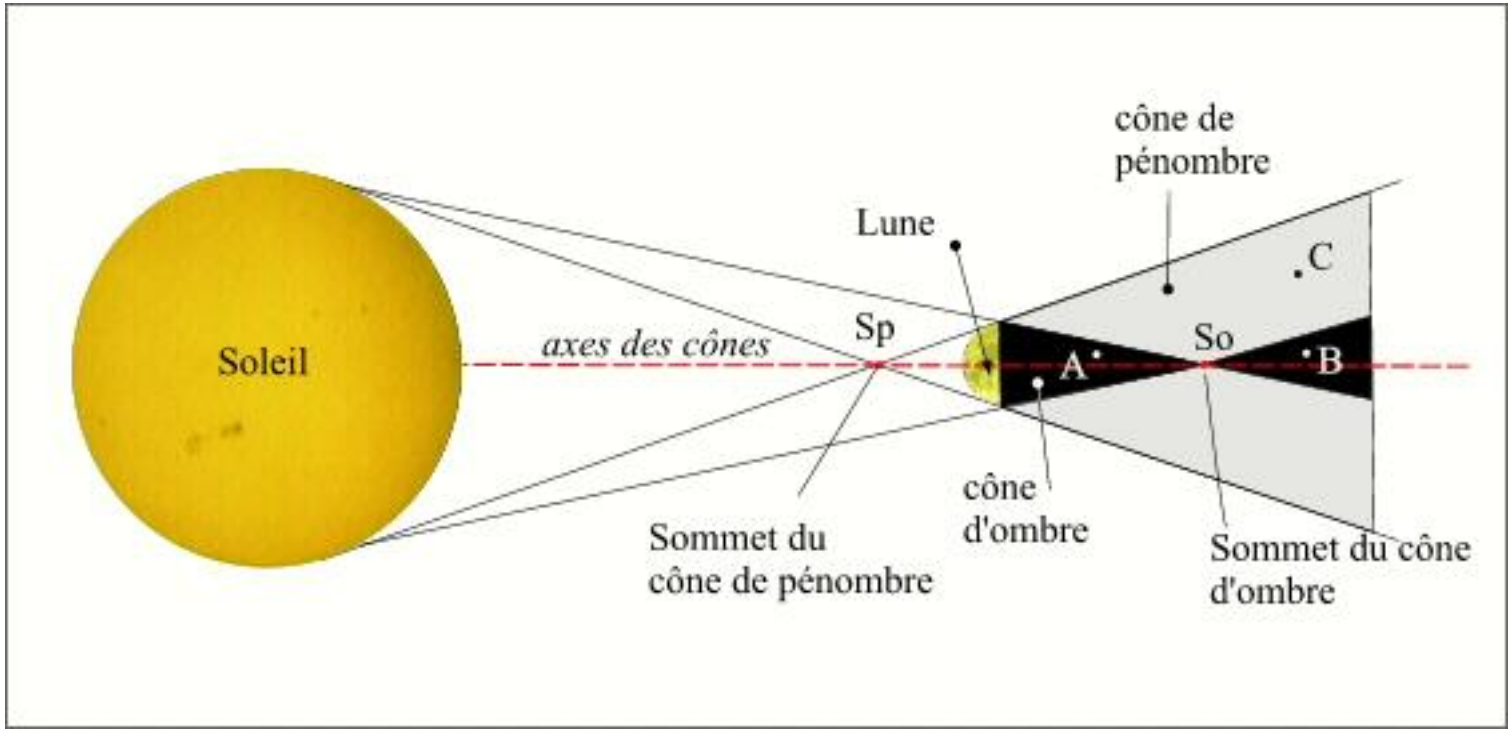
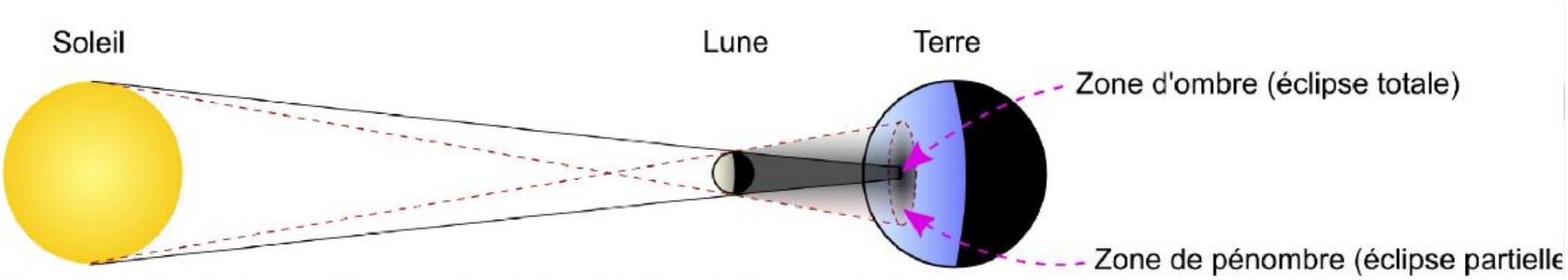
Eclipse totale de Lune du 28 septembre 2015

