

# Variations de la latitude du cercle polaire lunaire liées à la déclinaison de la Lune

P. ROCHER, © LABORATOIRE TEMPS ET ESPACE – OBSERVATOIRE DE PARIS – PSL

## Rappel de la notion du cercle polaire lié à la visibilité du Soleil

En un lieu donné, la plus grande hauteur d'une étoile a lieu à l'instant de son passage au méridien supérieur, car si l'angle horaire est nul, la variation de hauteur est nulle. Ce n'est plus tout à fait la même chose pour le Soleil, la Lune et les planètes, la culmination a lieu proche de cet instant, car si l'angle horaire est nul au passage au méridien la variation de hauteur n'est pas nulle, car la déclinaison de ces astres n'est pas constante. Pour simplifier le problème, on va supposer que l'écart de hauteur entre la culmination de l'astre et sa hauteur à son passage au méridien est négligeable. Ce qui revient à supposer que la culmination ait lieu au passage au méridien<sup>1</sup>.

Pour un lieu de latitude  $\varphi$ , la hauteur  $h$  du passage au méridien supérieur d'un astre de déclinaison  $\delta$  dans l'hémisphère nord est donnée par la relation :

$$h = \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \delta \quad (1)$$

La ligne en latitude du cercle polaire (cercle de visibilité du lever) correspond à une hauteur nulle à l'instant du passage au méridien.

On a donc la relation suivante entre la latitude du cercle de visibilité de l'astre et la déclinaison de l'astre.

$$\varphi = \frac{\pi}{2} + \delta \quad (2)$$

Dans le cas du Soleil, la déclinaison varie de  $\varepsilon$  à  $-\varepsilon$ , avec  $\varepsilon = 23^\circ 26' 21,4419''$  (pour l'époque J2000). Donc dans l'hémisphère nord, le cercle polaire arctique à une latitude d'environ  $66^\circ 33'$ . Dans ce calcul, on a négligé la réfraction atmosphérique et le diamètre apparent du Soleil. Le Soleil ne se lève pas sur le cercle polaire à l'instant où la déclinaison est égale à  $\varepsilon$ , c'est-à-dire le jour du solstice d'hiver.

On remarque que le cas du Soleil est particulièrement simple dans la mesure où la valeur minimale de la déclinaison de l'astre est quasi fixe. Ce qui fait que l'on peut considérer que les cercles polaires sont fixes.

Pour les lieux dont la latitude est inférieure à la latitude du cercle polaire, le Soleil se lève et se couche chaque jour de l'année.

Pour les lieux dont la latitude est supérieure à la latitude du cercle polaire, il y a trois types de périodes différentes :

1. Une période où le Soleil ne se lève pas (nuit polaire) : lorsque sa déclinaison est inférieure à

$$\left( \varphi - \frac{\pi}{2} \right).$$

2. Une période où le Soleil ne se couche pas (jour polaire) : lorsque sa déclinaison est supérieure

$$\text{à } \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right).$$

---

<sup>1</sup> L'écart de temps pour la Lune peut atteindre 4,57 min à Paris, alors l'écart des hauteurs est de l'ordre de  $32,4''$ .

3. Deux périodes où le Soleil se lève et se couche : lorsque sa déclinaison est inférieure

$$\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) \text{ et supérieure à } \left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right).$$

Par exemple pour la latitude  $80^\circ$ , on a en 2024-2025, les relations périodes suivantes :

Nuit polaire	$\delta < -10^\circ$	20 octobre au 21 février
Lever et coucher du Soleil	$\delta > -10^\circ$ et $\delta < 10^\circ$	22 février au 14 avril
Jour polaire	$\delta > 10^\circ$	15 avril au 28 août
Lever et coucher du Soleil	$\delta > -10^\circ$ et $\delta < 10^\circ$	29 août au 21 octobre

## Rappel de la notion du cercle polaire lié à la visibilité de la Lune

La grande différence entre la Lune et le Soleil provient des valeurs extrêmes de la déclinaison de la Lune qui n'est pas constante, elle varie de plus ou moins cinq degrés par rapport aux valeurs extrêmes de la déclinaison du Soleil.

En effet, l'orbite de la Lune est inclinée d'environ  $5^\circ$  sur l'écliptique. L'intersection du plan orbital de la Lune avec le plan de l'écliptique est une droite qui porte le nom de ligne des nœuds lunaires. Or cette ligne des nœuds n'est pas fixe, elle se déplace en moyenne de  $19,34136185^\circ$  par année julienne (de 365,25 jours) dans le sens rétrograde par rapport à la ligne des équinoxes. On a donc un passage du nœud ascendant dans la direction de l'équinoxe de printemps tous les 18,61296029 ans (juliens) soit tous les 6798,383746 jours. Au voisinage de ce passage, les déclinaisons extrêmes de la Lune atteignent des valeurs de  $\pm 28^\circ$ . Par contre lorsque le nœud ascendant de la Lune passe par la direction de l'équinoxe d'automne, les déclinaisons extrêmes de la Lune atteignent des valeurs minimales de  $\pm 18^\circ$ .

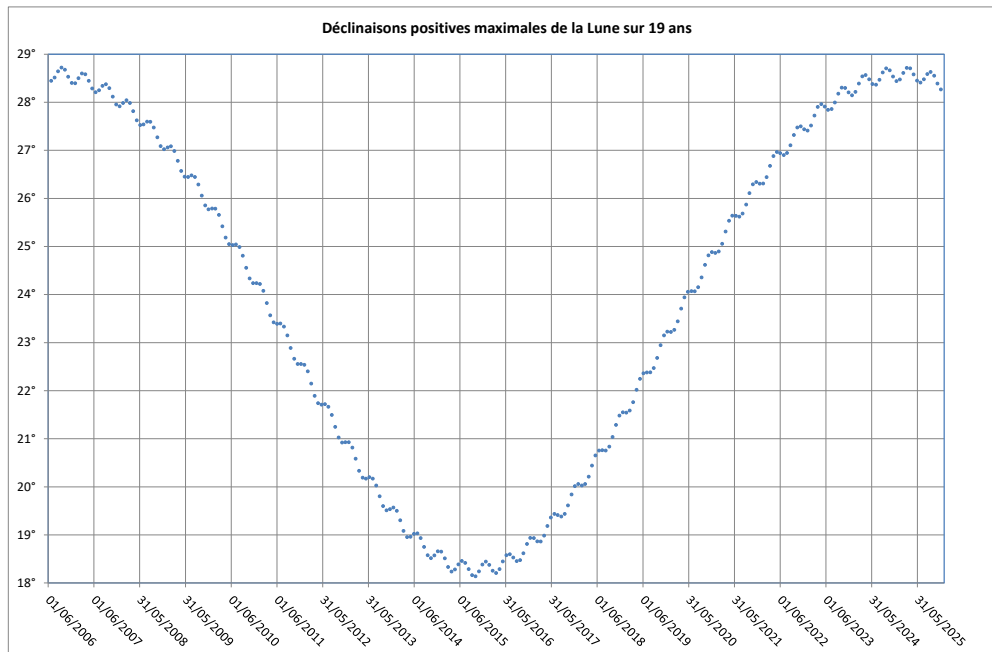


Figure 1 : Valeurs extrêmes de la déclinaison positive de la Lune sur 19 ans.

