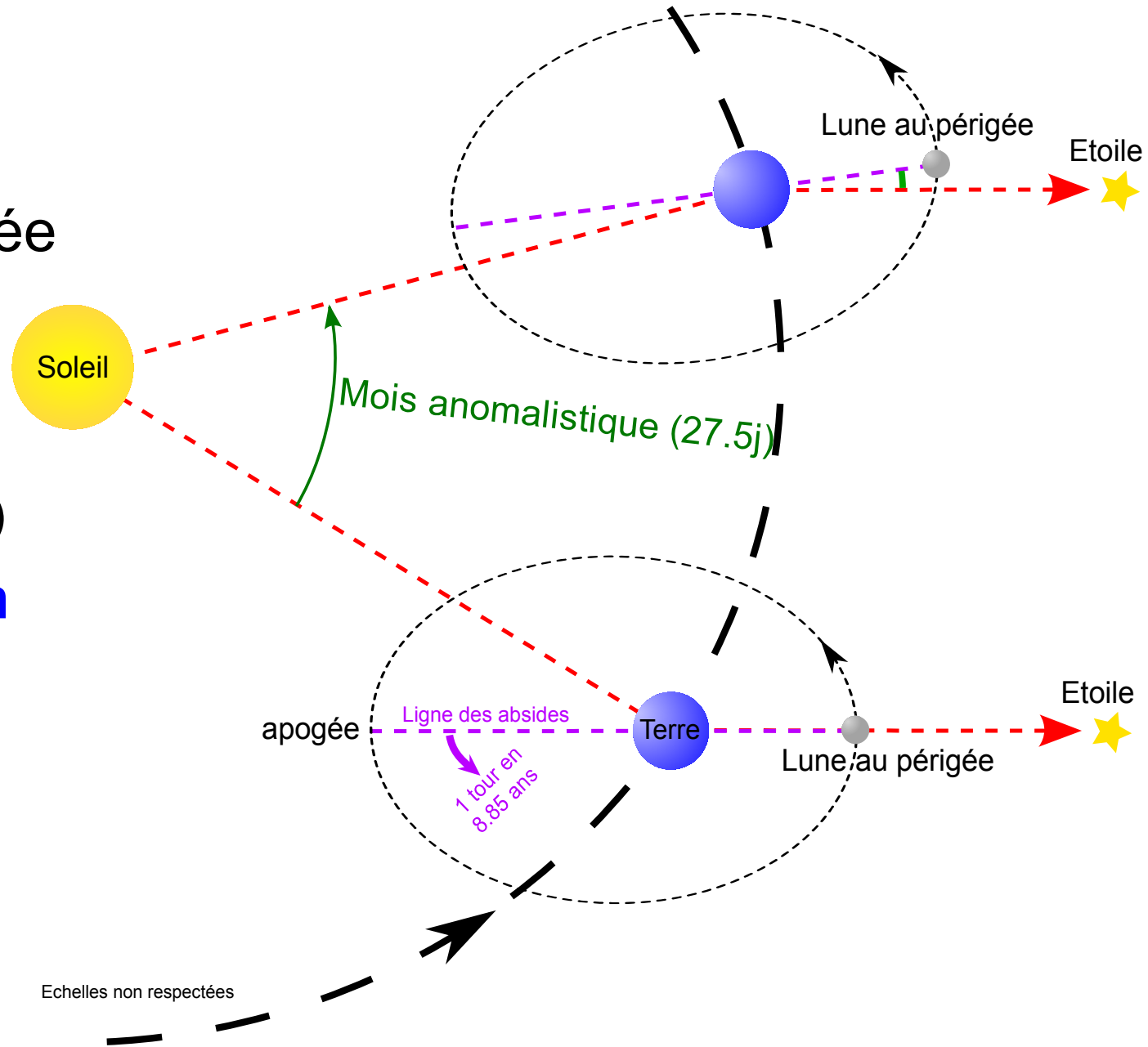
L'**anomalie** est l'angle entre la direction du périégée et la position courante d'un objet sur son orbite

- **Mois anomalistique** : durée entre 2 passages au périégée

- Durée moyenne 27,5j
- Plus **long** que le mois sidéral (27,3j)

- Cause : la **rotation de la ligne des absides** (ligne périégée-apogée)

- En sens direct
- Période 8,85 ans



Avec Stellarium

- Attention : Stellarium indique la distance et le diamètre **apparents** de la lune
 - Ils dépendent de la position de l'observateur
 - Donc de la rotation de la terre sur elle-même
- **Se placer au pôle nord** pour trouver une date de périgée
 - L'observateur ne bouge pas quand la terre tourne
 - Quand la distance est minimale, la lune est au périgée
 - Attention : la distance indiquée n'est pas la distance terre-lune (c'est la distance observateur-lune)

Chercher un périgée

The screenshot shows the Stellarium 0.12.4 interface. On the left, the data panel for the Moon is displayed. A red circle highlights the 'Distance' field, which is 0.00241155 UA (360763 km). A red arrow points from this field to a date and time picker at the bottom right. The picker shows the date 2015-04-17 at 11:00:00. Another red arrow points from the date picker to the text '1) Chercher une date avec la distance minimale (périgée) vu du pôle nord'. The main view shows the Moon, Uranus, and the constellation Poissons. The status bar at the bottom indicates 'Terre, Pôle Nord, 142 m', 'FOV 24.8°', '55.1 FPS', and '2015-04-17 11:00:00'.

Lune

Type : lune
Magnitude : -6.53
Magnitude absolue : 38.13
AD/DEC (J2000) : 0h26m11.3s/+2°04'23.8"
AD/DEC (de la date) : 0h26m58s+2°09'27"
Longitude/latitude galactique : +110°10'12.3"/-60°10'16.9"
Angle horaire/dec : 22h19m33s/+2°09'27"
Az/Haut : +154°53'08"/+2°10'11"
Écliptique topocentrique (de la date) : +7°02'40.7"/-0°41'41.8"
Obliquité (de la date, pour la terre) : 23°26'14.3"
Distance : 0.00241155 UA (360763 km)
Diamètre apparent : +0°33'06.7"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
jour sidéral : 655h43m11.5s
jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +159°56'36"
Élongation : +20°00'34"
Phase : 0.03
Illumination : 3.0%

Poissons

Uranus

Lune

Horizon

Horizon

Écliptique

Date et heure

2015 / 4 / 17 11 : 0 : 0

1) Chercher une date avec la distance minimale (périgée) vu du pôle nord

Terre, Pôle Nord, 142 m FOV 24.8° 55.1 FPS 2015-04-17 11:00:00

Et le périgée suivant

The screenshot shows the Stellarium 0.12.4 interface. On the left, the data panel for the Moon is displayed. A red circle highlights the 'Distance' field, which is 0.00244315 UA (365490 km). A red arrow points from this circle to the text '2) Avancer la date et trouver le périgée suivant'. Another red arrow points from the text '3) Constaté que la lune est plus à l'est (en général...)' to the Moon's position in the star chart. A third red arrow points from the text '2) Avancer la date et trouver le périgée suivant' to the 'Date et heure' control panel, which shows the date 2015 / 5 / 15 and time 11 : 0 : 0. The star chart shows the Moon, Uranus, and the ecliptic line. The horizon is visible at the bottom, and the status bar at the very bottom shows 'Terre, Pôle Nord, 142 m', 'FOV 24.8°', '54.4 FPS', and '2015-05-15 11:00:00'.

Lune

Type : lune
Magnitude : -8.53
Magnitude absolue : 36.10
AD/DEC (J2000) : 1h01m54.0s/+4°52'28.0"
AD/DEC (de la date) : 1h02m42s+4°57'24"
Longitude/latitude galactique : +127°50'25.3"/-57°53'51.2"
Angle horaire/dec : 23h34m13s/+4°57'24"
Az/Haut : +173°33'10"/+4°58'12"
Écliptique topocentrique (de la date) : +16°20'42.4"/-1°35'30.9"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.3"
Distance : 0.00244315 UA (365490 km)
Diamètre apparent : +0°32'41.0"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +141°59'57"
Élongation : +37°54'56"
Phase : 0.11
Illumination : 10.6%

Poissons

Uranus

Lune

Horizon

S

Écliptique

Date et heure

2015 / 5 / 15 11 : 0 : 0

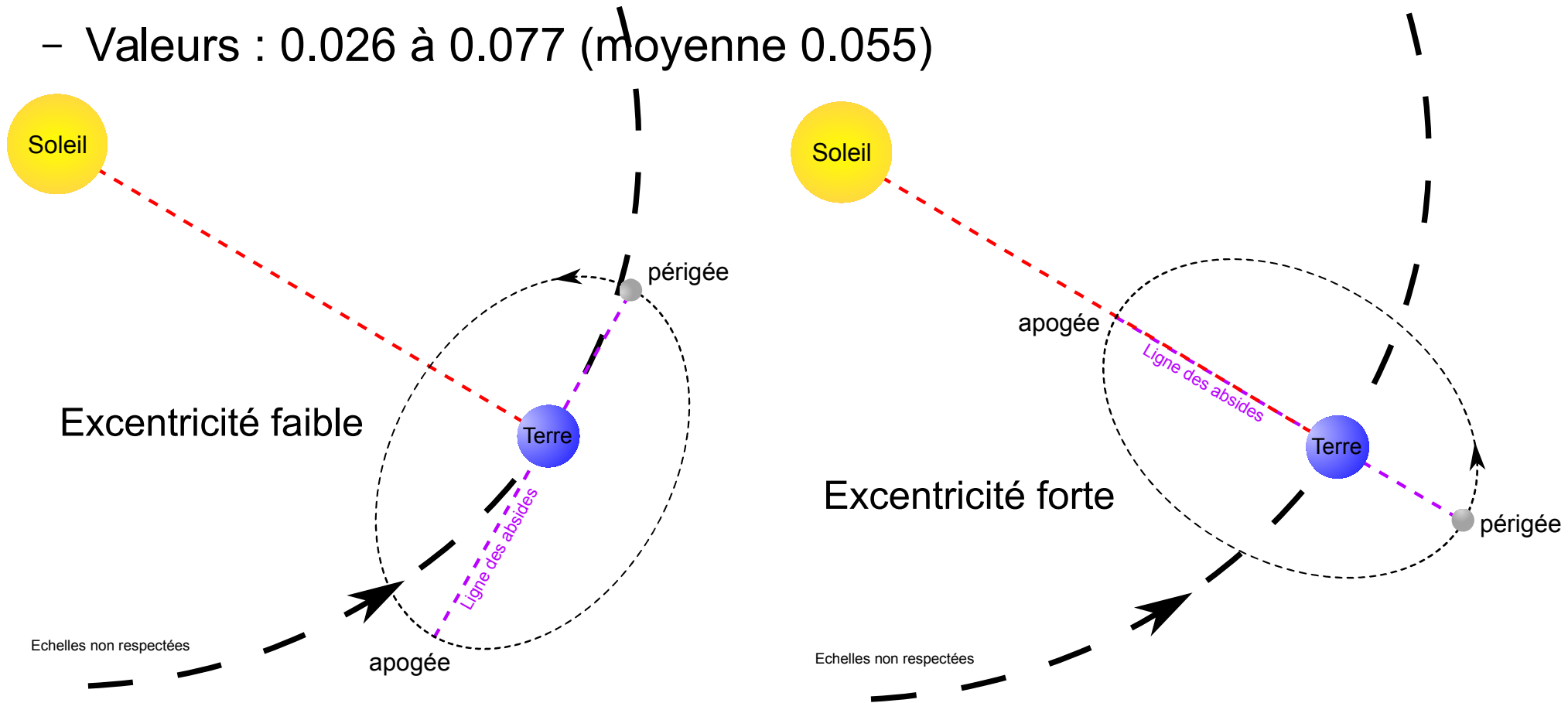
Terre, Pôle Nord, 142 m FOV 24.8° 54.4 FPS 2015-05-15 11:00:00

3) Constaté que la lune est plus à l'est (en général...)