Ombre et pénombre

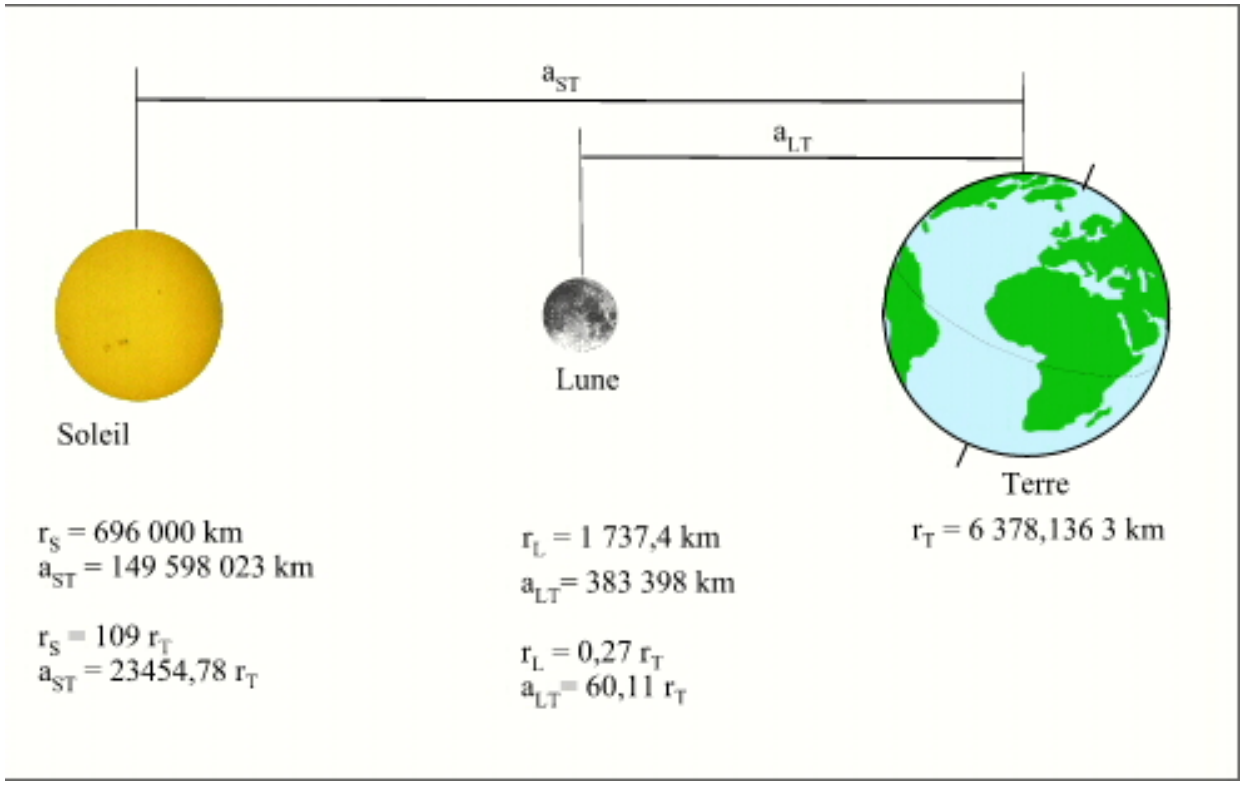


en A: totale
en B: annulaire
en C: partielle

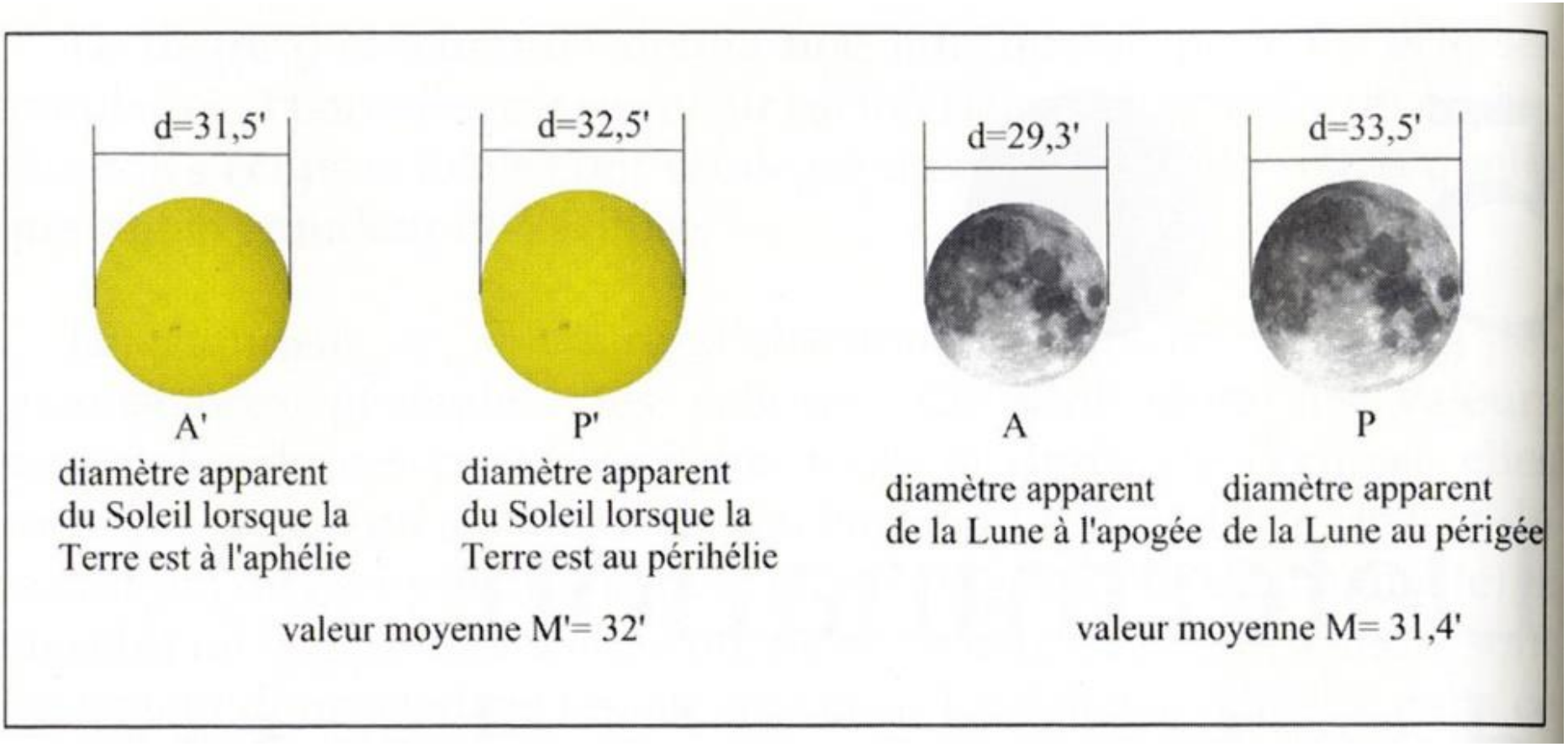
définies respectivement par les tangentes extérieures et intérieures aux deux astres



Les dimensions respectives



Les dimensions respectives



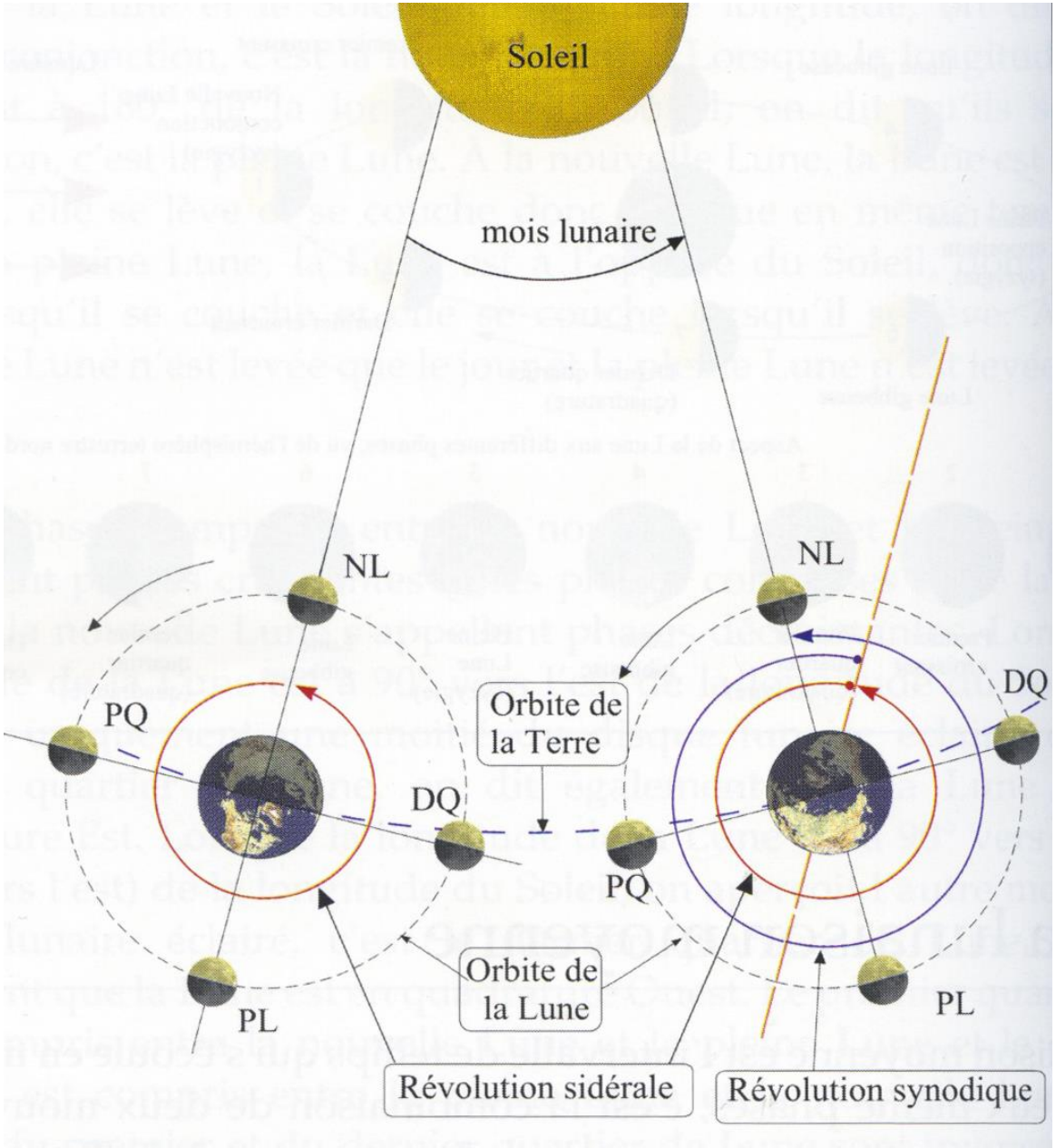
Mouvement de la Lune

retour à la même phase, plus long que la révolution sidérale, du fait que la Terre se déplace pendant le mois lunaire:

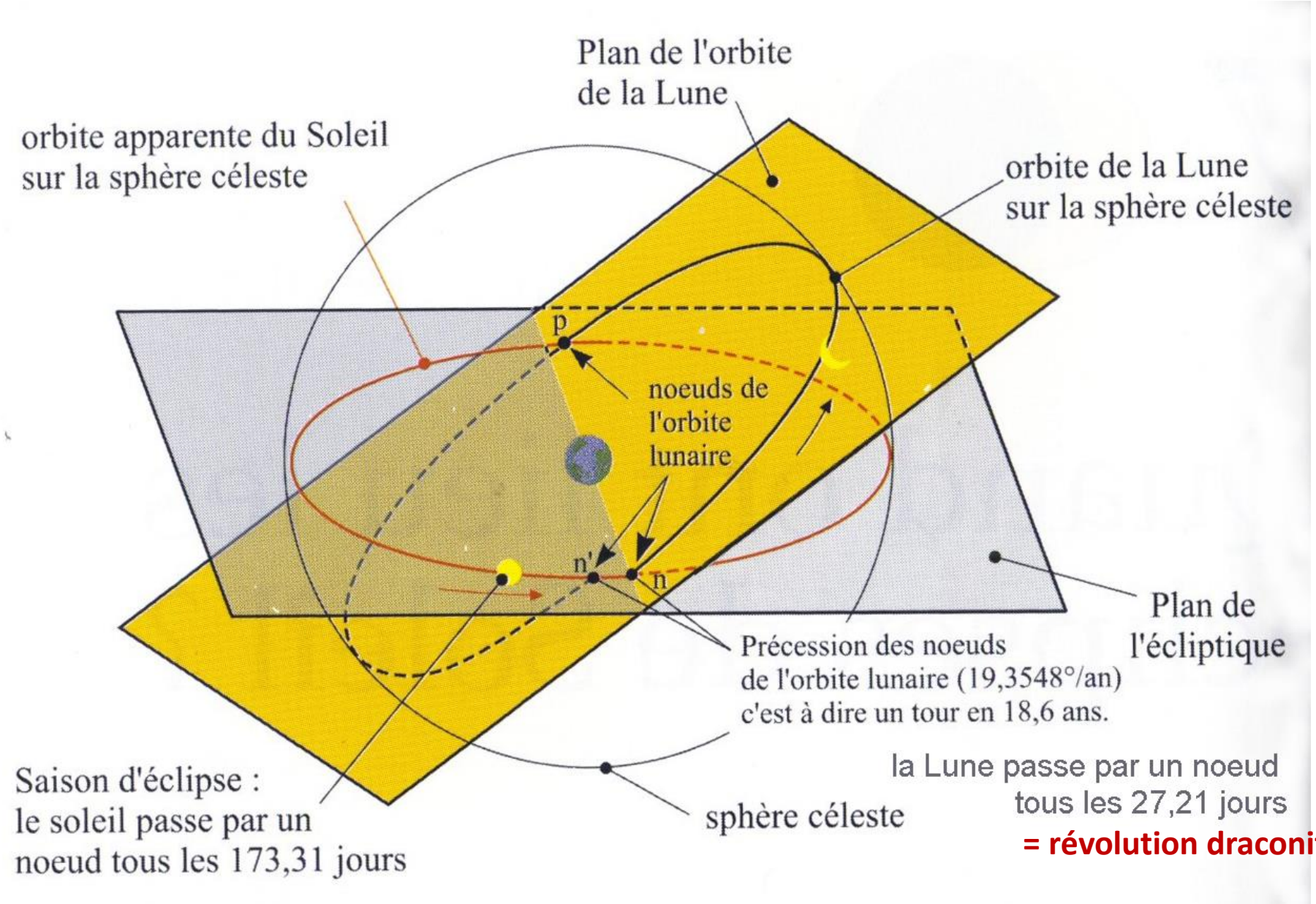
révolution sidérale de la Lune		révolution sidérale de la Terre		
1/27,321	–	1/365,256	=	1/**29,539**

<u>révolution synodique ou lunaison</u>

retour à la même phase



Sygygies: alignements Soleil Terre Lune



= révolution draconitique

Sygygies: alignements Soleil Terre Lune

- *alignement parfait si et seulement si:*
  - *le Soleil et la Lune sont sur la ligne des nœuds de l'orbite Lunaire*
- *Nouvelle Lune*: le Soleil et la Lune ont la même longitude géocentrique
- Pleine Lune: le Soleil et la Lune ont des longitudes géocentriques différant de 180°

- les **éclipses de soleil** interviennent au voisinage d'une **Nouvelle Lune**
- les **éclipses de Lune** interviennent au voisinage d'une **Pleine Lune**

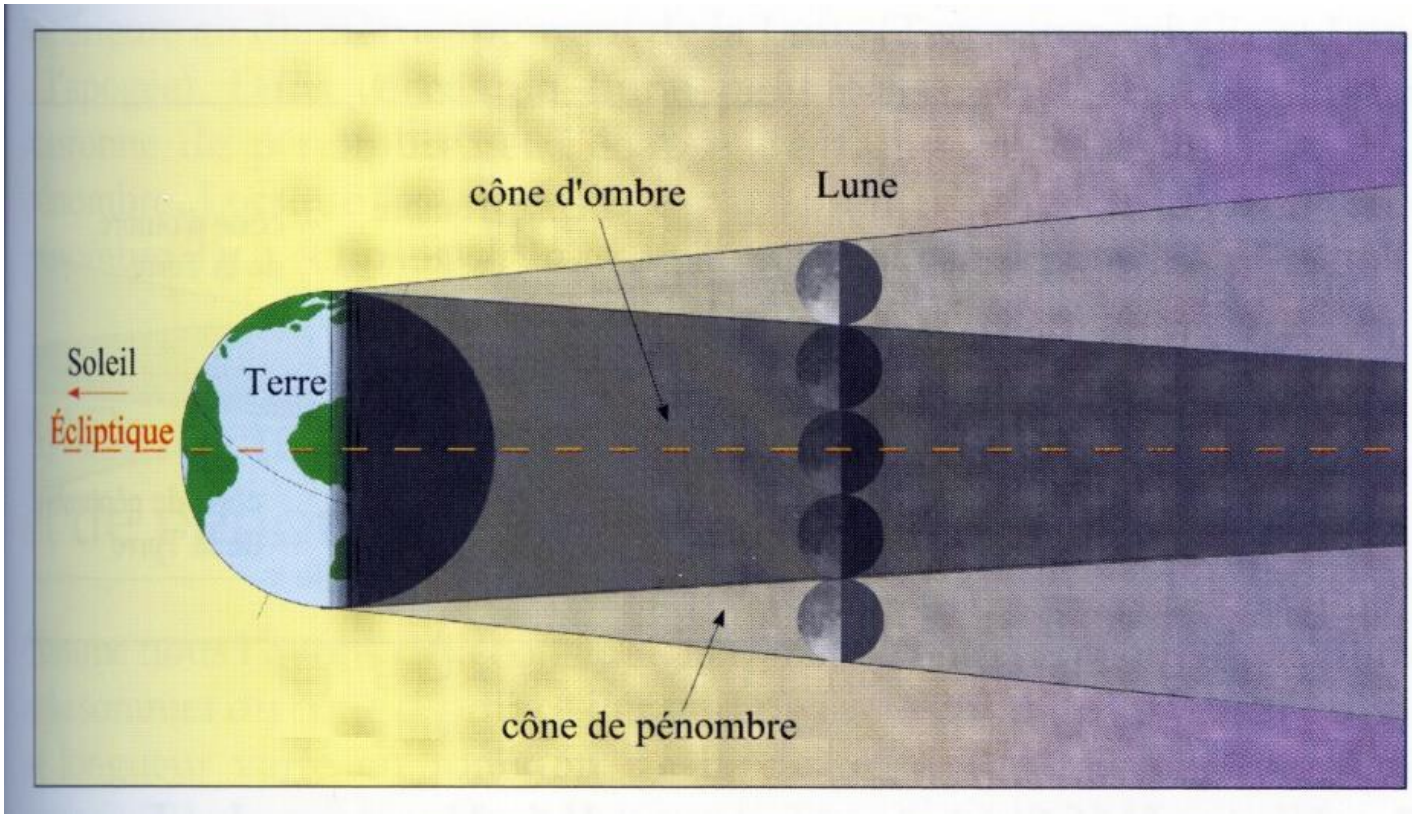
ATTENTION: les syzygies sont un phénomène global;
elles n'ont rien à voir avec la rotation de la Terre:
elles peuvent intervenir à n'importe quelle heure locale

le 28 septembre 2015, la Pleine Lune est à 2h50 UTC ou 4h50 locales

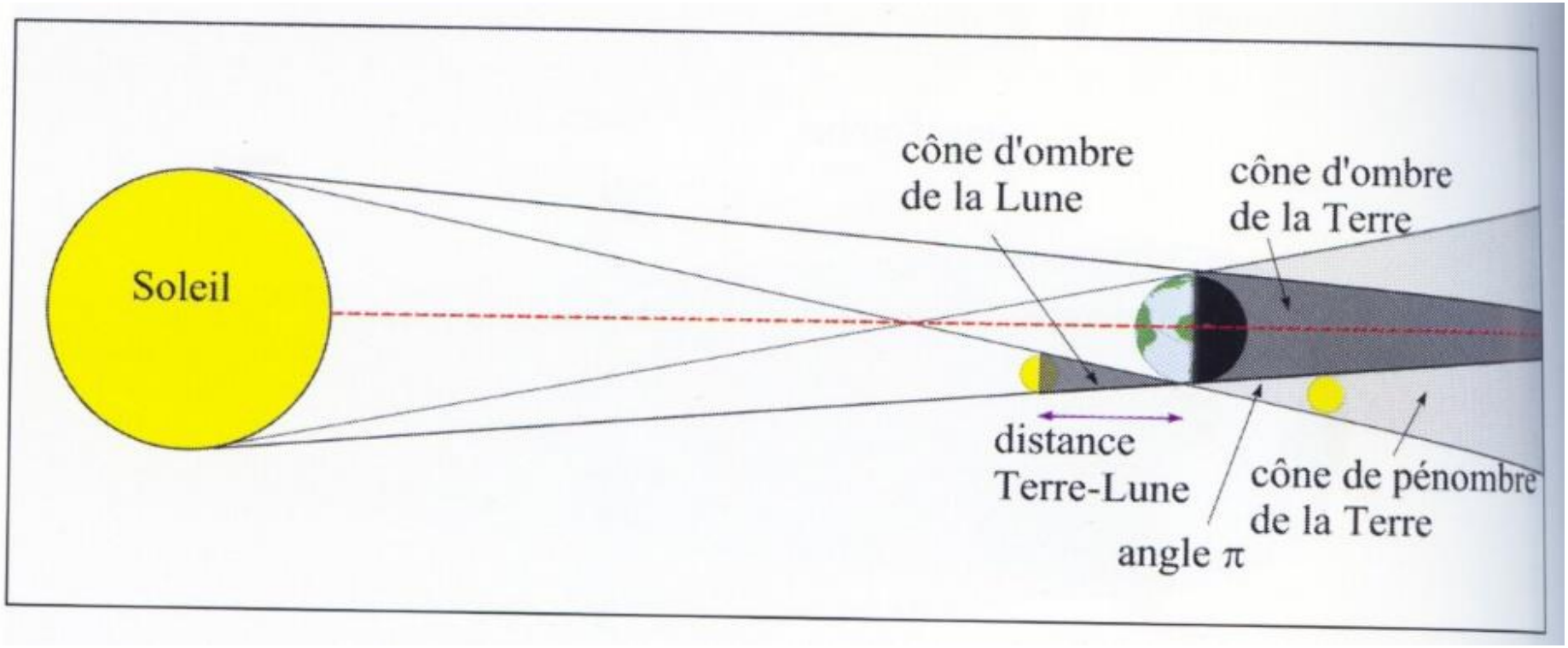
le 28 septembre 2015, le maximum de l'éclipse est à 2h47 UTC ou 4h47 locales