La figure ci-dessus donne les variations des valeurs maximales de la déclinaison positive de la Lune sur une période de 19 ans. On peut observer deux valeurs maximales de  $28,72^\circ$  qui tombent les 15 septembre 2006 et 7 mars 2025 et une valeur minimale de  $18,14^\circ$  qui tombe le 3 octobre 2015. Les valeurs maximales correspondent au passage de la direction du nœud ascendant de la Lune dans la

direction de l'équinoxe de printemps et la valeur minimale correspond au passage de la direction du nœud ascendant de la Lune dans la direction de l'équinoxe d'automne.

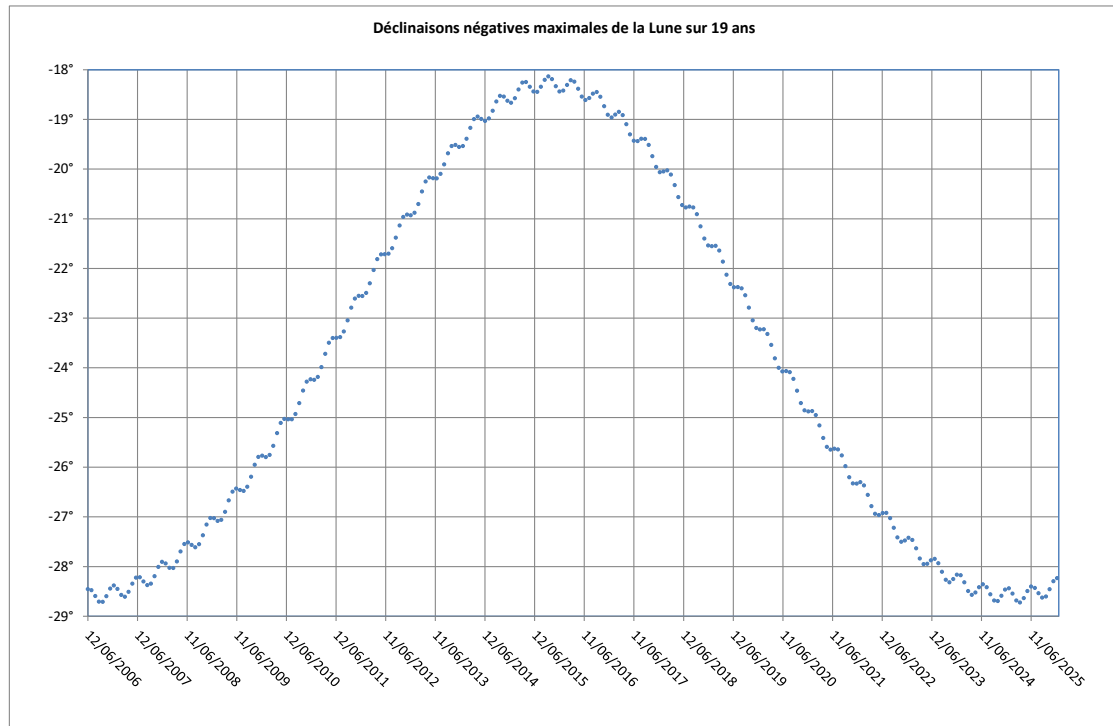


Figure 2 : Valeurs extrêmes de la déclinaison négative de la Lune sur 19 ans.

La figure 2 donne les variations des valeurs maximales de la déclinaison négative de la Lune sur une période de 19 ans. On peut observer deux valeurs minimales de  $-28,71^\circ$  et  $-28,72^\circ$  qui tombent respectivement le 29 septembre 2006 et 22 mars 2025 et une valeur minimale de  $-18,14^\circ$  qui tombe le 21 septembre 2015. Les valeurs maximales correspondent au passage de la direction du nœud ascendant de la Lune dans la direction de l'équinoxe et la valeur minimale correspond au passage de la direction du nœud ascendant de la Lune dans la direction de l'équinoxe d'automne.

Cela a une incidence directe sur la latitude des cercles polaires lunaires (limites de visibilité de la Lune), pour les cercles polaires nord cette latitude, si l'on utilise la formule (2), varie entre  $61,29^\circ$  et  $71,86^\circ$ .

On remarquera que l'Islande est à l'intérieur de cet intervalle. De nouveau, on ne tient pas compte de la réfraction  $R$  et du diamètre lunaire apparent  $d$ , la réfraction diminue ces valeurs d'environ  $36,6'$  et le rayon lunaire apparent diminue ces valeurs d'environ  $16'$  si l'on considère le lever coucher du bord supérieur de l'astre. On néglige également la parallaxe de la Lune  $\varpi$  qui dépend de la hauteur  $h$  de la Lune, de la distance Terre-Lune  $D$  et de la distance  $r$  de l'observateur au centre de la Terre. À l'horizon, la parallaxe moyenne de la Lune est de l'ordre de  $57'$ . Si l'on tient compte de la parallaxe, de la réfraction à l'horizon et du diamètre solaire moyen ( $16'$ ), l'équation (1) devient :

$$\varpi - R - \frac{1}{2}d = \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \delta$$

$$4,4' = \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \delta$$

Ce qui, en moyenne, diminue seulement la valeur  $\varphi$  de  $4,4'$  pour le lever coucher du bord supérieur de la Lune.