2) Avancer la date et trouver le périgée suivant

En plus l'excentricité varie...

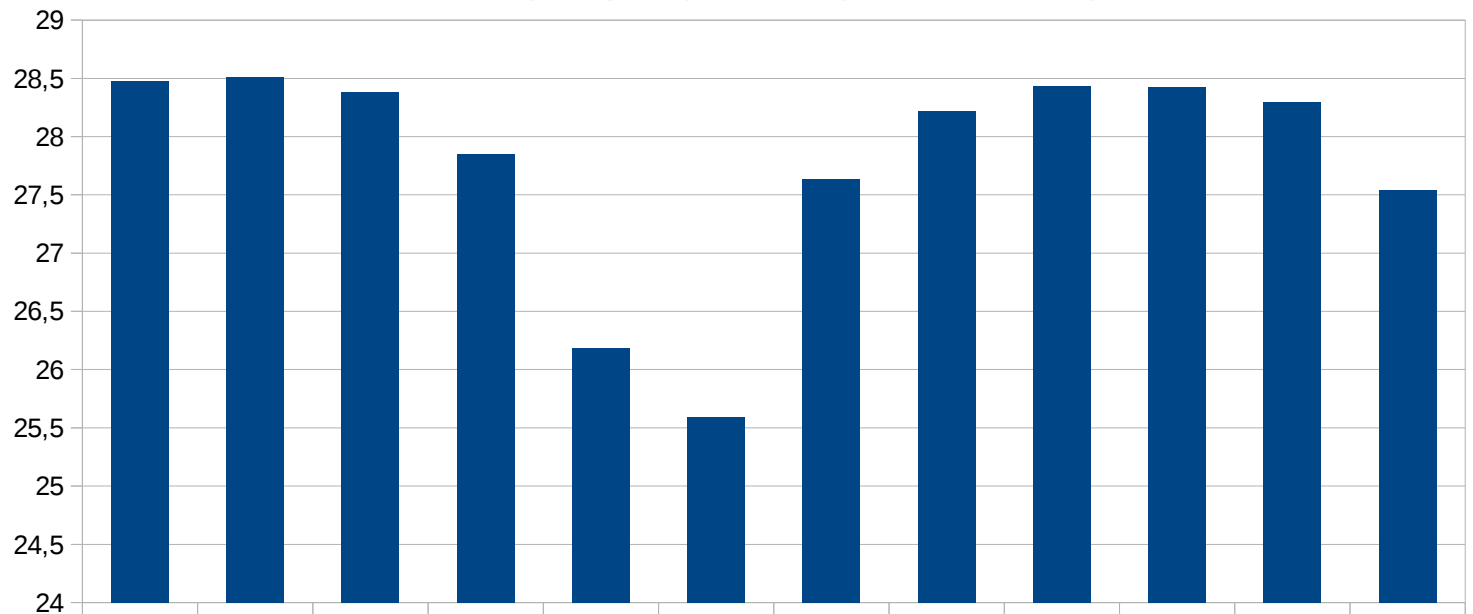
- **L'attraction du soleil fait varier l'excentricité de l'orbite lunaire**
 - Elle est **plus forte** quand **l'axe des apsides est aligné avec le soleil**
 - C'est-à-dire quand les apogées/périgées se produisent près des nouvelles/pleines lunes
 - Valeurs : 0.026 à 0.077 (moyenne 0.055)



Excentricité variable => mois anomalistique variable

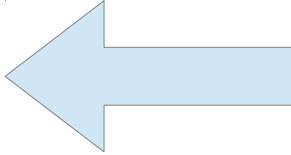
- Sa durée **varie** entre 25 et 28j environ (27,5j est une moyenne)
- Le cas montré avec Stellarium (28j) ne marche pas toujours : **parfois le mois anomalistique est plus court que le mois sidéral** (la lune est plus à l'ouest !)

Durée des mois anomalistiques (jours) en 2015 (données IMCCE)

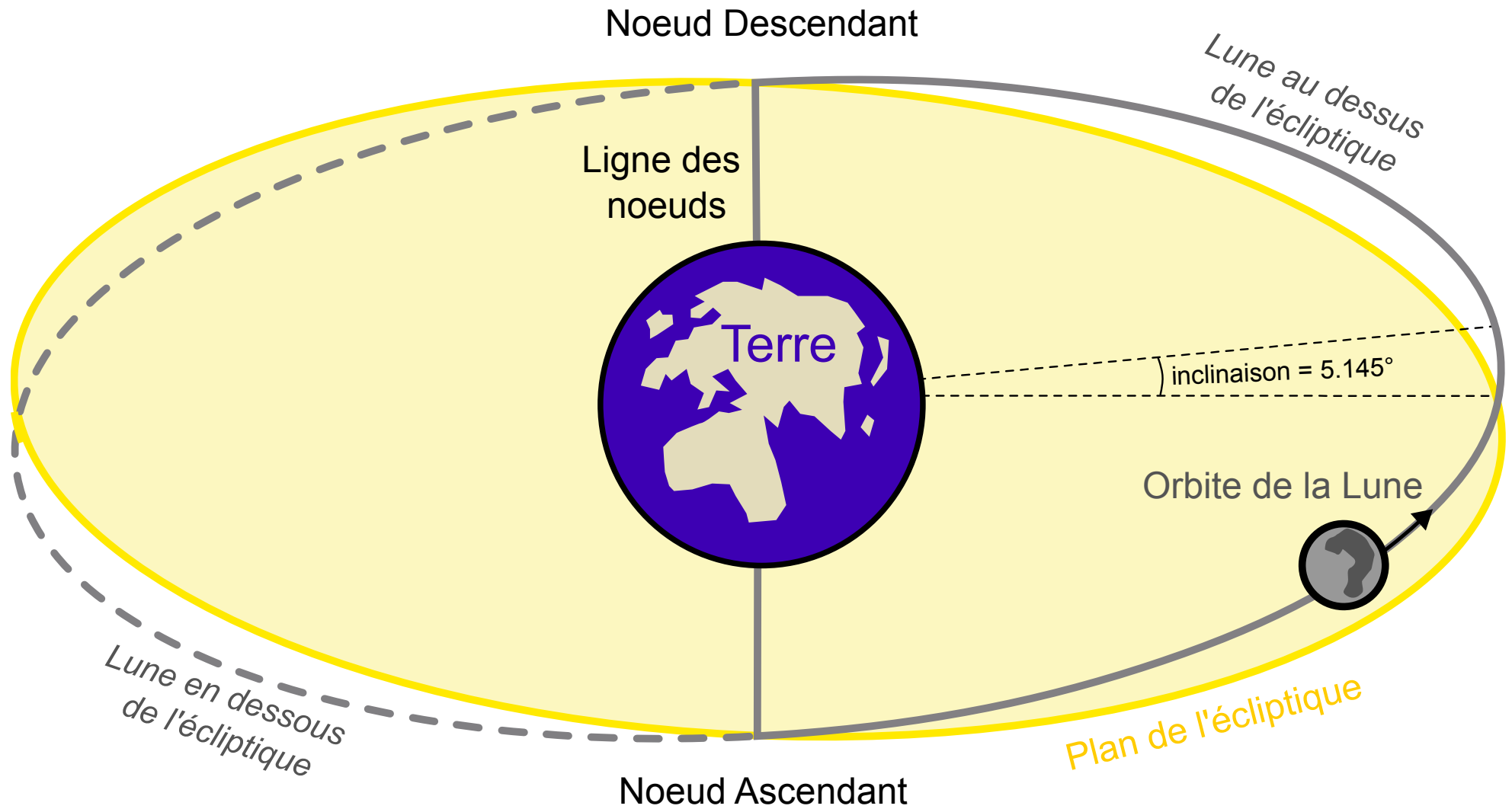


http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phénomènes/phénomènes_annees/phénomènes_2015.php

Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique 
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