- pas d'éclipse à **chaque** NL ou PL:
  l'exigence 'ligne des nœuds' apporte aussi la contrainte en latitude

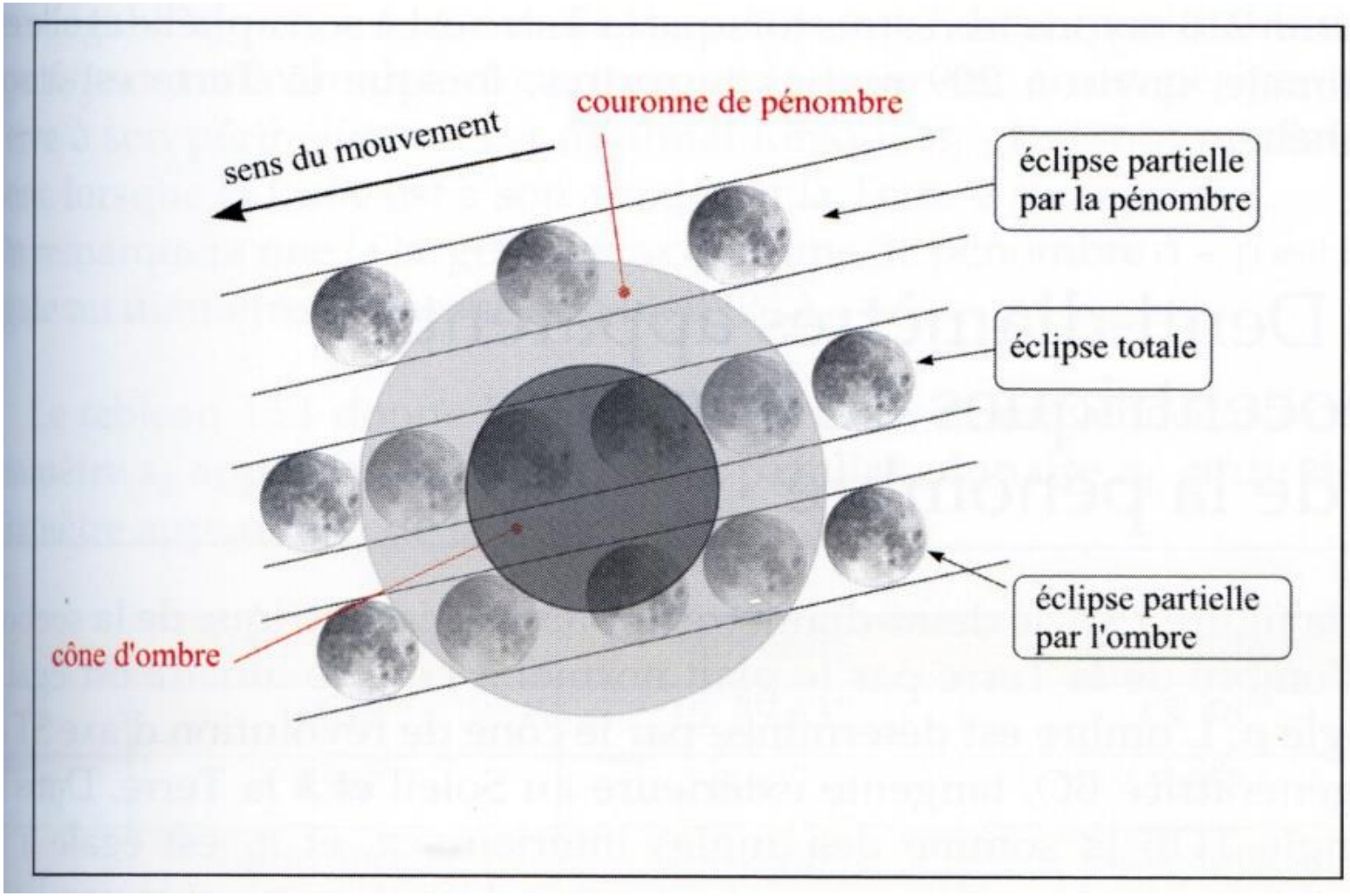
Tailles relatives de la Lune et de l'ombre de la Terre



Tailles relatives de la Lune et de l'ombre de la Terre



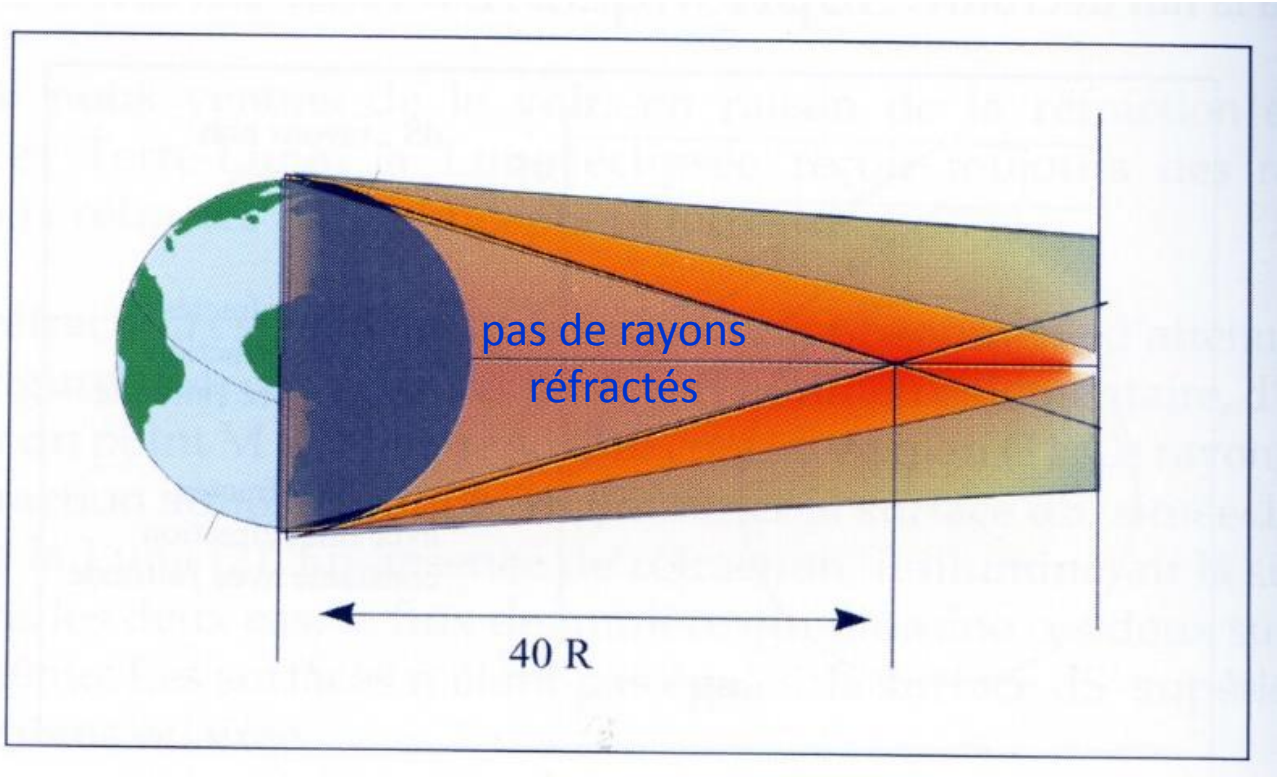
Différents types d'éclipse de Lune



Rôle de l'atmosphère la réfraction

- dans le cas des éclipses de Lune, l'astre occultant – la Terre – a une **atmosphère** qui **réfracte** (dévie) les rayons lumineux (effet géométrique)