On peut également remarquer que les valeurs extrêmes des déclinaisons lunaires ont une incidence sur le coefficient de la marée océanique semi-diurne. En effet la hauteur de la marée lunaire est proportionnelle, en première approximation à  $(1 + \cos^2 \delta)$ , donc les minimas seront les plus faibles lorsque les déclinaisons maximales sont plus importantes.

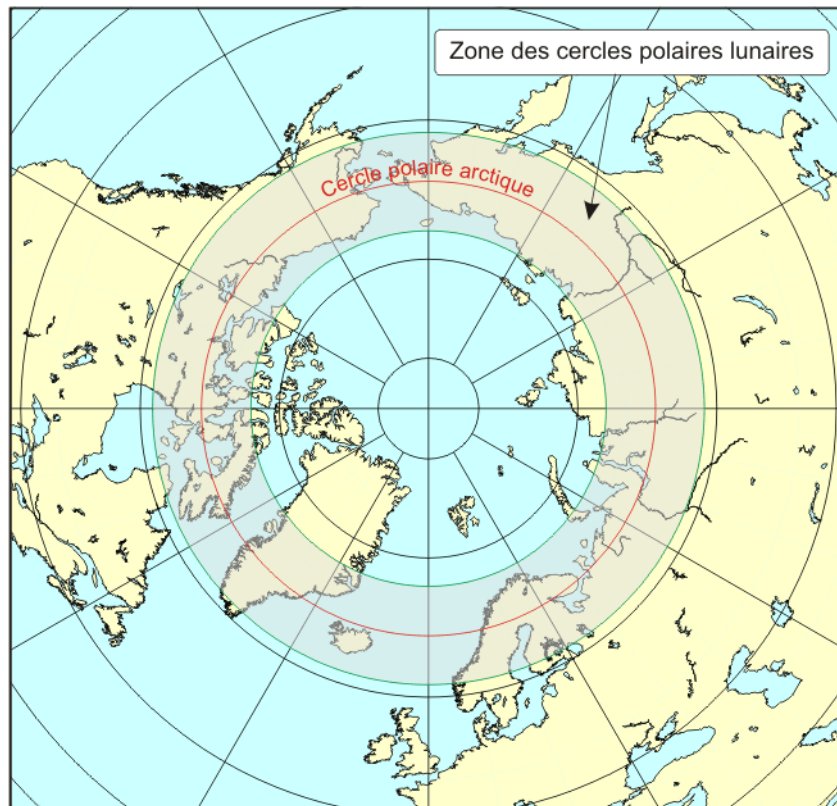


Figure 3 : Cartes des limites des cercles polaires lunaires.

À titre d'exemple, on va calculer les levers, les couchers et les passages au méridien de la Lune à Reykjavik (latitude : 64° 9' nord, longitude : 21° 58'ouest) pour le mois de septembre 2025.

Date	Lever en UTC	Azimut	Passage au méridien en UTC	Hauteur	Coucher en UTC	Azimut	Phase
29/08/2025	15h 45,2m	329,9°	18h 0,2m	2,7°S	20h 2,4m	27,1°	
30/08/2025	Sous l'horizon		18h 47,6m	- 0,6°S	Sous l'horizon		
31/08/2025	Sous l'horizon		19h 37,9m	- 2,9°S	Sous l'horizon		PQ
01/09/2025	Sous l'horizon		20h 30,7m	- 3,7°S	Sous l'horizon		
02/09/2025	Sous l'horizon		21h 24,8m	- 3,0°S	Sous l'horizon		
03/09/2025	Sous l'horizon		22h 18,9m	- 0,8°S	Sous l'horizon		
04/09/2025	21h 5,0m	331,9°	23h 11,8m	3,0°S			
05/09/2025	20h 44,1m	314,9°			1h 33,5m	31,5°	
06/09/2025	20h 30,3m	299,0°	0h 2,9m	8,1°S	3h 40,8m	49,8°	
07/09/2025	20h 19,0m	283,3°	0h 52,4m	14,2°S	5h 37,6m	67,0°	PL
08/09/2025	20h 8,6m	267,5°	1h 40,8m	21,0°S	7h 30,2m	84,1°	
09/09/2025	19h 58,2m	251,6°	2h 29,3m	28,2°S	9h 23,0m	101,3°	
10/09/2025	19h 46,7m	235,4°	3h 19,1m	35,3°S	11h 20,3m	118,8°	
11/09/2025	19h 32,0m	218,6°	4h 11,4m	41,9°S	13h 27,1m	137,0°	
12/09/2025	19h 5,5m	199,4°	5h 7,1m	47,4°S	15h 53,6m	157,6°	
13/09/2025	Sur l'horizon		6h 6,3m	51,4°S	Sur l'horizon		
14/09/2025	Sur l'horizon		7h 7,9m	53,6°S	Sur l'horizon		DQ
15/09/2025	Sur l'horizon		8h 9,7m	53,7°S	Sur l'horizon		

16/09/2025	22h 57,1m	197,3°	9h 9,3m	51,9°S	20h 29,8m	165,3°	
17/09/2025			10h 4,9m	48,5°S	19h 58,3m	146,1°	
18/09/2025	1h 19,2m	217,6°	10h 55,9m	43,8°S	19h 42,9m	130,6°	
19/09/2025	3h 15,3m	234,1°	11h 42,8m	38,3°S	19h 31,5m	116,1°	
20/09/2025	4h 59,6m	249,5°	12h 26,4m	32,3°S	19h 21,6m	102,2°	
21/09/2025	6h 37,2m	264,3°	13h 8,0m	26,2°S	19h 12,2m	88,5°	NL
22/09/2025	8h 11,7m	278,8°	13h 48,6m	20,1°S	19h 2,7m	75,1°	
23/09/2025	9h 46,6m	293,2°	14h 29,4m	14,3°S	18h 52,5m	61,6°	
24/09/2025	11h 25,1m	307,9°	15h 11,2m	8,9°S	18h 40,4m	47,9°	
25/09/2025	13h 11,9m	323,3°	15h 55,0m	4,3°S	18h 24,0m	33,4°	
26/09/2025	15h 19,7m	342,1°	16h 41,2m	0,5°S	17h 51,9m	15,5°	
27/09/2025	Sous l'horizon		17h 30,1m	- 2,1°S	Sous l'horizon		
28/09/2025	Sous l'horizon		18h 21,3m	- 3,5°S	Sous l'horizon		
29/09/2025	Sous l'horizon		19h 14,0m	- 3,5°S	Sous l'horizon		PQ
30/09/2025	Sous l'horizon		20h 7,1m	- 1,9°S	Sous l'horizon		
01/10/2025	19h 32,9m	341,0°	20h 59,4m	1,1°S	22h 38,3m	21,8°	

On remarque qu'il y a bien des périodes (du 30 août au 4 septembre et du 27 septembre au 30 septembre) où la Lune reste en dessous l'horizon (nuit lunaire polaire) et des périodes (du 13 septembre au 16 septembre) où la Lune reste au-dessus de l'horizon (jour lunaire polaire) et deux périodes où la Lune se lève et se couche. On a donc une situation similaire aux levers couchers du Soleil au-dessus du cercle polaire arctique sur une année. On rappelle que la période de révolution sidérale moyenne de la Lune est de l'ordre de 27,32 jours.