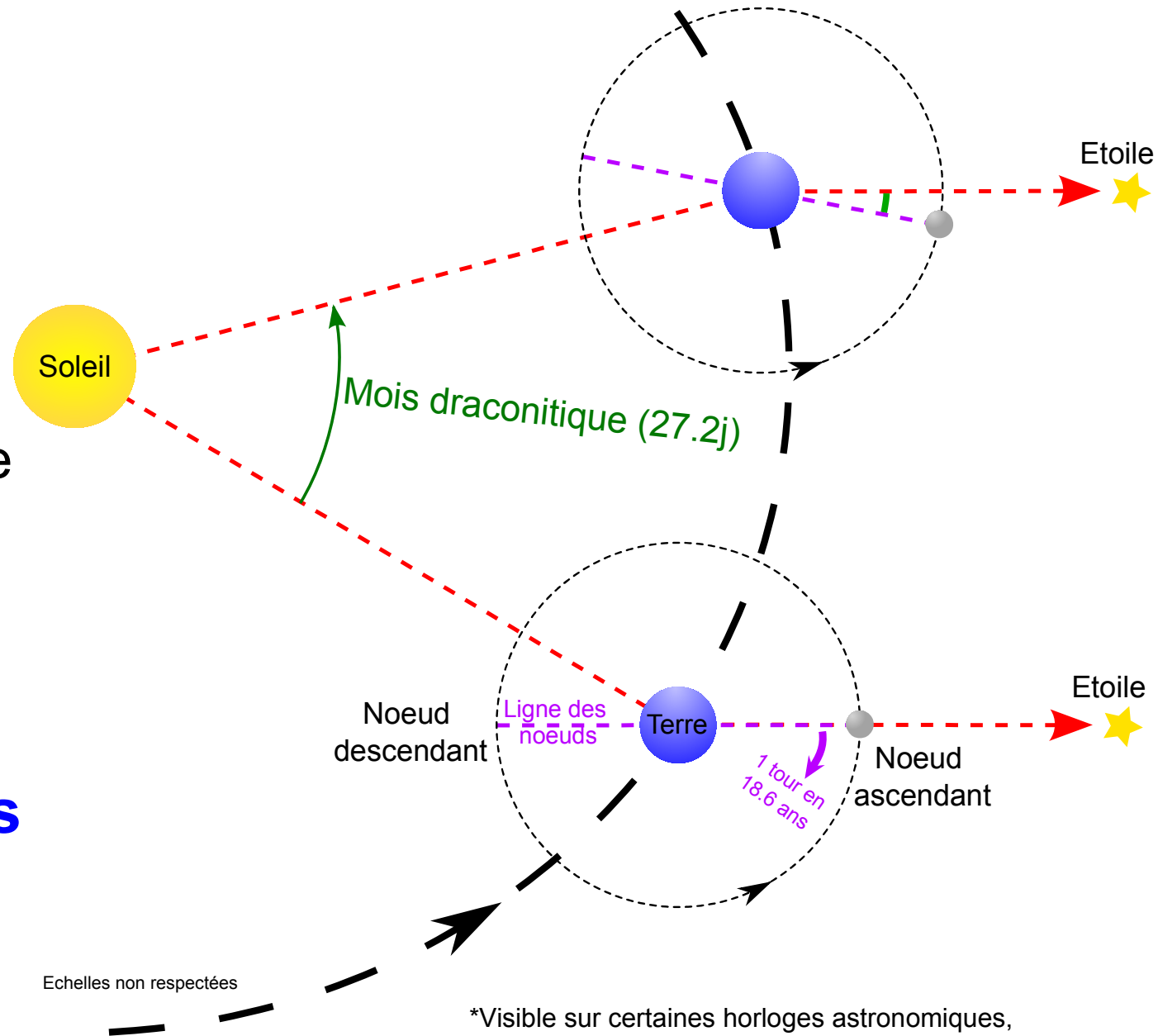
La ligne des nœuds



Mois draconitique

Dans l'astronomie antique, les nœuds lunaires représentaient la tête et la queue du **dragon*** (qui avalait le soleil et la lune au moment des éclipses)

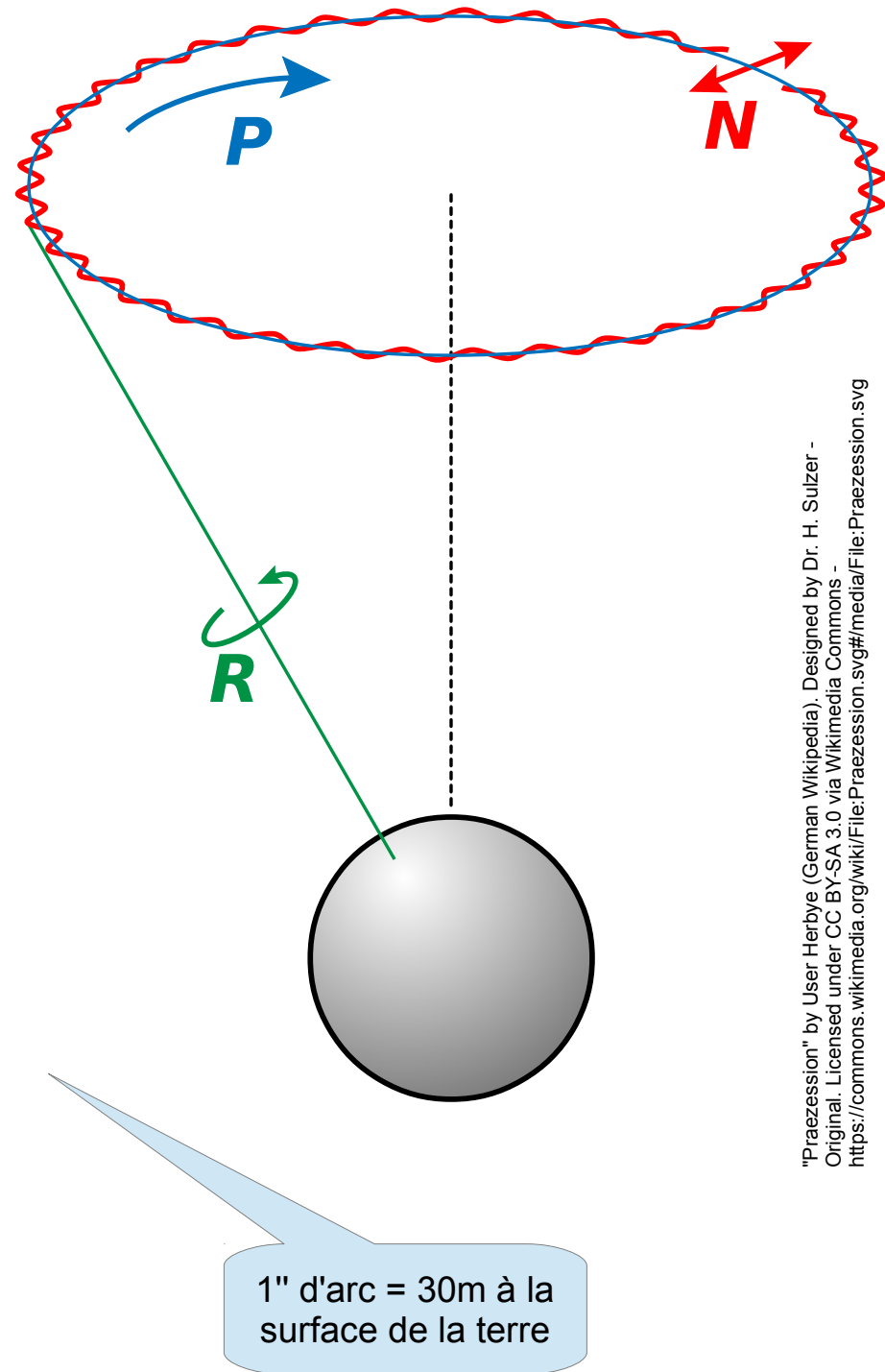
- **Mois draconitique** : durée entre 2 passages au nœud ascendant
 - Durée (27.2j)
 - Plus **court** que le mois sidéral (27.3j)
- Cause : la **rotation de la ligne des nœuds**
 - Sens rétrograde
 - Période 18.631 ans



*Visible sur certaines horloges astronomiques, notamment an Alsace [Wikipedia / Aiguille_du_dragon]

La nutation

- L'axe de la terre oscille à même période que la ligne des nœuds lunaires (18.6 ans)
 - En réalité ce n'est que le terme principal...
- $\pm 17''$ en longitude (retard ou avance sur le point vernal moyen après précession)
- $\pm 9.2''$ en obliquité $\Rightarrow \pm 278\text{m}$ nord-sud pour équateur, tropiques, et cercles polaires
 - C'est le principal effet périodique, auquel s'ajoutent d'autres effets...



Un nœud ascendant avec Stellarium

Lune

Type : lune
Magnitude : -11.71 (extinction à : -10.56)
Magnitude absolue : 32.73
AD/Déc (J2000.0): 12h47m19.31s/-5°29'15.2"
AD/Déc (J2015.4): 12h48m7.09s/-5°34'16.6"
Angle horaire/déc : 4h43m32.63s/-5°30'19.7" (apparent)
Az/Haut : +252°37'34.7"/+9°46'45.1" (apparent)
Longitude/latitude écliptique (J2000.0): +193°01'09.8"/-0°22'33.4"
Longitude/latitude écliptique (J2015.4): +193°14'04.2"/-0°22'35.1"
Longitude/latitude galactique : -58°58'04.6"/+57°22'08.4"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.2"
Distance : 0.002677 UA (400468.080 km)
Diamètre apparent : +0°29'49.7"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +54°01'37"
Élongation : +125°51'02"
Phase : 0.79
Illumination : 79.4%

Latitude écliptique

Nœud ascendant (dans la Vierge en mai 2015)

Afficher l'écliptique et les orbites des planètes

Stellarium 0.13.3

Terre, Toulouse, 150 m FOV 22.8° 15.7 FPS 2015-05-29 03:01:08 UTC+02:00

Et nœud descendant

The screenshot shows the Stellarium 0.13.3 interface. On the left, a data panel for the Moon is displayed. The main view shows the constellation of Pisces with the ecliptic line and the Moon's position. A red arrow points to the descending node of the Moon's orbit, which is located in the constellation of Pisces. The status bar at the bottom indicates the location as Toulouse, France, on May 14, 2015, at 01:16:48 UTC+02:00.

Lune

- Type : lune
- Magnitude : -9.73 (extinction à : -9.29)
- Magnitude absolue : 34.88
- AD/Déc (J2000.0): 23h46m20.01s/-1°07'32.9"
- AD/Déc (J2015.4): 23h47m7.28s/-1°02'26.2"
- Angle horaire/déc : 15h01m1.38s/-1°02'26.2" (apparent)
- Az/Haut : +56°22'30.4"/-31°28'43.2" (apparent)
- Longitude/latitude écliptique (J2000.0): +356°25'03.3"/+0°19'30.5"
- Longitude/latitude écliptique (J2015.4): +356°37'55.6"/+0°19'30.1"
- Longitude/latitude galactique : +89°13'49.7"/-59°40'04.7"
- Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.3"
- Distance : 0.002472 UA (369879.153 km)
- Diamètre apparent : +0°32'17.7"
- Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
- Jour sidéral : 655h43m11.5s
- Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
- Angle de phase : +123°38'19"
- Élongation : +56°14'41"
- Phase : 0.22
- Illumination : 22.3%

Poissons

Écliptique

Uranus

Lune

Vest

Écliptique

Nœud descendant (dans les Poissons en mai 2015)

Terre, Toulouse, 150 m

FOV 22.8° 43.8 FPS 2015-05-14 01:16:48 UTC+02:00

Vérifions le décalage sidéral

Lune

Type : lune
Magnitude : -11.72
Magnitude absolue : 32.69
AD/Déc (J2000.0) : 12h57m38.38s/-6°09'29.6"
AD/Déc (J2015.4) : 12h58m26.31s/-6°14'27.8"
Angle horaire/dec : 9h28m56.14s/-6°14'27.8"
Az/Haut : +307°16'03.8"/-40°05'30.1"
Longitude/latitude écliptique (J2000.0) : +195°38'41.9"/-0°00'00.8"
Longitude/latitude écliptique (J2015.4) : +195°51'36.4"/-0°00'02.7"
Longitude/latitude galactique : -54°15'40.2"/+56°40'47.8"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.2"
Distance : 0.002708 UA (405159.190 km)
Diamètre apparent : +0°29'29.0"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +51°36'02"
Élongation : +128°16'46"
Phase : 0.81
Illumination : 81.1%