- la réfraction entraîne un léger élargissement des cônes d'ombre et de pénombre
- la distance Terre-Lune variant entre 56 et 63 R (rayons terrestres),
  la Lune recevra toujours des rayons réfractés



Rôle de l'atmosphère: l'absorption

- l'atmosphère absorbe certaines composantes de la lumière solaire; l'**absorption** est très sensible à la longueur d'onde (loi en $1/\lambda^4$);

or, λ_{rouge} ~ 650nm **>** λ_{bleu} ~ 550 nm donc **$1/\lambda^4_{bleu} >> 1/\lambda^4_{rouge}$**

➡ **le bleu est bien plus absorbé que le rouge**

- l'absorption augmente aussi avec l'épaisseur de la couche d'atmosphère traversée

- dans le cas des éclipses de Lune, les rayons réfractés sont aussi ceux qui ont le plus long trajet dans l'atmosphère:

➡ **couleur rouge du centre de l'ombre de la Lune éclipsée**

Total Lunar Eclipse of 2015 Sep 28

Ecliptic Conjunction = 02:51:38.3 TD (= 02:50:29.0 UT)
Greatest Eclipse = 02:48:16.8 TD (= 02:47:07.5 UT)

Penumbral Magnitude = 2.2296 P. Radius = 1.3027° Gamma = -0.3296
Umbral Magnitude = 1.2764 U. Radius = 0.7707° Axis = 0.3375°

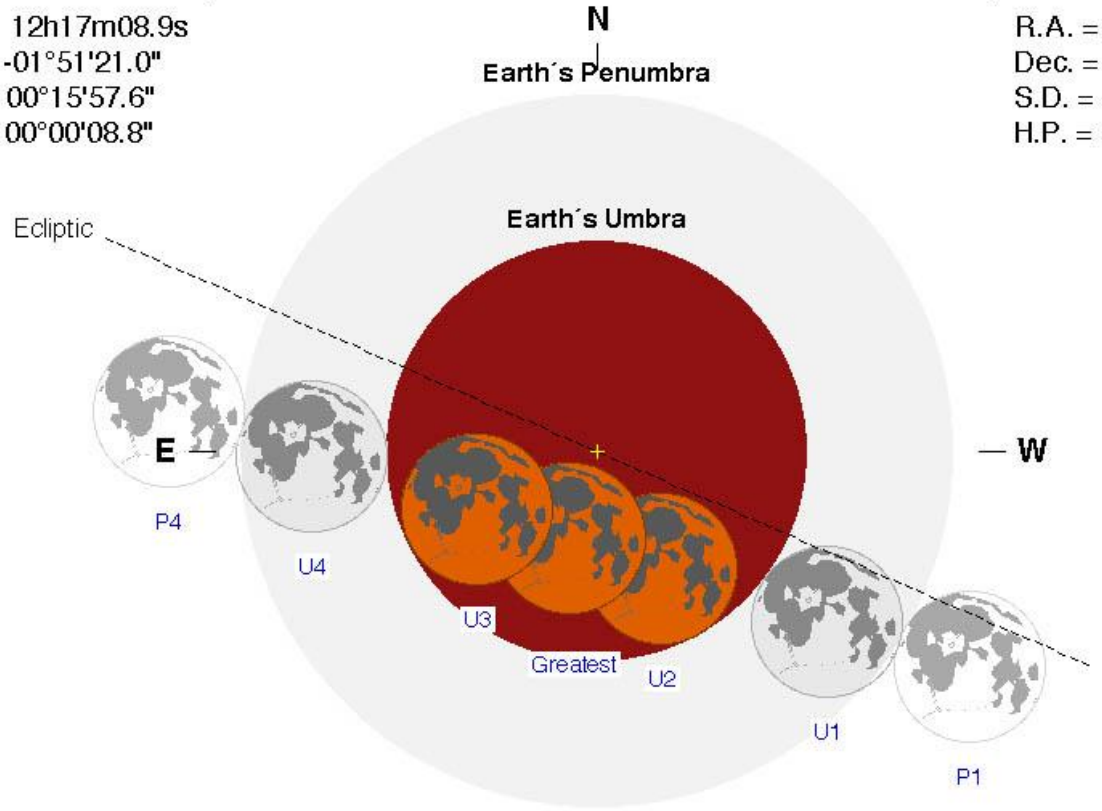
Saros Series = 137 Member = 28 of 81

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 12h17m08.9s
Dec. = -01°51'21.0"
S.D. = 00°15'57.6"
H.P. = 00°00'08.8"

Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 00h17m33.6s
Dec. = +01°32'03.7"
S.D. = 00°16'44.5"
H.P. = 01°01'26.6"