Calculons maintenant ces mêmes données pour le mois de septembre 2015.

Date	Lever en UTC	Azimut	Passage au méridien en UTC	Hauteur	Coucher en UTC	Azimut	Phase
01/09/2015	21h 14,2m	253,9°	3h 33,1m	28,8°S	10h 29,8m	101,5°	
02/09/2015	21h 31,9m	244,1°	4h 28,3m	33,4°S	12h 5,6m	112,2°	
03/09/2015	21h 53,7m	235,7°	5h 23,2m	37,3°S	13h 37,0m	121,6°	
04/09/2015	22h 22,2m	229,3°	6h 18,0m	40,3°S	15h 1,3m	129,0°	
05/09/2015	23h 0,2m	225,4°	7h 12,2m	42,3°S	16h 14,8m	133,8°	DQ
06/09/2015	23h 49,7m	224,7°	8h 5,7m	43,3°S	17h 14,6m	135,4°	
07/09/2015	---		8h 57,8m	43,1°S	17h 59,9m	133,9°	
08/09/2015	0h 50,3m	227,0°	9h 48,2m	42,0°S	18h 32,9m	129,8°	
09/09/2015	1h 59,0m	231,8°	10h 36,6m	40,1°S	18h 57,0m	123,9°	
10/09/2015	3h 12,4m	238,5°	11h 23,2m	37,5°S	19h 15,1m	116,7°	
11/09/2015	4h 27,8m	246,2°	12h 8,1m	34,3°S	19h 29,5m	108,9°	
12/09/2015	5h 43,5m	254,6°	12h 51,6m	30,8°S	19h 41,6m	100,6°	
13/09/2015	6h 59,0m	263,3°	13h 34,2m	27,0°S	19h 52,6m	92,1°	NL
14/09/2015	8h 14,3m	272,2°	14h 16,5m	23,2°S	20h 3,3m	83,6°	
15/09/2015	9h 29,4m	281,0°	14h 58,9m	19,5°S	20h 14,7m	75,3°	
16/09/2015	10h 44,6m	289,6°	15h 42,1m	16,0°S	20h 27,5m	67,2°	
17/09/2015	11h 59,6m	297,7°	16h 26,5m	12,9°S	20h 43,1m	59,7°	
18/09/2015	13h 13,8m	305,0°	17h 12,5m	10,2°S	21h 3,3m	53,0°	
19/09/2015	14h 25,1m	310,9°	18h 0,5m	8,3°S	21h 30,6m	47,8°	
20/09/2015	15h 30,6m	314,7°	18h 50,7m	7,2°S	22h 8,3m	44,7°	
21/09/2015	16h 26,8m	315,7°	19h 42,8m	7,0°S	22h 59,9m	44,5°	PQ
22/09/2015	17h 11,5m	313,6°	20h 36,6m	7,8°S			
23/09/2015	17h 45,4m	308,4°	21h 31,6m	9,7°S	0h 6,6m	47,6°	
24/09/2015	18h 10,9m	300,8°	22h 27,3m	12,7°S	1h 26,6m	53,8°	
25/09/2015	18h 30,9m	291,6°	23h 23,3m	16,7°S	2h 56,2m	62,3°	
26/09/2015	18h 47,6m	281,2°			4h 31,7m	72,6°	
27/09/2015	19h 2,9m	270,3°	0h 19,4m	21,3°S	6h 10,4m	83,9°	

28/09/2015	19h 18,2m	259,3°	1h 15,7m	26,2°S	7h 50,3m	95,5°	PL
29/09/2015	19h 35,1m	248,8°	2h 12,2m	31,1°S	9h 29,8m	106,9°	
30/09/2015	19h 55,6m	239,4°	3h 9,0m	35,5°S	11h 6,7m	117,3°	

On constate bien que la Lune se lève et se couche tous les jours et qu'il n'y a plus de périodes de nuit lunaire polaire et de jour polaire lunaire.

Sur les graphiques des figures 1 et 2, on peut remarquer que l'évolution des valeurs extrêmes des déclinaisons lunaires n'est pas régulière, mais qu'elle présente des variations périodiques. Ces variations sont de deux ordres, un périodique ayant la même période que le mouvement rétrograde de la ligne des nœuds lunaire (18,6 ans) et un second quasi périodique qui est lié à la fois aux variations de vitesse de cette ligne, dont le principal argument dépend du cosinus de la différence entre la longitude moyenne de la Lune et la longitude moyenne du nœud ascendant et également aux variations de l'inclinaison de l'orbite lunaire, dont la plus forte amplitude est de l'ordre de 8,1' sur une période de 173 jours.

Les figures 4 et 5 donnent ces variations de la déclinaison négative et positive maximale sur la période de 19 ans.