Heze
Vierge
Auva
Porrina
Spica
Lune
Ecliptique
C52

Terre, Toulouse, 150 m FOV 19.3° 15.7 FPS 2015-05-29 07:55:48 UTC+02:00

Stellarium 0.13.3

Lune

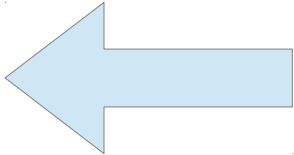
Type : lune
Magnitude : **-11.10**
Magnitude absolue : 33.29
AD/Déc (J2000.0) : 12h43m58.55s/-4°43'35.5"
AD/Déc (J2015.5) : 12h44m46.48s/-4°48'39.2"
Angle horaire/dec : 11h35m3.98s/-4°48'39.2"
Az/Haut : +350°08'20.9"/-50°49'05.3"
Longitude/latitude écliptique (J2000.0) : **+191°57'19.5"/-0°00'00.0"**
Longitude/latitude écliptique (J2015.5) : **+192°10'17.7"/-0°00'01.5"**
Longitude/latitude galactique : -60°35'14.6"/+58°05'39.6"
Obliquité (de la date, pour la Terre) : +23°26'14.2"
Distance : 0.002724 UA (407539.662 km)
Diamètre apparent : +0°29'18.7"
Période sidérale : 27.32 jours (0.075 a)
Jour sidéral : 655h43m11.5s
Jour solaire moyen : 708h44m2.8s
Angle de phase : +81°04'43"
Élongation : +98°46'11"
Phase : 0.58
Illumination : 57.8%

Heze
Vierge
Auva
Porrïma
Lune
Écliptique
Spica

Un peu plus de 27j après, le nœud s'est décalé vers l'ouest

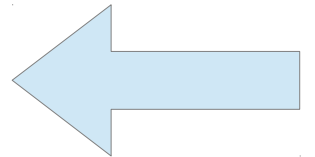
Terre, Toulouse, 150 m FOV 19.3° 28.6 FPS **2015-06-25 08:01:48 UTC+02:00**

Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique 
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

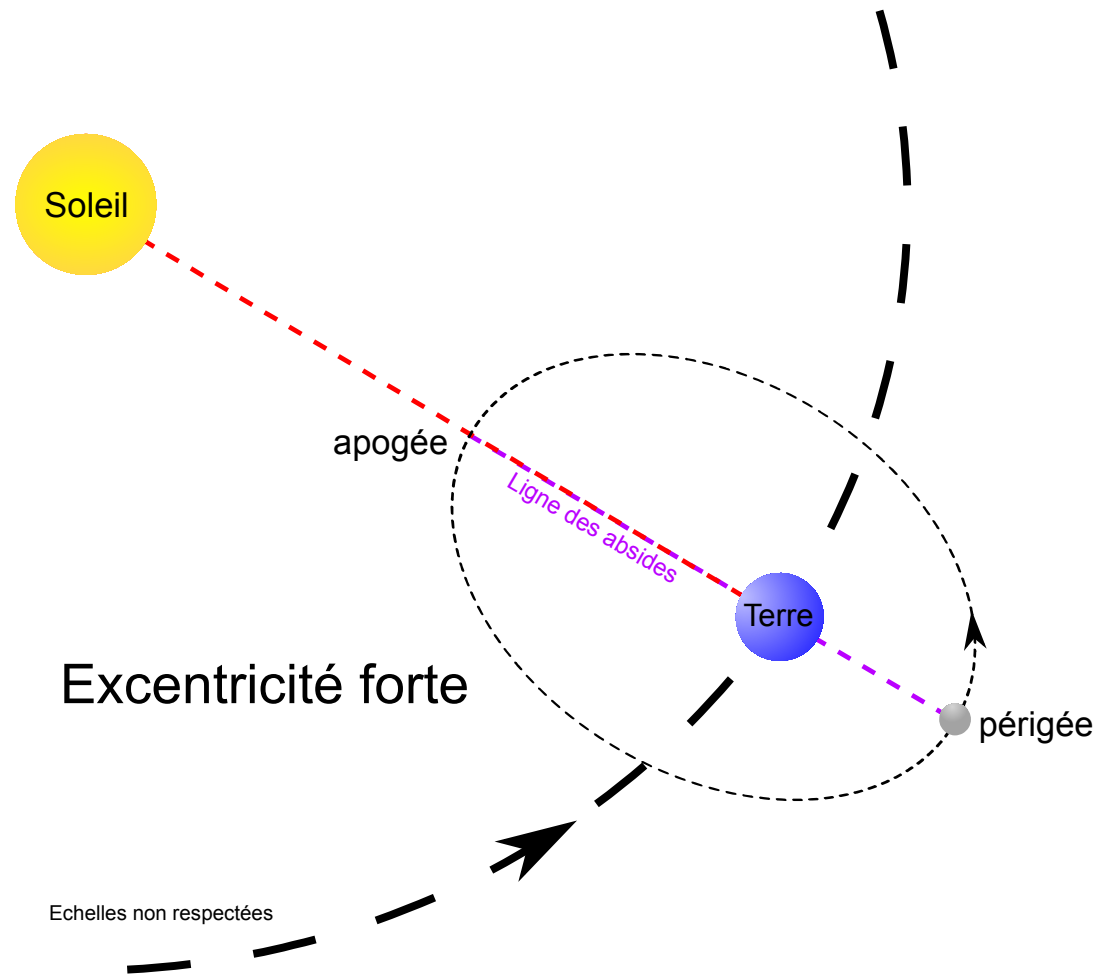
Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...



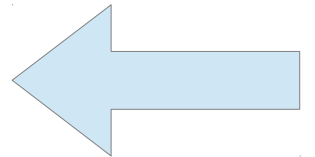
« Superlune »

- « Grosse » pleine lune
- Se produit quand le périgée est proche de la pleine lune
 - La lune est alors au plus près de la terre
 - Et en plus l'excentricité est la plus forte (le périgée est plus bas)



Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...

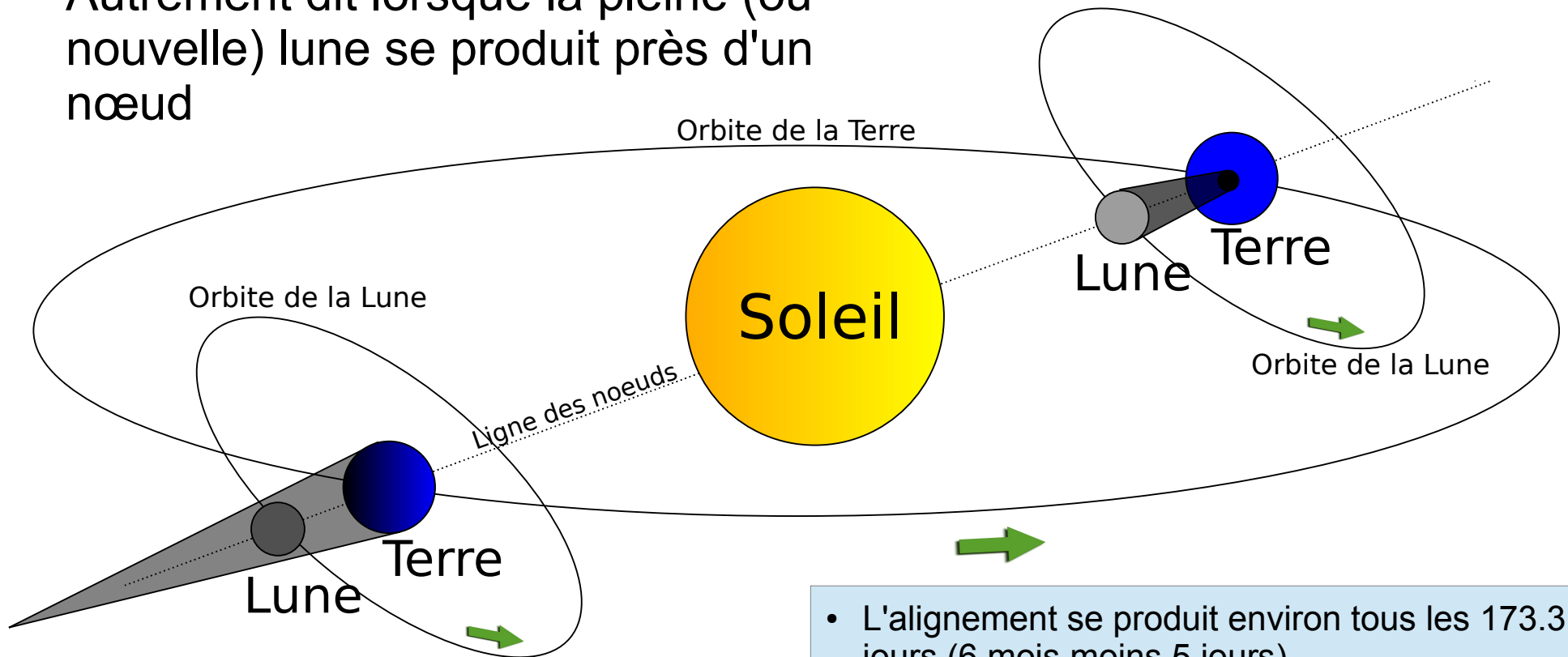


Les éclipses

- On a une éclipse si la ligne des nœuds est alignée avec la direction du soleil

– Autrement dit lorsque la pleine (ou nouvelle) lune se produit près d'un nœud

Nouvelle Lune, près du nœud orbital: **éclipse de soleil**



Pleine Lune près du nœud orbital : **éclipse de lune**

- L'alignement se produit environ tous les 173.3 jours (6 mois moins 5 jours)
- En général les éclipses de soleil et de lune se suivent à 14j d'intervalle
- Si une éclipse de soleil se produit près de l'apogée lunaire, elle est seulement annulaire

Le saros : histoire

- Le nom vient des Chaldéens (Babyloniens, Mésopotamie)
- Mais le concept vient des grecs (Ile siècle avant notre ère)



« Tigr-euph ». Sous licence CC BY-SA 2.5 via Wikimedia Commons
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tigr-euph.png#/media/File:Tigr-euph.png>

Le saros : calcul

Mois	Durée (jours)	Coefficient	Total (jours)
Synodique (même phase)	29,53058	223	6585,32131
Draconitique (même position par rapport aux nœuds)	27,21222	242	6585,35743
Anomalistique (même distance à la terre)	27,55455	239	6585,53745