Eclipse Durations

Penumbral = 05h10m41s
Umbral = 03h19m52s
Total = 01h11m55s

ΔT = 69 s
Rule = CdT (Danjon)
Eph. = VSOP87/ELP2000-85

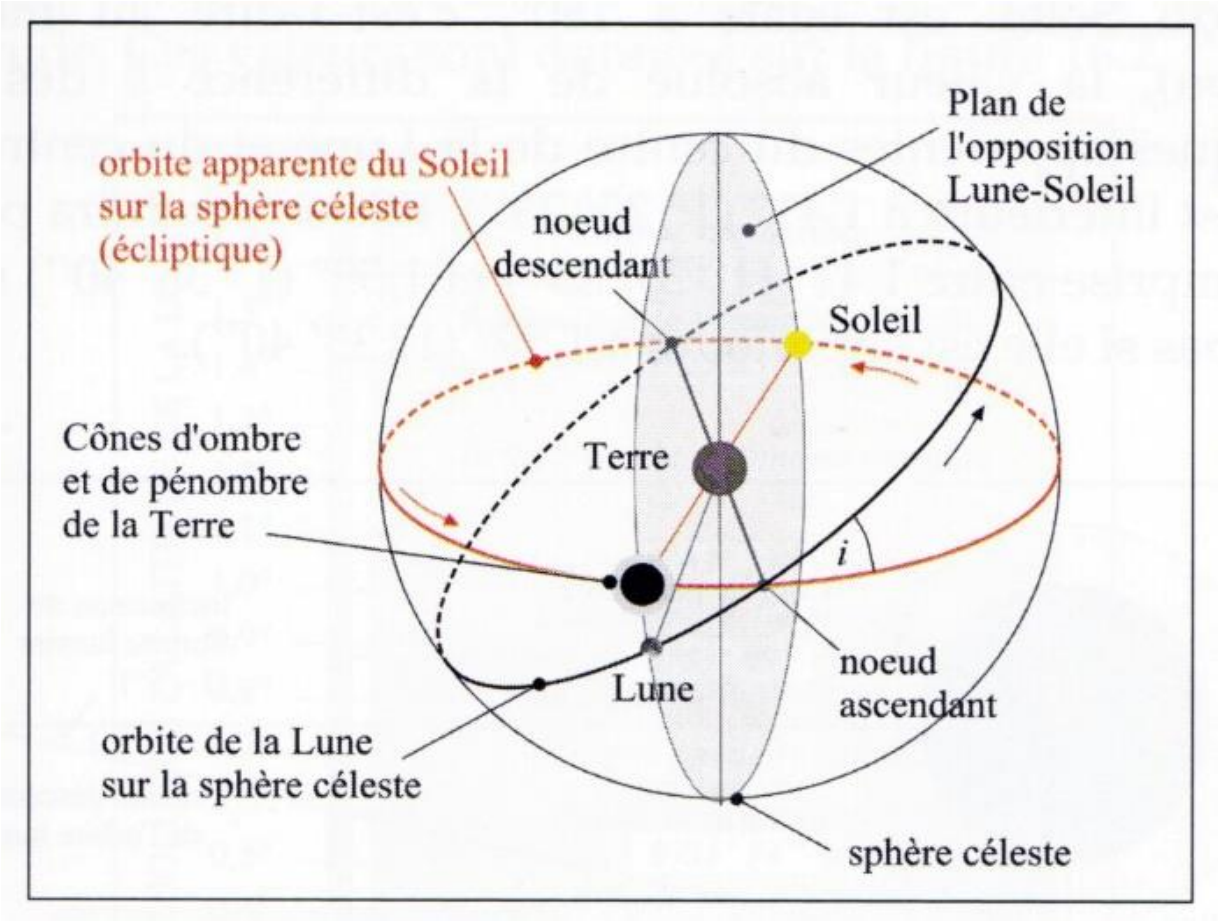
0 15 30 45 60
Arc-Minutes

F. Espenak, NASA's GSFC
eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html

Eclipse Contacts

P1 = 00:11:47 UT
U1 = 01:07:11 UT
U2 = 02:11:10 UT
U3 = 03:23:05 UT
U4 = 04:27:03 UT
P4 = 05:22:27 UT

Géométrie d'une éclipse de Lune



INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

- Serveur d'éphémérides de l'IMCCE
- Signification des paramètres calculés
- Fichier résultats au format ascii

```
#
##########################################################################################
#                        EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
##########################################################################################
#
# Satellite 10 Lune
# Theorie planetaire INPOP13C
# Coordonnees Astrometriques J2000
# Centre du repere : geocentre
# Coordonnees ecliptiques (Long, Lat)
#
##########################################################################################
#
#          Date UTC              Long.              Lat.          Distance     V.Mag    Phase
#              h  m  s          o  '  "           o  '  "          Rt.                    o
#
27  9  2015 21  0  0.00      0 44 23.61301 +00   0 15.7218   55.959707687  -12.63    3.47
27  9  2015 21  0 30.00      0 44 42.64971 +00   0 13.9548   55.959685632  -12.63    3.47
27  9  2015 21  1  0.00      0 45  1.68642 +00   0 12.1877   55.959663614  -12.63    3.46
27  9  2015 21  1 30.00      0 45 20.72316 +00   0 10.4206   55.959641634  -12.63    3.46
27  9  2015 21  2  0.00      0 45 39.75990 +00   0  8.6536   55.959619691  -12.63    3.45
27  9  2015 21  2 30.00      0 45 58.79667 +00   0  6.8865   55.959597787  -12.63    3.45
27  9  2015 21  3  0.00      0 46 17.83345 +00   0  5.1195   55.959575920  -12.63    3.44
27  9  2015 21  3 30.00      0 46 36.87025 +00   0  3.3524   55.959554091  -12.63    3.44
27  9  2015 21  4  0.00      0 46 55.9070[illegible] +00   0  1.5854   55.959532300  -12.63    3.43
27  9  2015 21  4 30.00      0 47 14.9438[illegible] -00   0  0.1817   55.959510546  -12.63    3.43
27  9  2015 21  5  0.00      0 47 33.98074 -00   0 [illegible]   55.959488830  -12.63    3.42
27  9  2015 21  5 30.00      0 47 53.01760 -00   0  3.7158   55.959467152  -12.63    3.42
27  9  2015 21  6  0.00      0 48 12.05450 -00   0  5.4829   55.959445512  -12.63    3.41
27  9  2015 21  6 30.00      0 48 31.09139 -00   0  7.2500   55.959423909  -12.63    3.41
27  9  2015 21  7  0.00      0 48 50.12830 -00   0  9.0170   55.959402344  -12.63    3.40
27  9  2015 21  7 30.00      0 49  9.16522 -00   0 10.7841   55.959380817  -12.63    3.40
27  9  2015 21  8  0.00      0 49 28.20216 -00   0 12.5512   55.959359328  -12.63    3.39
27  9  2015 21  8 30.00      0 49 47.23912 -00   0 14.3183   55.959337876  -12.63    3.39
27  9  2015 21  9  0.00      0 50  6.27609 -00   0 16.0853   55.959316462  -12.63    3.38
27  9  2015 21  9 30.00      0 50 25.31308 -00   0 17.8524   55.959295086  -12.63    3.38
27  9  2015 21 10  0.00      0 50 44.35008 -00   0 19.6195   55.959273748  -12.63    3.37
27  9  2015 21 10 30.00      0 51  3.38710 -00   0 21.3866   55.959252447  -12.63    3.37
27  9  2015 21 11  0.00      0 51 22.42413 -00   0 23.1536   55.959231184  -12.63    3.36
27  9  2015 21 11 30.00      0 51 41.46118 -00   0 24.9207   55.959209959  -12.63    3.36
#
# (C) 1998-2014, EPROC 3.0
```

la lune passe au noeud descendant de son orbite le 27/9/2015 à 21h04

- la latitude écliptique passe de positive à négative:
  l'éclipse a lieu au nœud descendant de l'orbite

- **l'éclipse a lieu après le passage de la Lune au nœud**, d'où la chronologie:

- 27/8 à 21h04 TU: passage au nœud
- 28/9 à 02h47 TU: maximum de l'éclipse
- 28/9 à 02h50 TU: Nouvelle Lune (conjonction)

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

‣ Serveur d'éphémérides de l'IMCCE

‣ Signification des paramètres calculés
‣ Fichier résultats au format ascii

```
#
##########################################################################################
#                        EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
##########################################################################################
#
# Satellite 10 Lune
# Theorie planetaire INPOP13C
# Coordonnees Astrometriques J2000
# Centre du repere : geocentre
# Coordonnees ecliptiques (Long, Lat)
#
##########################################################################################
#
#          Date UTC              Long.              Lat.            Distance      V.Mag    Phase
#             h  m   s          o  '   "          o  '   "            Rt.                    o
#
28  9  2015  2 45  0.00      4 23 21.42203 -00 20  2.9420    55.953474493  -12.85    0.34
28  9  2015  2 45 30.00      4 23 40.46396 -00 20  4.7059    55.953478531  -12.85    0.34
28  9  2015  2 46  0.00      4 23 59.50589 -00 20  6.4698    55.953482607  -12.85    0.34
28  9  2015  2 46 30.00      4 24 18.54783 -00 20  8.2336    55.953486721  -12.85    0.34
28  9  2015  2 47  0.00      4 24 37.58976 -00 20  9.997[illegible]    55.953490873  -12.85    0.34
28  9  2015  2 47 30.00      4 24 56.63169 -00 20 11.76[illegible]4    55.953495063  -12.85    0.34
28  9  2015  2 48  0.00      4 25 15.67362 -00 20 13.5[illegible]52    55.953499291  -12.85    0.34
28  9  2015  2 48 30.00      4 25 34.71555 -00 20 15.[illegible]891    55.953503556  -12.85    0.34
28  9  2015  2 49  0.00      4 25 53.75747 -00 20 17.[illegible]0529    55.953507859  -12.85    0.34
28  9  2015  2 49 30.00      4 26 12.79940 -00 20 1[illegible].8167    55.953512200  -12.85    0.34
28  9  2015  2 50  0.00      4 26 31.84132 -00 20 [illegible]    55.953516579  -12.85    0.34
28  9  2015  2 50 30.00      4 26 50.88324 -00 20 22.3443    55.953520996  -12.85    0.34
28  9  2015  2 51  0.00      4 27  9.92519 -00 20 24.1081    55.953525451  -12.85    0.34
28  9  2015  2 51 30.00      4 27 28.96711 -00 20 25.8719    55.953529943  -12.85    0.34
28  9  2015  2 52  0.00      4 27 48.00903 -00 20 27.6356    55.953534474  -12.85    0.34
28  9  2015  2 52 30.00      4 28  7.05095 -00 20 29.3994    55.953539042  -12.85    0.34
28  9  2015  2 53  0.00      4 28 26.09287 -00 20 31.1631    55.953543648  -12.85    0.34
28  9  2015  2 53 30.00      4 28 45.13478 -00 20 32.9269    55.953548292  -12.85    0.34
28  9  2015  2 54  0.00      4 29  4.17670 -00 20 34.6906    55.953552974  -12.85    0.34
28  9  2015  2 54 30.00      4 29 23.21861 -00 20 36.4543    55.953557693  -12.85    0.34
28  9  2015  2 55  0.00      4 29 42.26052 -00 20 38.2180    55.953562451  -12.85    0.34
28  9  2015  2 55 30.00      4 30  1.30243 -00 20 39.9817    55.953567246  -12.85    0.35
28  9  2015  2 56  0.00      4 30 20.34434 -00 20 41.7454    55.953572079  -12.85    0.35
28  9  2015  2 56 30.00      4 30 39.38624 -00 20 43.5090    55.953576950  -12.85    0.35
#
# (C) 1998-2014, EPROC 3.0
```