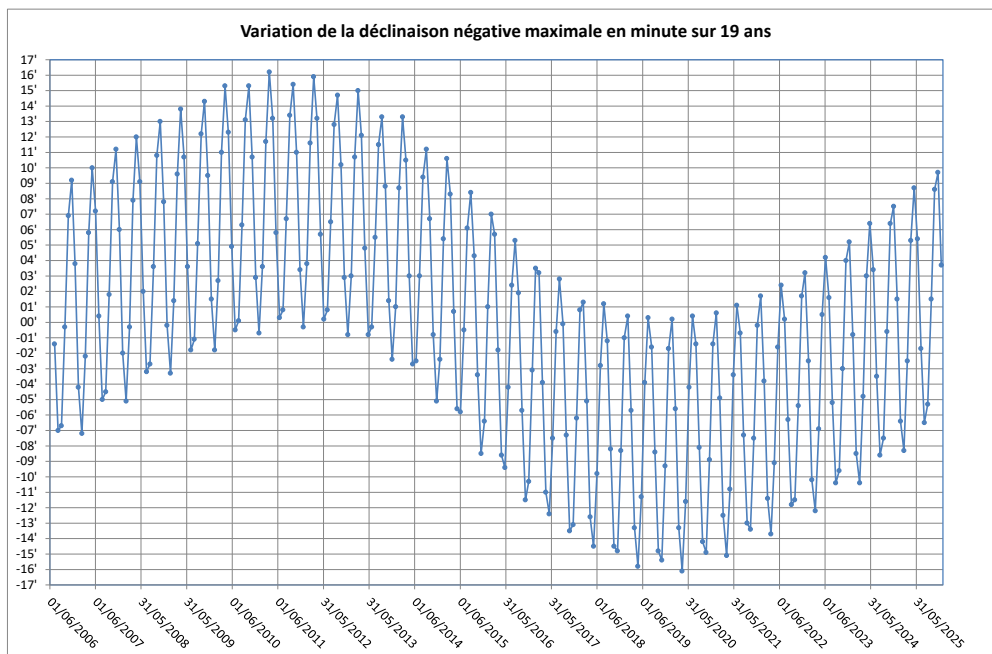


Figure 4 : Variations de la déclinaison négative maximale de la Lune.

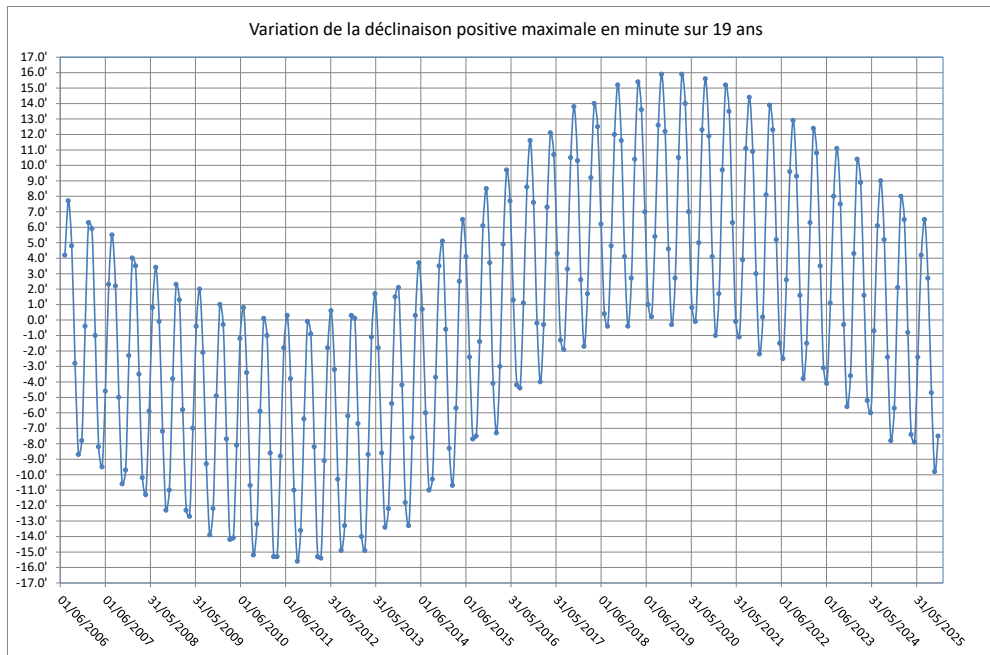


Figure 5 : Variations de la déclinaison positive maximale de la Lune.

Les valeurs extrêmes de la hauteur de la Lune au méridien se calculent avec la formule (1) qui devient :

$$h_{\max} = \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \delta_{\max} \quad (3)$$

Comme les valeurs extrêmes des maxima des déclinaisons varient entre  $18,14^\circ$  et  $28,72^\circ$  les hauteurs maximales vont varier également d'environ  $10,6^\circ$  sur une période de 18,6 ans.

Remarques : Ces valeurs extrêmes correspondent également à des valeurs extrêmes des amplitudes ortives et occases de la Lune à son lever et à son coucher.

En effet : les azimuts  $a$  du lever et du coucher de la Lune sont donnés par les formules suivantes :

$$\cos R_0 \cdot \cos a = \sin R_0 \tan \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Où  $R_0$  est la réfraction horizontale moyenne et  $\delta$  est la déclinaison de la Lune. Alors  $a$  est l'azimut au coucher et  $a + \pi$  est l'azimut du lever. L'amplitude ortive est égale à :  $a - 270^\circ$ , et l'amplitude occase est égale à :  $a - 90^\circ$ . On remarque que si l'on néglige la réfraction atmosphérique ( $R_0 = 0 \Rightarrow \sin R_0 = 0$  et  $\cos R_0 = 1$ ) alors

$$\cos a = - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Le  $\cos a$  est nul lorsque la déclinaison est nulle (le jour où la Lune est dans l'équateur) et l'on a bien  $a = 90^\circ$  et  $a = 270^\circ$  alors les amplitudes occases et ortives sont nulles et la Lune se lève plein Est et se couche plein Ouest quelle que soit la latitude du lieu. De même, les valeurs extrêmes de  $a$  correspondent aux valeurs extrêmes de la déclinaison de la Lune (c'est l'équivalent des solstices pour le Soleil).

## Les lignes des tropiques.

Les lignes tropiques solaires correspondent aux parallèles dont les latitudes sont égales aux déclinaisons extrêmes du Soleil, ce sont les limites des lieux sur Terre où le Soleil passe au zénith ( $h = 90^\circ$ ).

De la même manière les limites en latitudes des passages de la Lune au zénith vont définir des lignes tropiques lunaires, qui vont varier en raison des variations des déclinaisons maximales. Ainsi la zone intertropicale lunaire va évoluer entre  $18,14^\circ$  sud –  $18,14^\circ$  nord et  $28,72^\circ$  sud –  $28,72^\circ$  nord, sur une période de 18,6 ans. Ce qui représente une variation des plus  $21^\circ$  d'amplitude.