- Durée : **18 ans, 10 ou 11 j et 8 h** (selon que l'intervalle contient 4 ou 5 années bissextiles)
- Après un saros, la géométrie Terre-Soleil-Lune est presque identique (phase, nœud, distance)
- De plus, comme le saros est très proche de 18 années :
 - la terre est à peu près à la même distance du Soleil
 - et inclinée dans presque la même orientation.
- Le saros n'est pas directement lié aux éclipses, mais elles en sont la manifestation la plus évidente
- **Si la date d'une éclipse est connue, alors une éclipse presque identique se produit un saros plus tard**

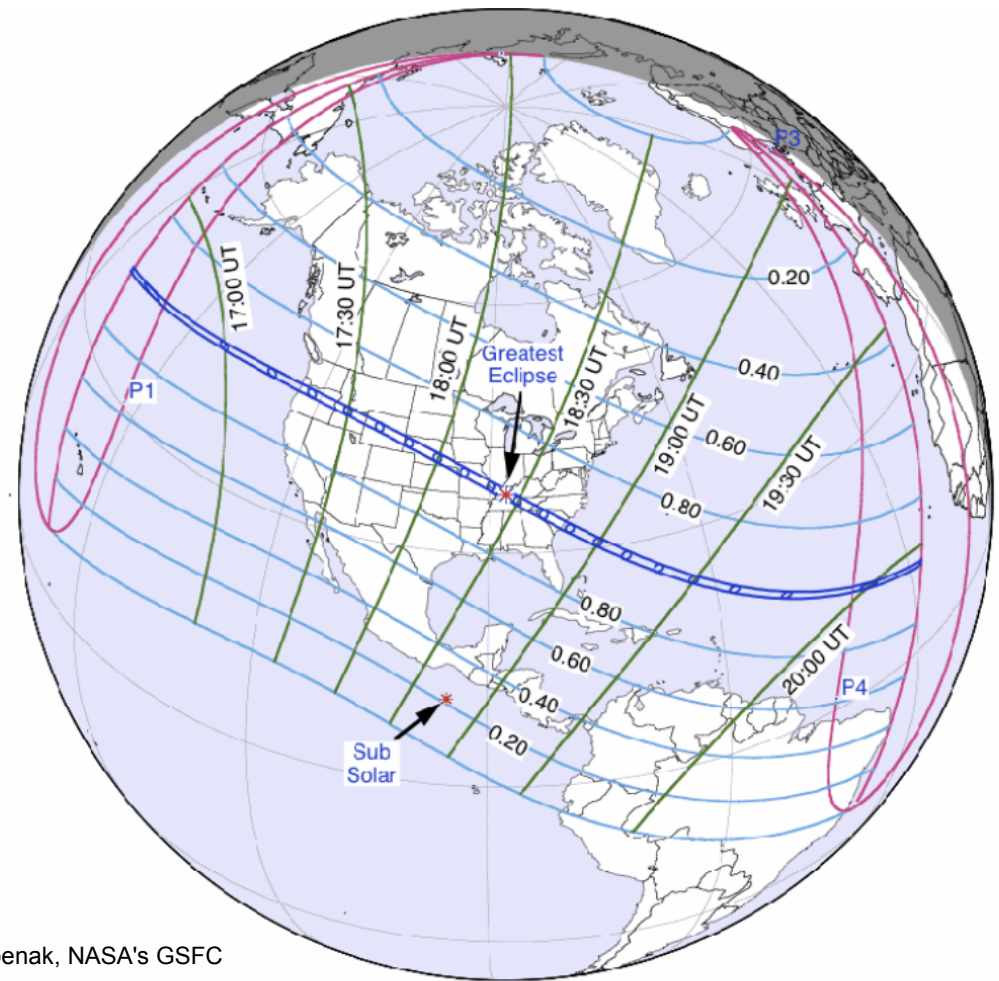
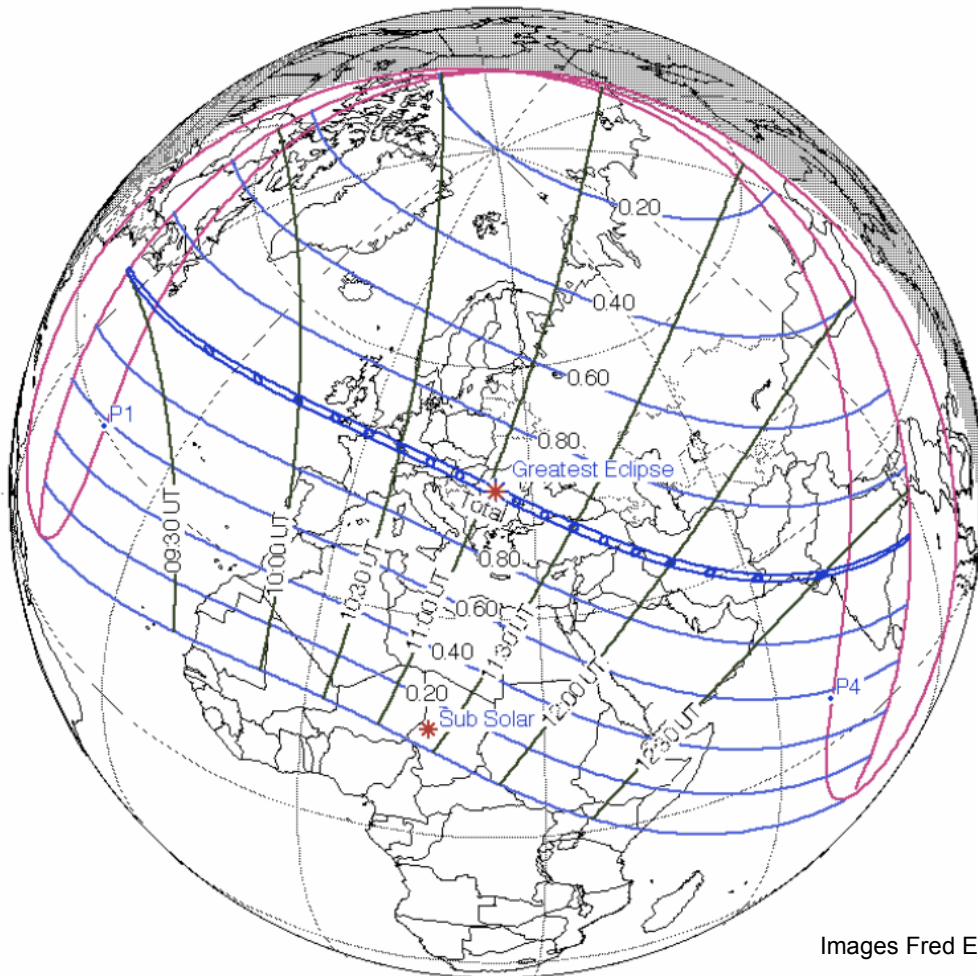
Précisions sur le saros

- Pendant un saros, environ 40 éclipses se produisent (avec des géométries différentes)
- **Le saros n'est pas un multiple du mois sidéral** : la position de la lune par rapport aux étoiles, à un saros d'écart, n'est pas identique
- Un saros n'est pas un nombre entier de jours (+8h)
 - A un saros d'écart la terre a tourné d'environ $1/3$ de tour
 - Donc 2 éclipses distantes d'un saros se produisent sur terre avec un décalage de 120° vers l'ouest
 - Après trois saros, une éclipse se produit à la même heure locale. Cette **période de trois saros** (19 756 jours, soit 54 ans et 1 mois) est appelée **exeligmos**.

Exemple

Éclipse du 11 août 1999

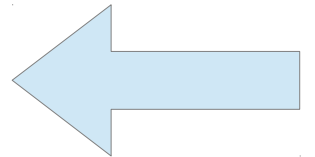
Éclipse du 21 août 2017



Images Fred Espenak, NASA's GSFC

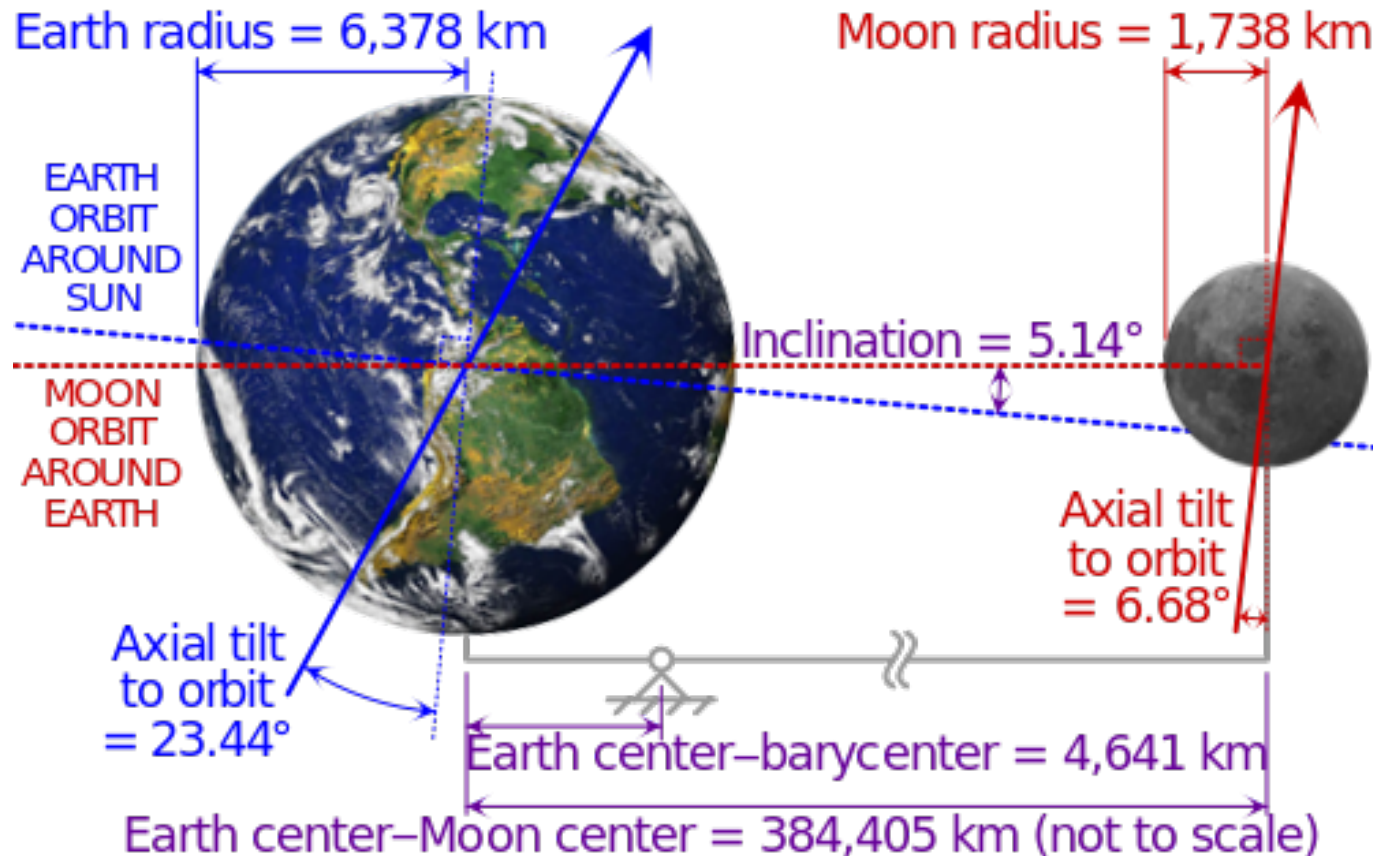
Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...