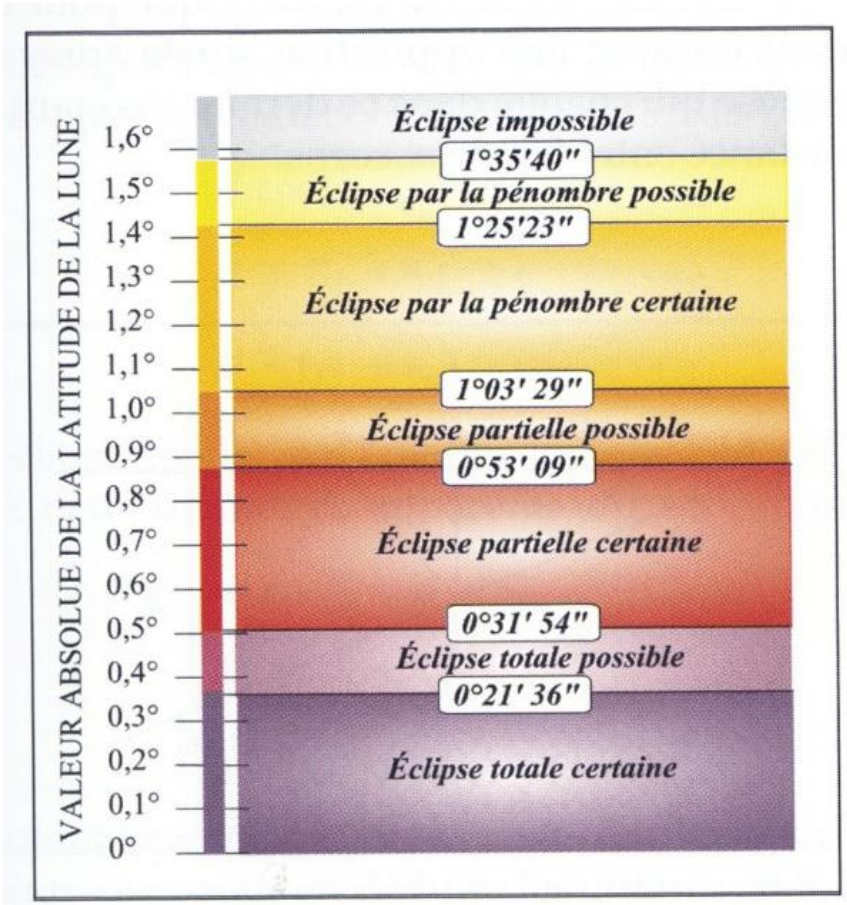
latitude de la Lune à la conjonction (2h50mn30s TU) : - 0°20'22"

si latitude Lune à la conjonction inférieure à 21'36"

ALORS

éclipse de Lune certaine

critère en latitude satisfait



Aspect éclipse de Lune du 28/9/2015 à Charnay

(simulation Stellarium)

2h11: P1

2h25
200° / 42°

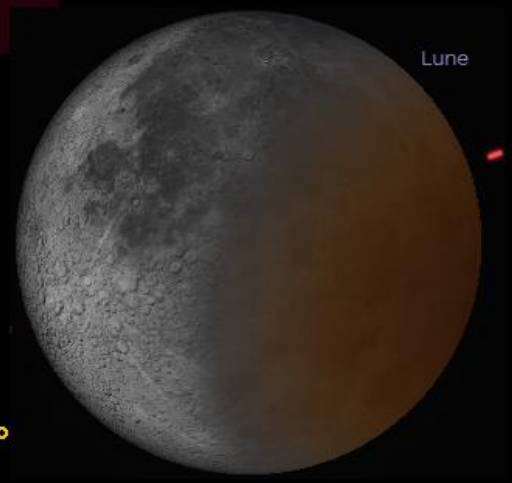
3h07: U1

3h30
219° / 37°

4h11: U2

4h45
238° / 27°

maximum



5h23: U3

6h00
253° / 16°

P1: 1er contact pénombre

U1: totalité pénombre; 1er contact ombre

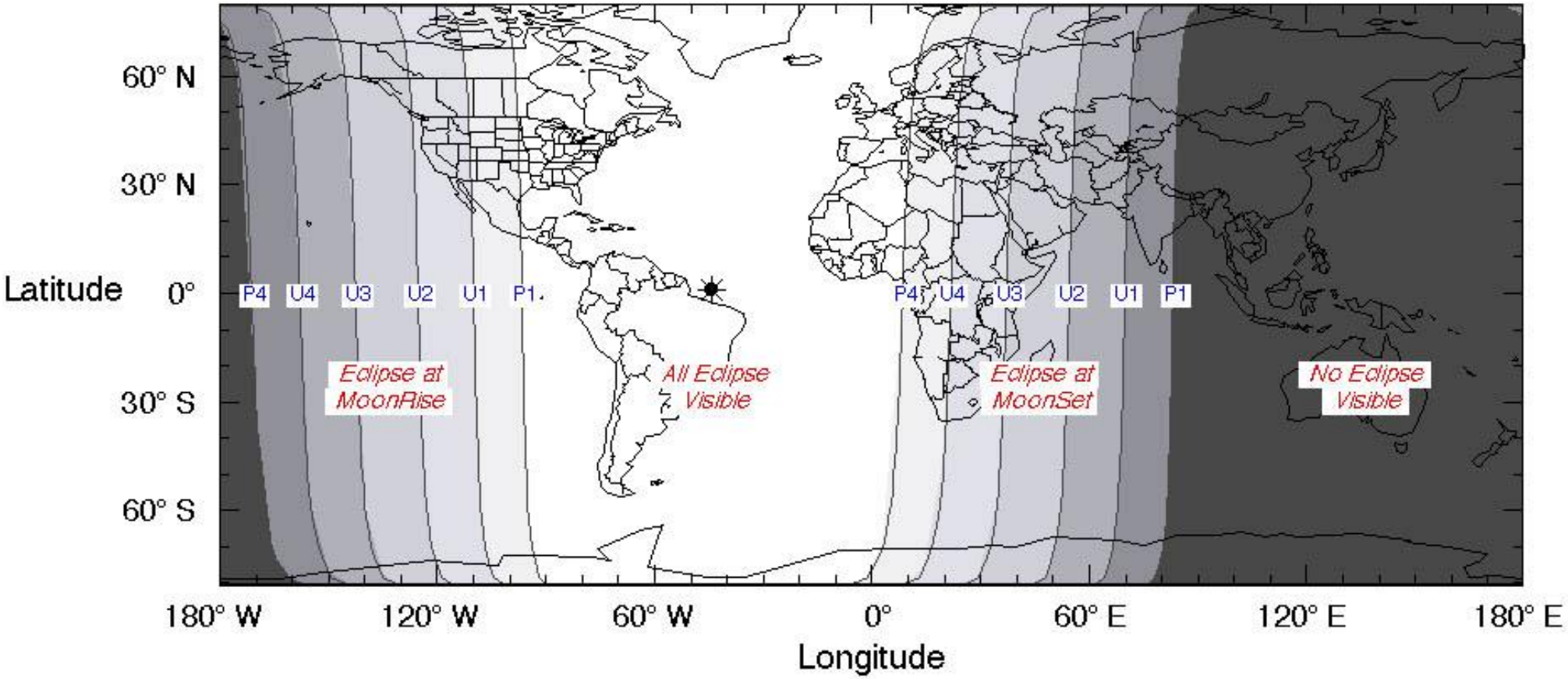
U2: totalité par l'ombre

U3: 2ème contact ombre (début sortie ombre)

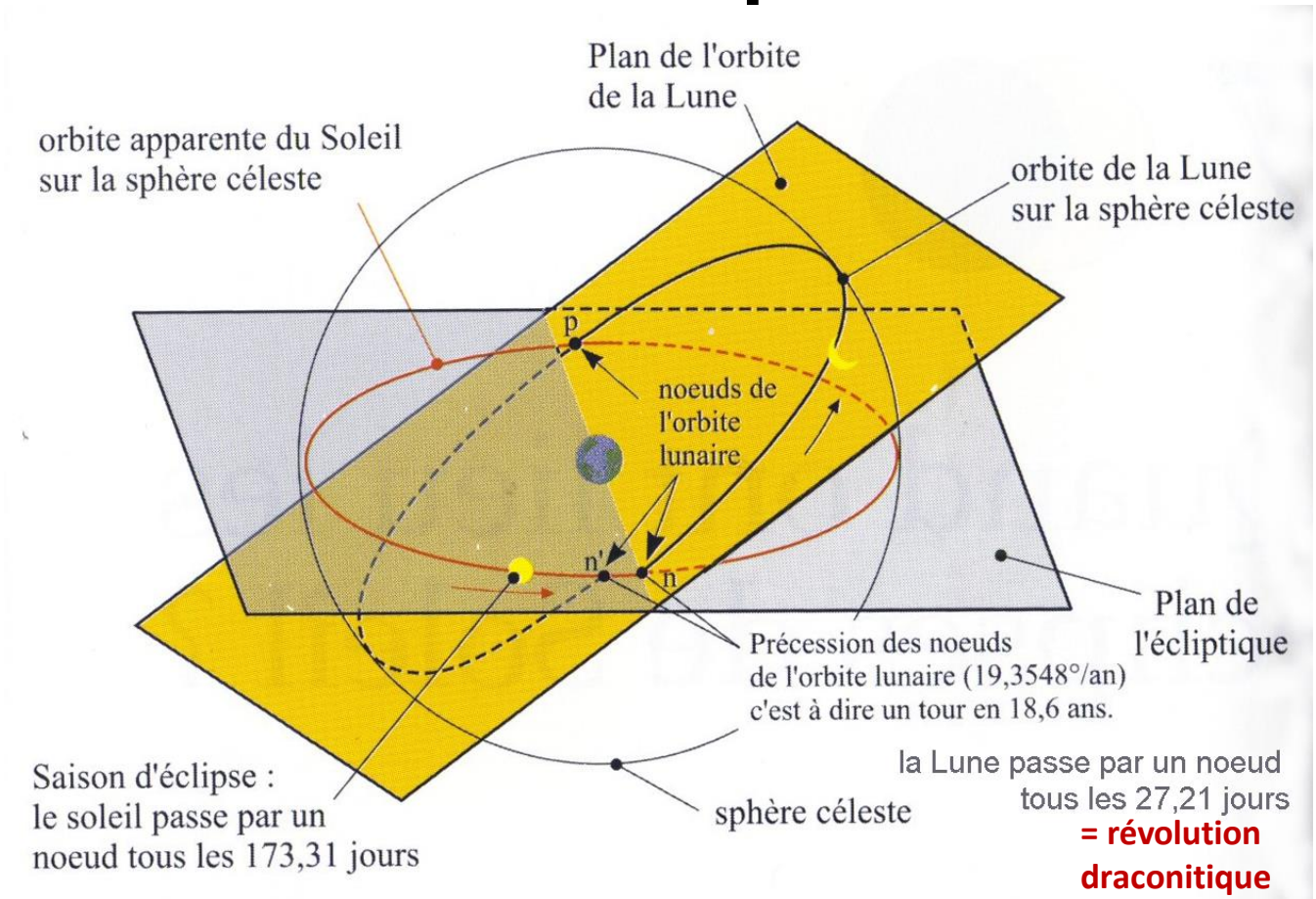
U4: 6h27; totalité pénombre (début sotie pénombre)