## Évolution des levers, des couchers et des passages au méridien de la Lune en fonction de la phase.

### Les révolutions de la Lune et son avance par rapport au Soleil.

La révolution synodique moyenne de la Lune à l'époque J2000 est  $L = 29,53058885$  jours, cette période représente le mouvement moyen de la Lune dans un repère tournant lié au mouvement moyen du Soleil, on l'obtient en combinant les mouvements sidéraux moyens des deux corps. La révolution sidérale moyenne de la Lune est  $T_{SL} = 27,32166154$  jours et la sidérale moyenne du Soleil est  $T_{SS} = 365,2563632$  jours. Comme les deux corps tournent dans le même sens, la révolution synodique de la Lune s'obtient par la formule suivante :

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{T_{SL}} - \frac{1}{T_{SS}}$$

Le mouvement moyen en longitude de la Lune par rapport au Soleil est donc de  $360^\circ/L = 12,19074912^\circ$  par jour. Si on exprime cet angle en heure, minute et seconde, on trouve une avance de 48min 45,78s, on en déduit parfois à tort que la Lune passe au méridien chaque jour avec un retard de 48 minutes environ ce qui est faux !

De même le mouvement moyen de la Lune par rapport aux étoiles, c'est-à-dire sa révolution sidérale moyenne nous donne une avance journalière de  $13,17635823^\circ$  par jour, soit un angle de 52 min 42,33s. De nouveau cette valeur est un angle qui traduit l'évolution moyenne journalière du mouvement en longitude de la Lune par rapport aux étoiles, ce n'est pas un temps qui exprimerait le retard de la Lune à chaque passage au méridien.

Pour avoir le temps moyen qui sépare deux passages au méridien de la Lune, il faut combiner la révolution sidérale moyenne de la Terre est  $R_{ST} = 23\text{h } 56\text{min } 4\text{s}$  avec la révolution sidérale moyenne de la Lune ( $T_{SL} = 27,32166154$  jours). De nouveau les deux corps tournent dans le même sens donc :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{R_{ST}} - \frac{1}{T_{SL}}$$

Ce qui donne  $T = 24,84117258$  jours = 24h 50min 28,22s, donc tous les jours la Lune passe en moyenne 50min 28,22s en retard au méridien, soit un retard de 50,5 min environ sur le Soleil. On remarquera que c'est également le décalage moyen que l'on constate entre deux marées journalières sur les côtes atlantiques. Ce qui est normal, la marée océanique en Atlantique Nord est semi-diurne et la Lune est responsable d'environ les 2/3 de son amplitude. La marée suit donc la Lune.

Cette variation moyenne d'environ 50,5 minutes est également la moyenne des écarts des levers et des couchers successifs, mais les valeurs constatées s'écartent beaucoup de cette valeur moyenne : le



tableau suivant donne les variations extrêmes et les moyennes des écarts entre les levers, les passages au méridien et les couchers successifs à Paris sur 12 lunaisons allant du 7 janvier 2025 (PQ) au 27 décembre 2025 (PQ). Nous verrons par la suite l'explication de ce phénomène

Écart entre	Minimum	Moyenne	Maximum
Levers	14m28s	50m 14s	1h24m41s
Passages	39m06s	50m 25s	1h7m45s
Couchers	12m01s	50m 00s	1h32m53s

La Lune présente des phases très marquées. Nous pouvons étudier la hauteur de la Lune et la durée du jour lunaire en fonction de la phase et de l'époque de l'année. On rappelle que l'année solaire de 365 jours (366 jours) comporte douze lunaisons de 29,5 jours (soit 354 jours) et onze ou douze jours supplémentaires. Durant ces onze ou douze jours, il ne s'écoule jamais une demi-lunaison (14,5 jours), donc dans une année, il n'y a jamais simultanément 13 nouvelles lunes et 13 pleines lunes.

L'orbite de la Lune est inclinée d'environ  $5^\circ$  sur l'écliptique. Donc la Lune peut se trouver à une latitude comprise entre plus ou moins  $5^\circ$  par rapport à l'écliptique, donc à une déclinaison comprise entre la déclinaison du Soleil plus ou moins cinq degrés. Dans les paragraphes suivants, chaque fois que nous utilisons le terme  $\pm 5^\circ$  cela désigne l'intervalle compris entre ces bornes et non les bornes de l'intervalle.

On appelle jour lunaire la période de temps où la Lune est levée et on appelle nuit lunaire la période de temps où la Lune est couchée.

### Déclinaison de la Lune en fonction des phases.

Décrivons dans un premier temps la valeur de la déclinaison de la Lune par rapport à la déclinaison du Soleil en fonction des phases lunaires.

#### Lune en conjonction :

Lorsque la Lune est en conjonction (nouvelle lune), elle se trouve à proximité du Soleil, elle se lève et se couche presque en même temps que lui et sa déclinaison est égale à celle du Soleil plus ou moins environ  $5^\circ$ .

#### Lune au premier quartier :

Lorsque la Lune est au premier quartier, elle est en quadrature Est, elle se lève approximativement lorsque le Soleil est au méridien supérieur (midi vrai<sup>2</sup>) et se couche lorsque le Soleil est au méridien inférieur (minuit vrai<sup>3</sup>), elle est donc visible depuis midi vrai jusqu'à la fin de la première moitié de la nuit. Sa déclinaison est celle qu'aura le Soleil trois mois plus tard, plus ou moins environ  $5^\circ$ .

#### Lune en opposition :

Lorsque la Lune est en opposition (pleine lune), elle se trouve à l'opposé du Soleil, elle se lève lorsque le Soleil se couche et se couche lorsque le Soleil se lève. Sa déclinaison est donc l'opposé de la déclinaison de Soleil, plus ou moins environ  $5^\circ$ .

#### Lune au dernier quartier :

Lorsque la Lune est au dernier quartier, elle est en quadrature Ouest, elle se lève approximativement lorsque le Soleil est au méridien inférieur (minuit vrai) et se couche lorsque le Soleil est au méridien supérieur (midi vrai), elle est donc visible depuis la seconde partie de la nuit jusqu'à midi. Sa déclinaison est celle qu'avait le Soleil trois mois plus tôt, plus ou moins environ  $5^\circ$ .

<sup>2</sup> Midi vrai correspond à l'instant où le Soleil passe au méridien supérieur.

<sup>3</sup> Minuit vrai correspond à l'instant où le Soleil passe au méridien inférieur.

Dans le tableau suivant, nous allons donner les déclinaisons de la Lune, en fonction des phases et des saisons.  $\varepsilon$  est la valeur de l'obliquité (inclinaison de l'écliptique sur l'équateur,  $\varepsilon = 23^{\circ}26'21,4419''$  pour l'époque J2000).