La rotation de la lune

- Période = 1 mois synodique
- Axe incliné de 6.68 degrés par rapport à son plan orbital
 - Mais sa précession est identique à celle du plan orbital
 - Donc l'axe reste incliné de $6.68 - 5.14 = 1.54$ degrés par rapport à l'écliptique



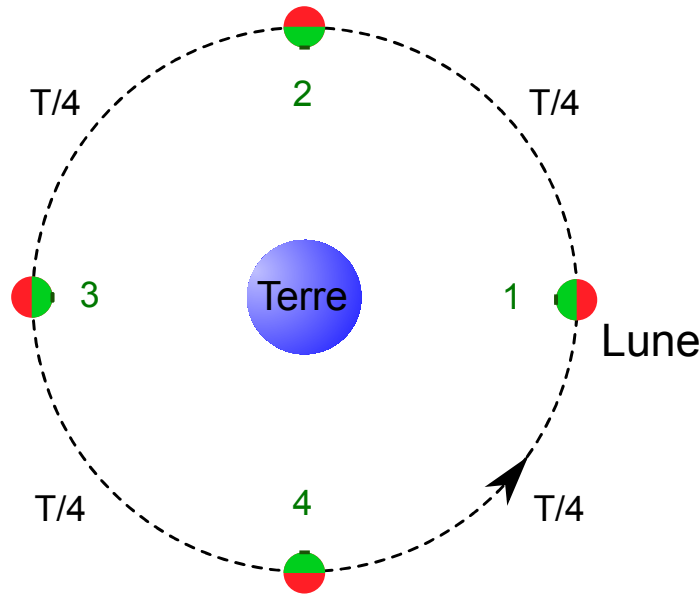
La libration lunaire

- A première vue, depuis la terre, **la lune montre toujours la même face**
 - On ne devrait en voir que la moitié (en fait 49.8 % car elle n'est pas à l'infini)
- Mais si on y regarde de plus près, elle semble **osciller** légèrement au cours d'un mois synodique
- Causes principales : les **irrégularités du mouvement de la lune**, notamment :
 - Son excentricité
 - L'inclinaison de son axe de rotation
 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Libration_lunaire

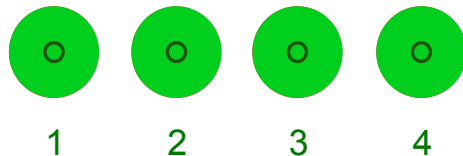


Excentricité => libration en longitude

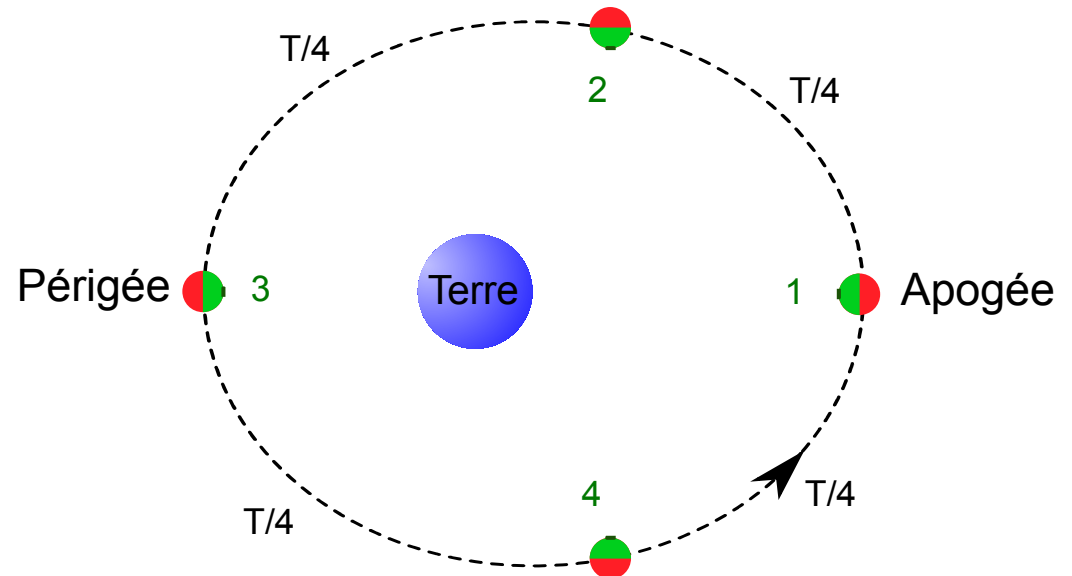
Excentricité nulle
(orbite circulaire)



Vue de la terre

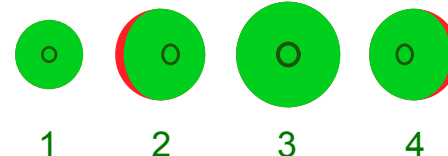


Cas réel : excentricité non nulle
(orbite elliptique)



T = mois anomalistique
Echelles non respectées

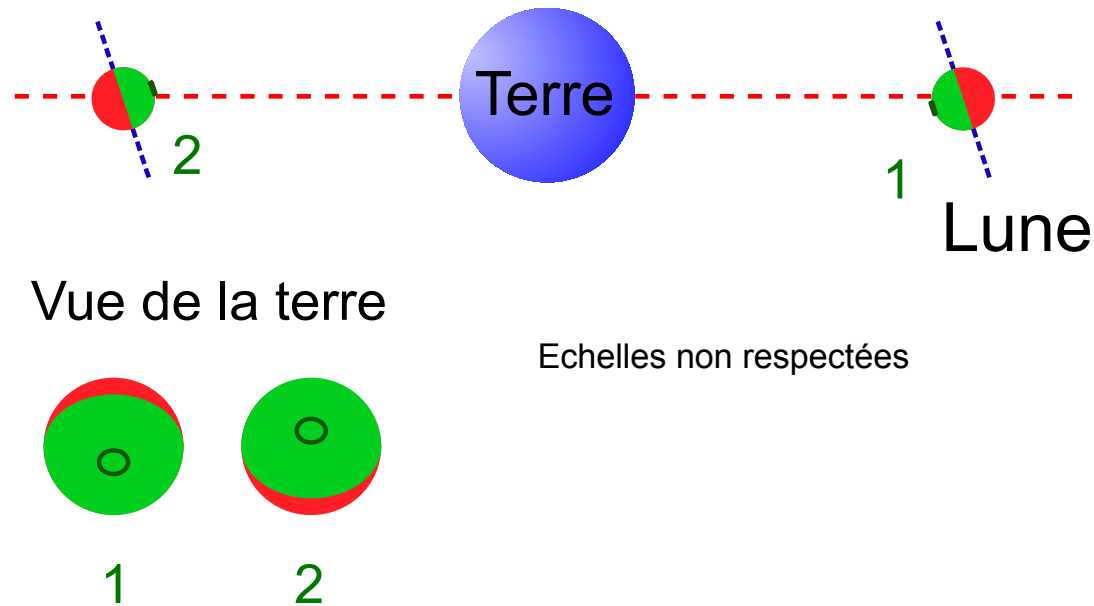
Vue de la terre



7.54° visibles

- Vers l'apogée (périgée) la lune tourne plus vite (lentement) sur elle-même que sur son orbite
- Elle semble dire « **non** » de la tête

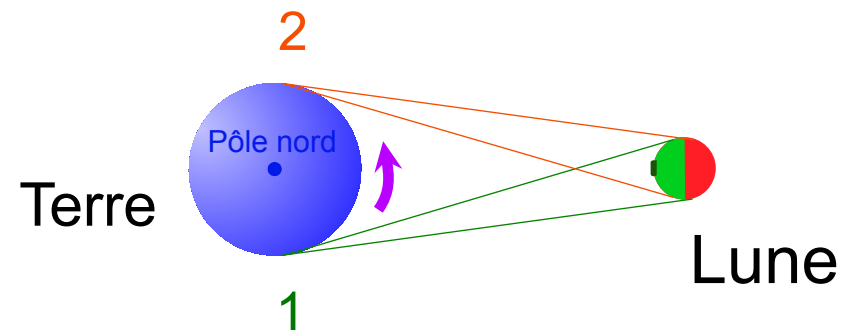
Inclinaison de l'axe => libration en latitude



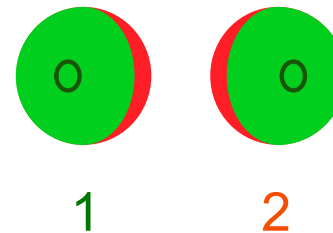
- L'axe de rotation de la lune est incliné de 6.68 degrés sur son orbite
- On peut voir alternativement ses 2 pôles
- Elle semble dire « **oui** » de la tête

Autres causes de libration

- **Libration parallactique** : angle de vue différent de chaque côté de la terre
 - Par exemple, l'angle de vue de la pleine lune varie entre soir et matin
 - Difficile à observer (amplitude 1° et lune basse sur l'horizon)
- **Libration physique** : oscillations réelles de la lune autour de son centre de masse (très faibles)
- **Au total, les 4 effets de libration laissent voir 59 % de la surface lunaire** (pas en même temps)



Vue de la terre



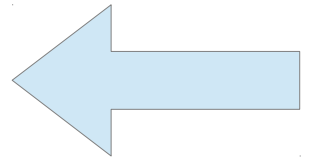
Echelles non respectées

Les librations de la terre ?