7h10: lever soleil

Visibilité de l'éclipse de Lune du 28 septembre 2015



Récurrence des éclipses



- le soleil parcourt: 360,008°/an
- le nœud lunaire tourne (en sens inverse) de: 19,355°/an

si T la période qui ramène le Soleil au <u>même</u> nœud, alors:

360,008 . T + 19,355 . T = 360 ➔ **T = 0,946 an soit 346j 14h**

donc tous les **173j 7h**, le Soleil passe par <u>un</u> nœud lunaire : c'est la **saison des éclipses**

Récurrence des éclipses

J

si <u>éclipse de Soleil</u> à la Nouvelle Lune

J + 14

alors <u>éclipse de Lune</u> possible à la pleine Lune.

2 éclipses (une Soleil, une Lune) consécutives à une demi-lunaison d'écart

Le critère de latitude (environ 30°) est « souple.

or le soleil ne parcourt que ~ (360°/365) . 29 < 30° en un mois lunaire

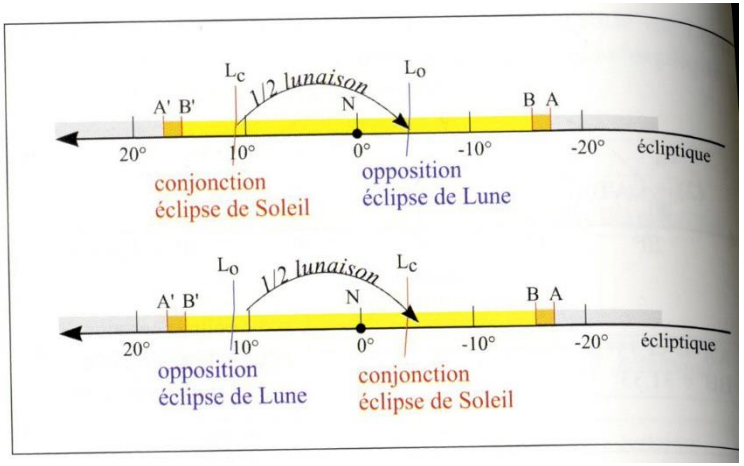
J + 29

la lune « a le temps » de revenir au même nœud
avant que le Soleil ne sorte de la plage favorable.

si une éclipse du Soleil a eu lieu « bien avant » un nœud, une seconde éclipse peut avoir lieu au même nœud à la lunaison suivante

6 ou plus rarement 5 lunaisons

Conjonction et opposition au voisinage du nœud avec un doublet d'éclipses.



au même nœud, au moins deux éclipses, et au plus trois

J + 173

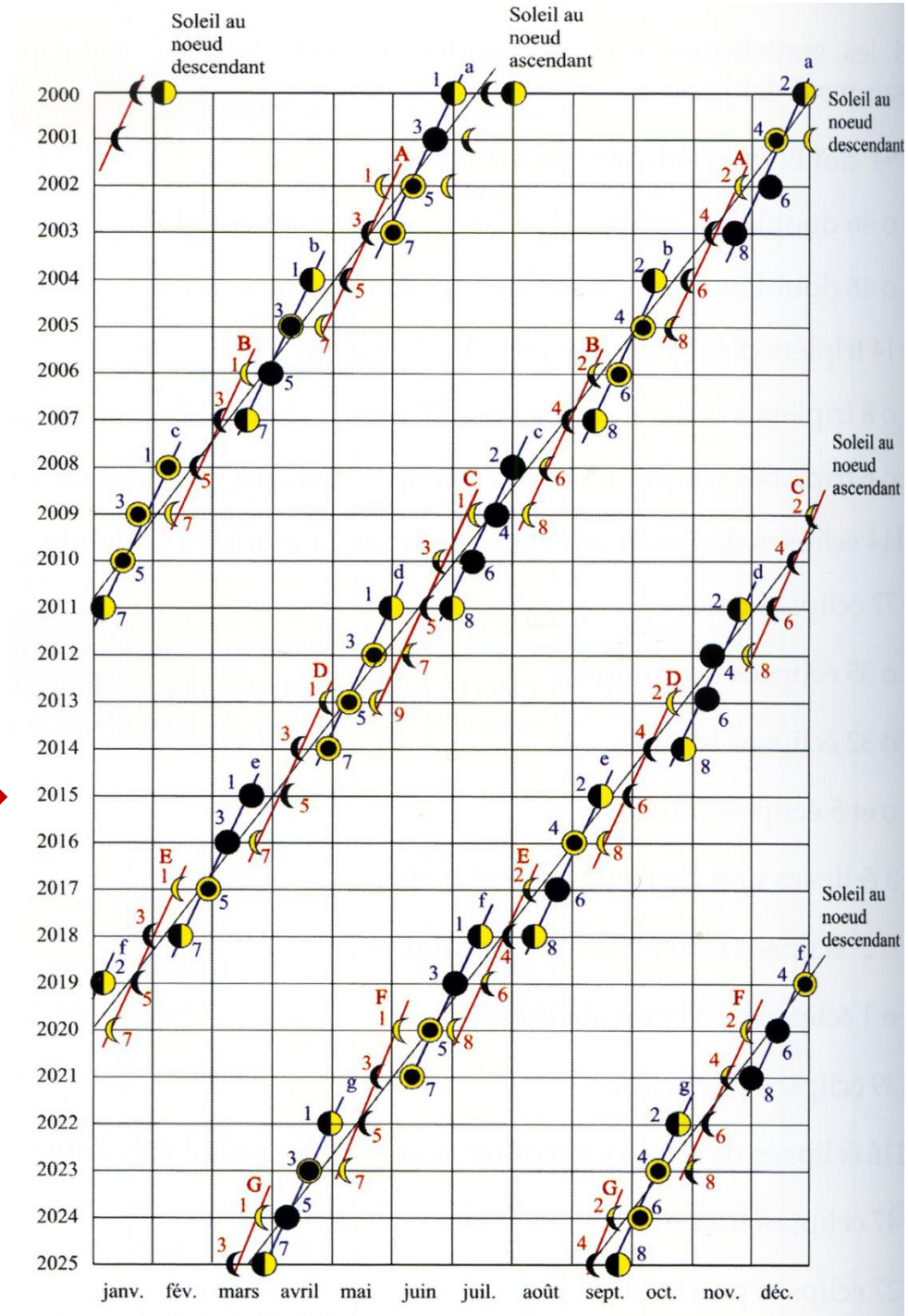
puis **le soleil a atteint le nœud suivant**. Une nouvelle **saison d'éclipses** commence

Récurrence des éclipses

les saisons d'éclipses dérivent
au fil des ans

2015

- **le 20 mars, éclipse totale de Soleil**
- le 4 avril, éclipse totale de Lune
- le 13 septembre, éclipse partielle de Soleil
- **le 28 septembre, éclipse totale de Lune**



Récurrence des éclipses

J	si <u>éclipse de Soleil ES1</u> à la Nouvelle Lune	
J + 14	**demi-lunaison**	Pleine Lune: alors <u>éclipse de Lune</u> possible à la pleine Lune.
J + 29 6 lunaisons	**lunaison**	éclipse de Soleil possible.
J + 173	**1ère saison d' éclipses** **(autre nœud que ES1)**	nouveau cycles d'éclipses – potentiellement très différentes de ES1
J + 346 222 saisons	**2ème saison d' éclipses** **(même nœud que ES1)**	nouveau cycles d'éclipses – potentiellement très différentes de ES1
J + 6585 (~18 ans)	**saros**	éclipse de « forme » analogue à ES1 – mais décalée en longitude
J+19755 (~54 ans)	**exeligmos**	éclipse semblable à ES1

Bibliographie

IMCCE, Le Manuel des éclipses, EDP Sciences, Paris, 2005

Stellarium