Saison	Hiver	Printemps	Été	Automne
Nouvelle lune	$-\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$	$+\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$
Premier quartier	$\pm 5^{\circ}$	$+\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$	$-\varepsilon \pm 5^{\circ}$
Pleine lune	$+\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$	$-\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$
Dernier quartier	$\pm 5^{\circ}$	$-\varepsilon \pm 5^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$	$+\varepsilon \pm 5^{\circ}$
Déclinaison du Soleil $\delta =$	$-\varepsilon$	$0^{\circ}$	$+\varepsilon$	$0^{\circ}$

On rappelle que la hauteur du passage au méridien d'un astre est égale à la colatitude du lieu plus la déclinaison de l'astre et que la durée où l'astre est levé croît et décroît avec la déclinaison de l'astre.

L'analyse du tableau nous donne les renseignements suivants :

- La nouvelle lune tout au long de l'année se comporte comme le Soleil.
- La pleine lune se comporte comme le Soleil de la saison opposée, ainsi la pleine lune d'été se comporte comme le Soleil d'hiver, elle se lève au sud-est, ne monte pas haut au méridien et se couche au sud-ouest. La durée où elle est au-dessus de l'horizon est la plus courte de l'année, le jour lunaire est minimum.
- La pleine lune d'hiver se comporte comme un Soleil d'été, elle se lève au nord-est, monte haut à son passage au méridien et se couche au nord-ouest. La durée où elle est au-dessus de l'horizon est la plus longue de l'année, le jour lunaire est maximum.
- Les pleines lunes d'équinoxe se comportent comme le Soleil d'équinoxe. Elles sont proches de l'équateur ( $\pm 5^{\circ}$ ) : la Lune se lève presque à l'est et se couche presque à l'ouest et sa hauteur au passage au méridien est égale à la colatitude du lieu  $\pm 5^{\circ}$ . Le jour lunaire est sensiblement égal à la nuit lunaire.
- Les premiers quartiers et les derniers quartiers d'hiver et d'été se comportent également comme un Soleil d'équinoxe : la Lune se lève presque à l'est et se couche presque à l'ouest et sa hauteur au passage au méridien est égale à la colatitude du lieu  $\pm 5^{\circ}$ . Le jour lunaire est sensiblement égal à la nuit lunaire.
- Le premier quartier de printemps d'hiver et le dernier quartier d'automne se comportent comme le Soleil d'été : la Lune se lève au nord-est, monte haut à son passage au méridien et se couche au nord-ouest. La durée où elle est au-dessus de l'horizon est la plus longue de l'année. Le jour lunaire est maximum.
- Le premier quartier d'automne et le dernier quartier de printemps se comportent comme un Soleil d'hiver : la Lune se lève au sud-est, ne monte pas haut au méridien et se couche au sud-ouest. La durée où elle est au-dessus de l'horizon est la plus courte de l'année. le jour lunaire est minimum.

La figure suivante représente les positions des phases lunaires en fonction des saisons et les valeurs des déclinaisons qui leur correspondent.

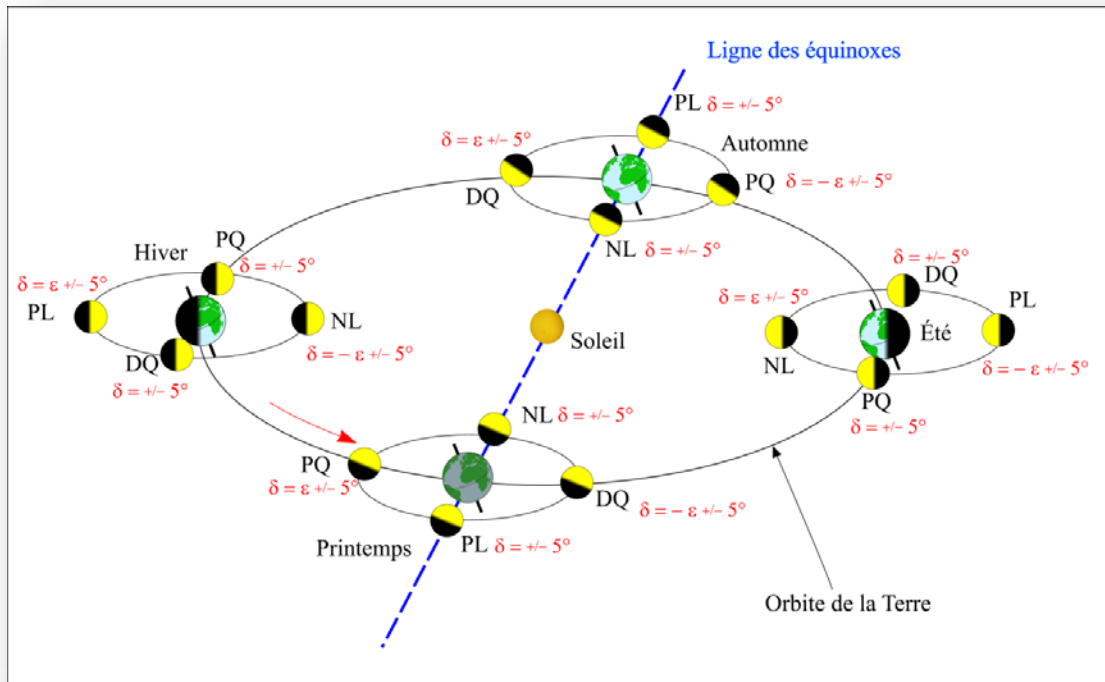


Figure 5 : Positions des phases lunaires en fonction des saisons.

Sur cette figure on voit que chaque déclinaison indiquée est affectée d'un  $\pm 5^\circ$ . Or la valeur de l'écart à la déclinaison Soleil à une saison donnée dépend de la position de la ligne des nœuds de l'orbite lunaire par rapport à la ligne des équinoxes.

On va donc passer en revue des différents cas de figure lorsque la ligne de nœuds fait un tour rétrograde par rapport à la ligne des équinoxes en 18,6 ans.