- Les 2 effets principaux se retrouvent pour la terre vis-à-vis du soleil
- L'excentricité de l'orbite terrestre crée une **libration en longitude** de la terre autour du soleil
 - C'est une des causes 2 de l'équation du temps
- L'inclinaison de son axe crée une **libration en latitude** :
 - Le soleil éclaire les pôles (alternativement)
 - Et c'est la cause des saisons

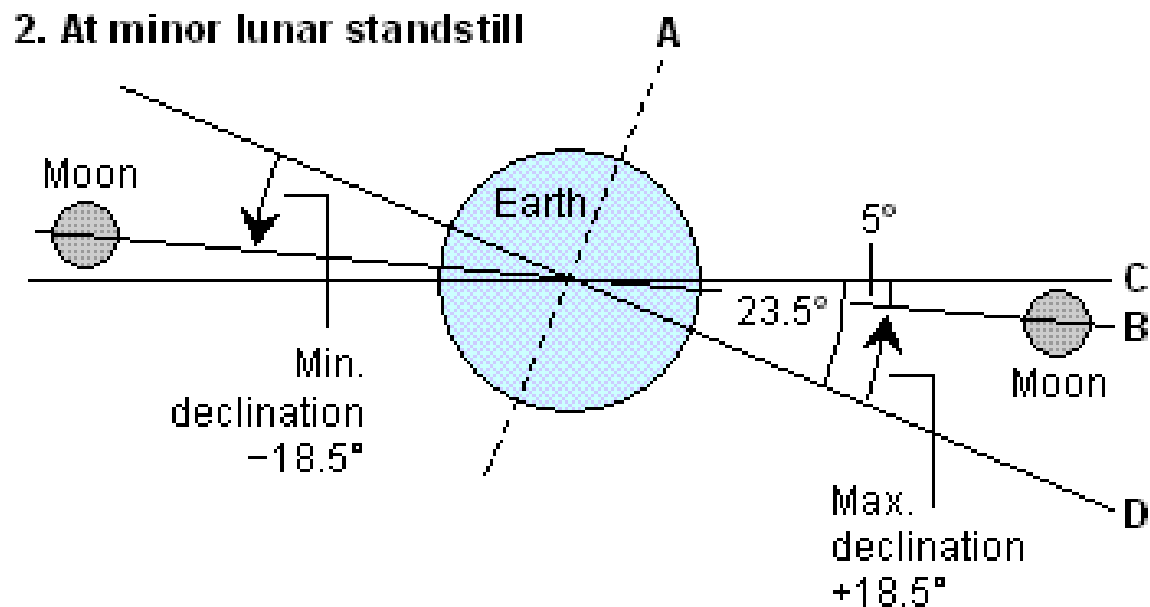
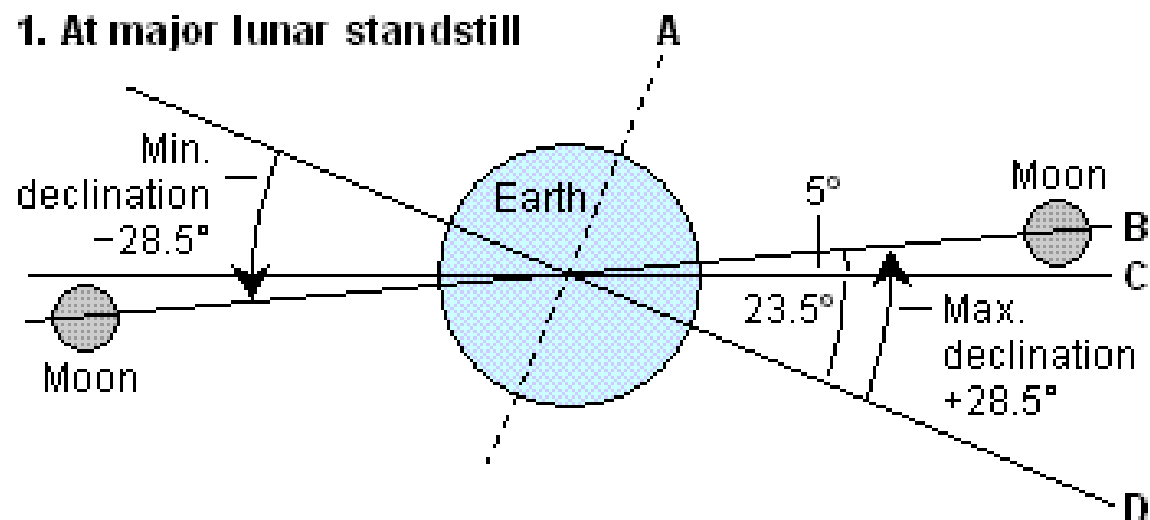
Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...



Lunistice (lunar standstill)

- Un autre effet de la rotation de la ligne des nœuds...
- Parfois l'inclinaison du plan orbital de la lune est dans le même sens [en sens opposé] que celle de l'équateur terrestre
 - Quand le nœud ascendant [descendant] est proche du point vernal
 - La déclinaison de la lune varie beaucoup [peu] (pendant un mois lunaire) : entre -28 et 28° ($23+5$) [-18 et $+18^\circ$ ($23-5$)]
- Ce maximum [minimum] est appelé **lunistice** (major [minor] standstill)



- A - Earth's rotational axis
- B - Plane of Moon's orbit around Earth (edge on)
Moon shown at two diametrically opposite positions
- C - Plane of Earth's orbit around Sun (edge on)
- D - Plane of Earth's equator (edge on)

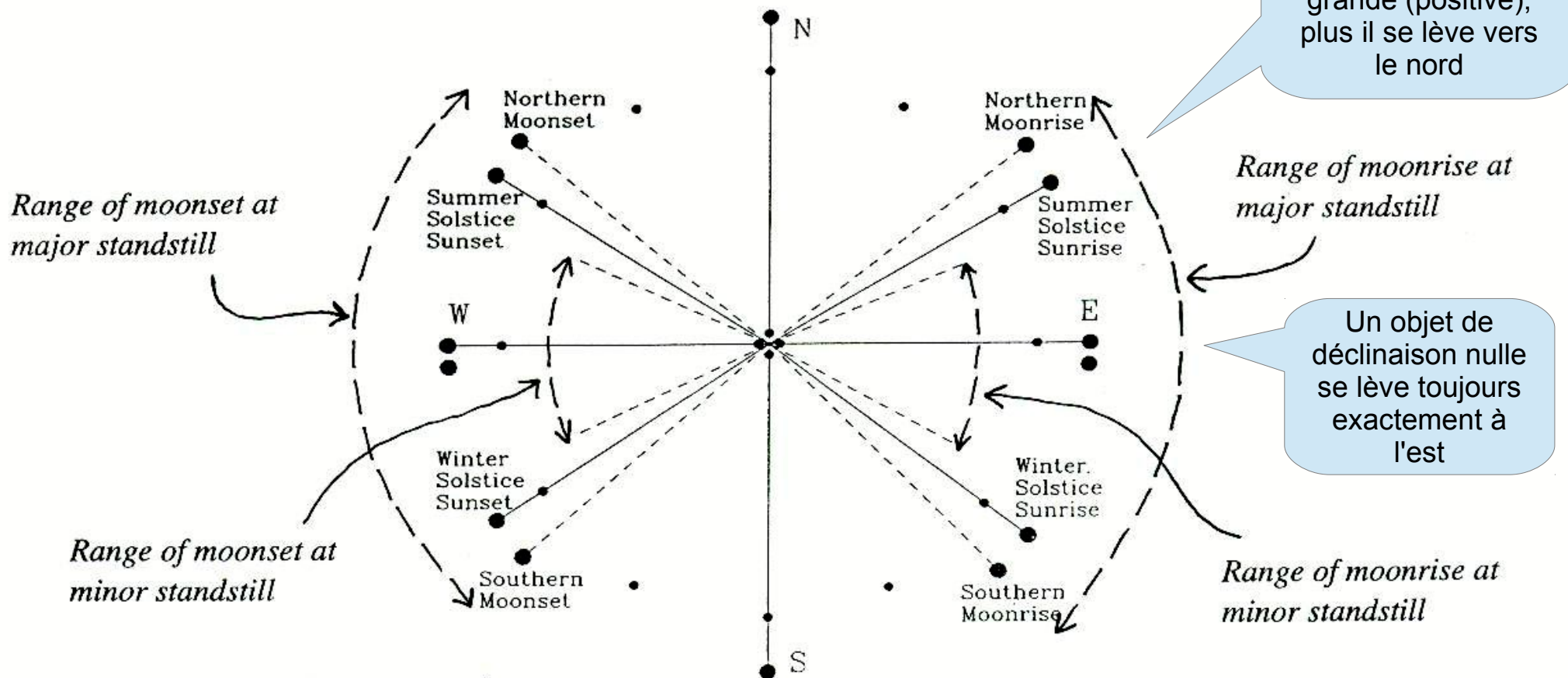
Earth-Moon distance not to scale

Lunistice (suite)

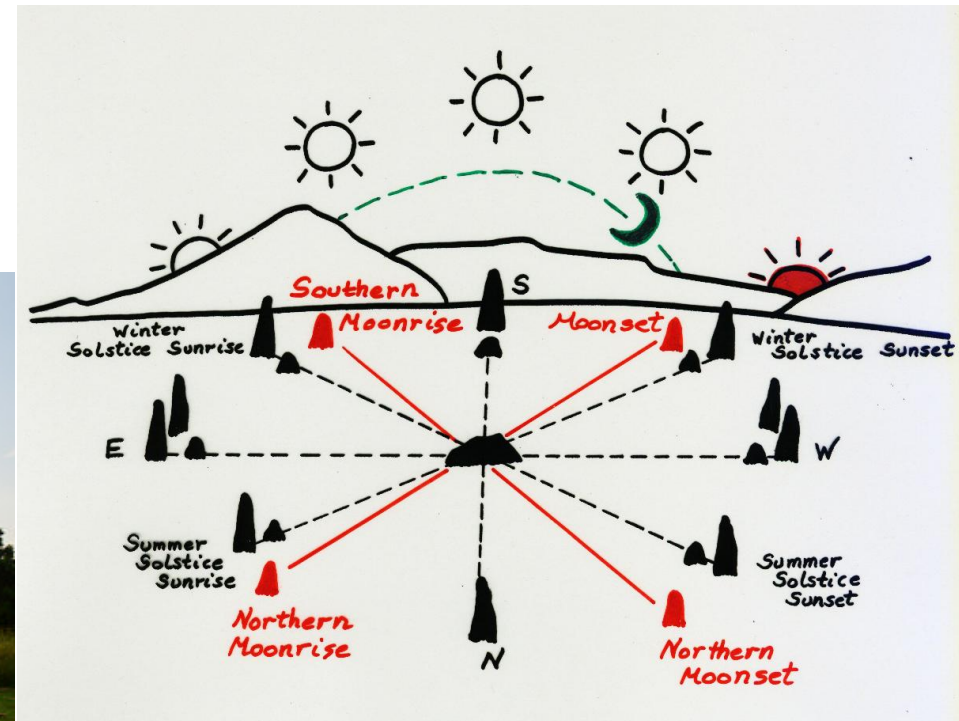
- Le nom lunistice rappelle le **solstice**
 - Du latin *sistere*, « s'arrêter »
 - Quand le soleil atteint sa déclinaison maximale ou minimale
- Mais pour la lune c'est plus compliqué
 - C'est le maximum **pendant une lunaison** = un maximum de maximum
- Période 18.6 ans (= rotation de la ligne des nœuds)
 - Major en 2005/2006, Minor en **2015**