On va traiter quatre cas en faisant tourner la ligne des nœuds de  $90^\circ$  d'une manière rétrograde à partir d'une position initiale correspondant au nœud ascendant de la Lune dans la direction de l'équinoxe de printemps. Les différentes phases tombant au voisinage des dates des solstices et des équinoxes auront des déclinaisons proches des valeurs indiquées. Les valeurs des déclinaisons données dans le tableau suivant correspondent aux valeurs obtenues si la phase considérée a lieu le jour des débuts de chaque saison. C'est donc approximatif, car si la nouvelle lune a lieu le jour du solstice d'hiver les pleines lunes voisines sont espacées d'environ 14 jours, donc leurs déclinaisons peuvent avoir fortement changé. Par contre les phases changeant environ tous les 7 jours, il y a toujours une phase proche de la date des solstices ou des équinoxes. C'est pour cette phase que le tableau donne une déclinaison réaliste.

Direction du nœud ascendant de la Lune	Corps	Déclinaison Hiver	Déclinaison Printemps	Déclinaison Été	Déclinaison Automne
	Soleil	$-\varepsilon$	$0^\circ$	$+\varepsilon$	$0^\circ$
Équinoxe de printemps $\Delta\delta \approx +5^\circ$	NL	$-\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$	$+\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$
	PQ	$0^\circ$	$+\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$	$-\varepsilon - 5^\circ$
	PL	$+\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$	$-\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$
	DQ	$0^\circ$	$-\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$	$+\varepsilon + 5^\circ$
Solstice	NL	$-\varepsilon$	$+5^\circ$	$+\varepsilon$	$-5^\circ$

d'hiver $\Delta\delta \approx 0^\circ$	PQ	+5	$+\varepsilon$	$-5^\circ$	$-\varepsilon$
	PL	$+\varepsilon$	$-5^\circ$	$-\varepsilon$	$+5^\circ$
	DQ	$-5^\circ$	$-\varepsilon$	$+5^\circ$	$+\varepsilon$
Équinoxe d'automne printemps $\Delta\delta \approx -5^\circ$	NL	$-\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$	$+\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$
	PQ	$0^\circ$	$+\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$	$-\varepsilon + 5^\circ$
	PL	$+\varepsilon - 5^\circ$	$0^\circ$	$-\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$
	DQ	$0^\circ$	$-\varepsilon + 5^\circ$	$0^\circ$	$+\varepsilon - 5^\circ$
Solstice d'été $\Delta\delta \approx 0^\circ$	NL	$-\varepsilon$	$-5^\circ$	$+\varepsilon$	$+5^\circ$
	PQ	$-5^\circ$	$+\varepsilon$	$+5^\circ$	$-\varepsilon$
	PL	$\varepsilon$	$+5^\circ$	$-\varepsilon$	$-5^\circ$
	DQ	$+5^\circ$	$-\varepsilon$	$-5^\circ$	$+\varepsilon$

Ce tableau permet de connaître les dates où les phases et les hauteurs de la Lune sont propices à l'observation.

Ainsi au cours de l'année, les pleines lunes d'hivers culminent au plus haut, mais la hauteur de cette culmination dépend la position de la ligne des nœuds. Ainsi elle vaut  $(\pi/2 - \delta) + 28^\circ$  lorsque le nœud ascendant est dans la direction de l'équinoxe de printemps,  $(\pi/2 - \delta) + 23^\circ$  lorsque le nœud ascendant est dans la direction du solstice d'hiver,  $(\pi/2 - \delta) + 18^\circ$  lorsque le nœud ascendant est dans la direction de l'équinoxe d'automne et  $(\pi/2 - \delta) + 23^\circ$  lorsque le nœud ascendant est dans la direction du solstice d'été.

À titre d'exemple, la figure suivante donne, pour un lieu de l'hémisphère nord, les hauteurs et les durées des jours lunaires dans le cas où le nœud ascendant de la Lune est dans la direction de l'équinoxe de printemps.

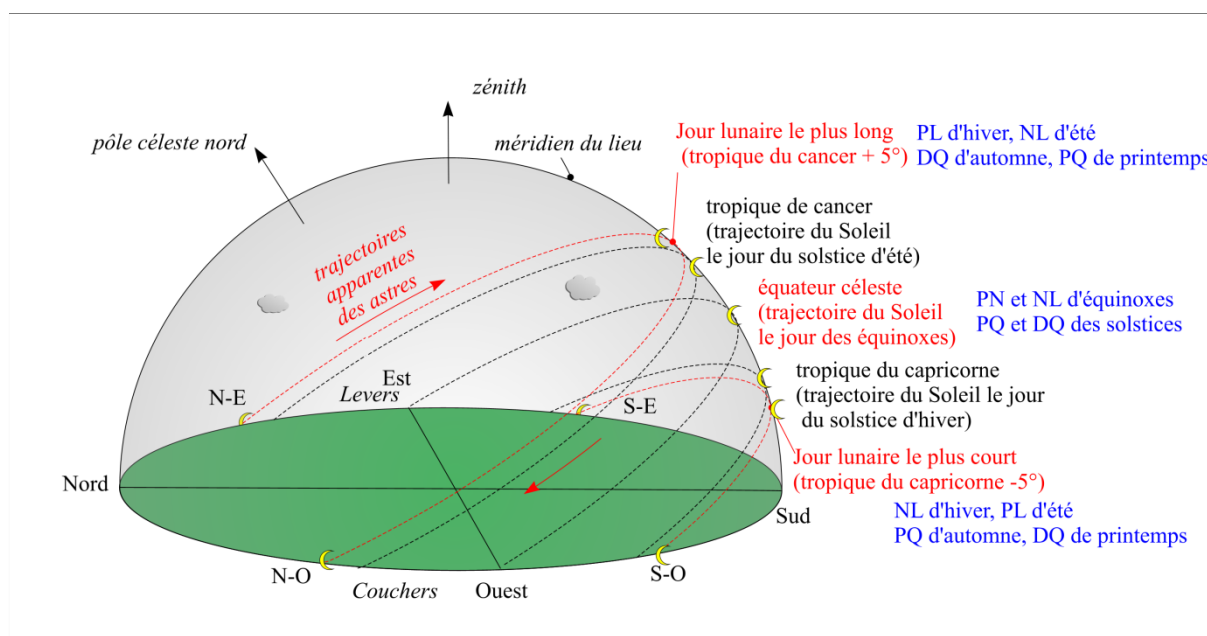


Figure 6 : Trajectoires diurnes de la Lune en fonction des phases et des saisons lorsque le nœud lunaire est dans la direction de l'équinoxe de printemps.