Phénomènes au lunistice majeur

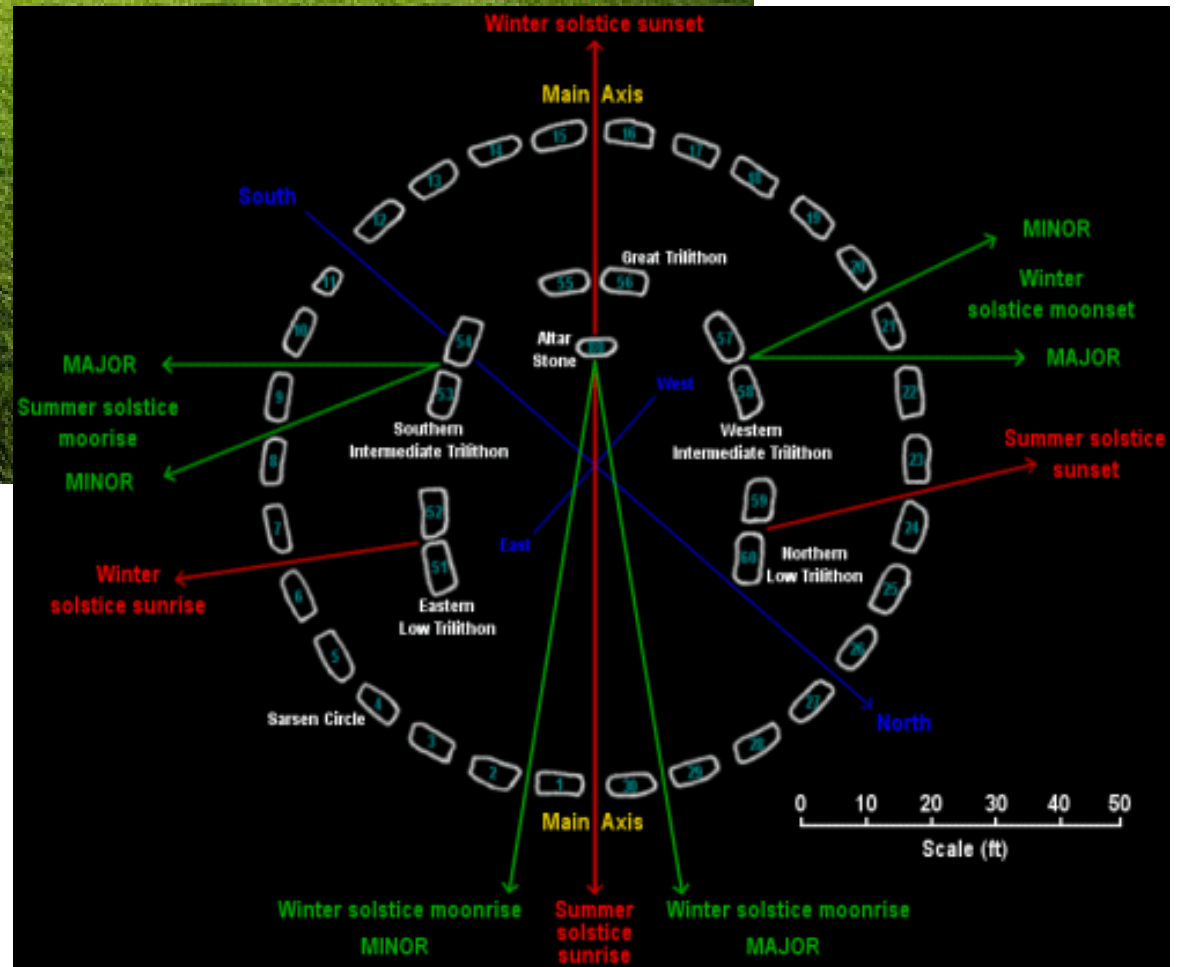
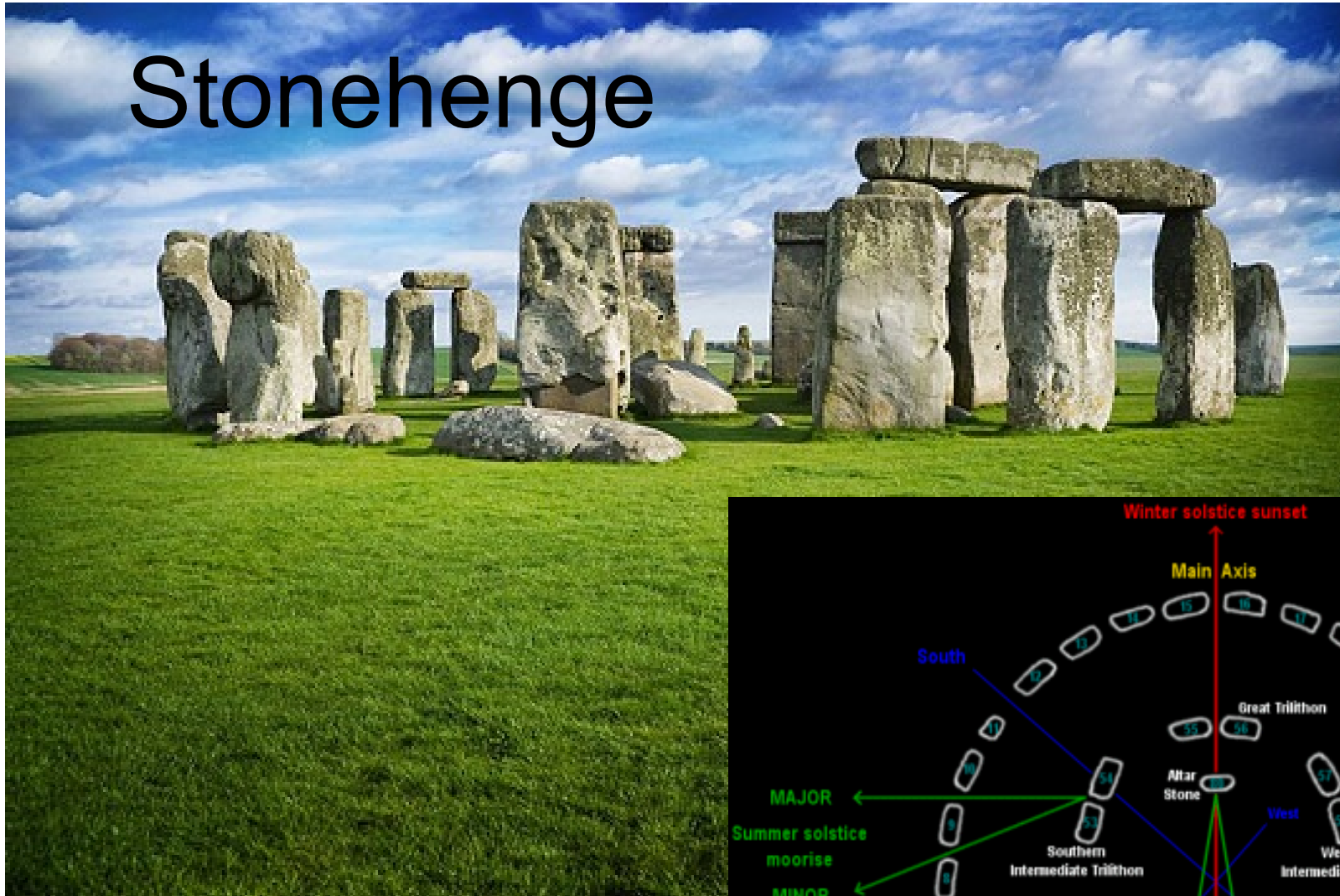
- Lors du **lunistice majeur**, la lune passe (une fois par lunaison) par ses positions les plus éloignées de l'équateur (déclinaisons min et max)
 - **Les levers et couchers de la lune peuvent atteindre leurs positions extrêmes** (nord ou sud)
- Si on est proche du solstice d'hiver [été]
 - **On a le lever le plus au nord [sud] de la lune**
 - **Ceci est indépendant de sa phase**



Des monuments : University of Massachusetts Sunwheel



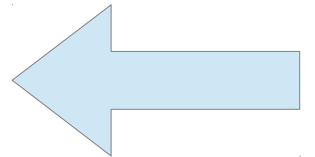
Stonehenge



« Stonehenge-Green » par Mactographer — Travail personnel. Sous licence Attribution via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stonehenge-Green.jpg#/media/File:Stonehenge-Green.jpg>

Sommaire

- Les paramètres orbitaux de la lune
- Mois sidéral et synodique
- Effets de l'excentricité
- Mois anomalistique
- Mois draconitique
- Mois tropique
- Conséquences : éclipses, saros, librations, lunistique, superlune, et autres...



La lune pour le jardinier ou le coiffeur...

- **Croissante** : de nouvelle lune à pleine lune (phase)
- **Montante** : définitions diverses et peu scientifiques !
 - Confusion avec croissante
 - Lorsque sa déclinaison augmente (impossible à observer)
 - Du point le plus loin de l'écliptique (dessous) à celui le plus loin (positive) : déclinaison écliptique croissante
- Page de l'IMCCE :
http://www.imcce.fr/fr/grandpublic/phenomenes/phas es_lune/lune_croissante.php
- http://pfz.free.fr/Lune_hommes/lune_hommes.htm

Résumé des différentes périodes

- Mois **sidéral** (même position face aux étoiles) : 27,32166 jours
- Mois **synodique** (même phase) : 29,53 jours (en moyenne)
- Mois **anomalistique** (passage au périhélie) : 27,55 jours
- Mois **draconitique** (passage au nœud ascendant) : 27,21 jours
- Mois **tropique** (passage au point vernal) : 27,32158 jours
- Mois **calendaire** moyen (un douzième d'une année terrestre) : environ 30,4 jours

Quelques sources

- Wikipedia : lune, orbite de la lune, mois lunaire...
- https://www.fourmilab.ch/earthview/moon_ap_per.html
- <http://www.astrosurf.com/toussaint/dossiers/Lunatique/lunatique07.htm>
- Éphémérides IMCCE
http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/pheno_annees/pheno_2015.php

- Merci de votre attention

