

OÙ BÉNÉFICIER D'UN ÉCLAIREMENT SOLAIRE MAXIMUM SUR L'ANNÉE ?

Yvon Massé

A priori, compte tenu de la symétrie annuelle, par rapport à l'équateur terrestre, du mouvement apparent du Soleil, on pourrait croire que les durées annuelles des jours et des nuits sont identiques en tout point du globe. Oui mais, si l'on y regarde de plus près...

Proposons-nous de rechercher à quelle latitude les habitants bénéficient d'un éclairage solaire maximum sur une année complète, en considérant que, chaque jour, l'éclairage commence avec le lever du Soleil et se termine avec son coucher, ou encore que sa durée corresponde à celle du « jour clair » par opposition à la nuit. Pour définir entièrement le cadre de notre évaluation, considérons que les lever et coucher du Soleil se produisent quand sa hauteur est nulle.

On comprendra que cet exercice est purement spéculatif, car il ne présume en rien des multiples conditions réelles qui peuvent être rencontrées : hauteurs à l'horizon, altitude des observateurs, nuages, etc.

On peut en donner un début de réponse pour l'équateur en remarquant qu'à cette latitude la durée quotidienne de l'éclairage est constante : 12 h exactement, ou encore 0,5 jour. En effet, la relation donnant la valeur de l'angle horaire H au lever et au coucher est :

$$\cos H = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$$

Elle nous indique que pour $\varphi = 0$, quelle que soit la déclinaison δ du Soleil, H est systématiquement égal à -90° et 90° . Sur une année complète, correspondant au retour des saisons et dont la durée est de 365,24 jours, l'éclairage sera donc de moitié, soit 182,62 jours. L'autre moitié correspond à la durée totale des nuits.

Plaçons-nous maintenant à une latitude de l'hémisphère nord correspondant à la zone tempérée et remarquons qu'aux journées longues, quand la déclinaison du Soleil est positive, correspondent des nuits de même durée quand la déclinaison est négative et de valeur opposée. Au cours d'une année, comme la déclinaison passe alternativement par des valeurs identiques mais de signe contraire, on est donc tenté de penser que, comme à l'équateur, la durée totale de l'éclairage est de la moitié d'une année.

Poussons le raisonnement à l'extrême et plaçons-nous aux pôles. Dans ces lieux particuliers, la hauteur du Soleil correspond à sa déclinaison (en changeant de signe dans le cas

du pôle Sud) car l'horizon des pôles est parallèle au plan de l'équateur. La durée de l'éclairage correspond alors au temps écoulé entre deux équinoxes, soit 6 mois. Là encore cette durée correspond à la moitié d'une année.

Mais soyons plus précis, d'autant que notre organisme officiel, l'IMCCE, nous délivre en temps universel l'instant des équinoxes à la seconde près¹ et que notre tableur préféré, après deux copier-coller, nous donne la durée entre ces deux instants par une simple soustraction. Il n'y a même pas besoin de faire de conversion pour obtenir le résultat en jours, car c'est l'unité native des cellules : un simple formatage du résultat en nombre avec 2 chiffres après la virgule nous donnera la valeur attendue avec une précision suffisante.

B2		f_x	Σ	=	=A3-A2
	A	B	C		
1					
2	20/03/24 03:06	186.40			
3	22/09/24 12:43				
4					

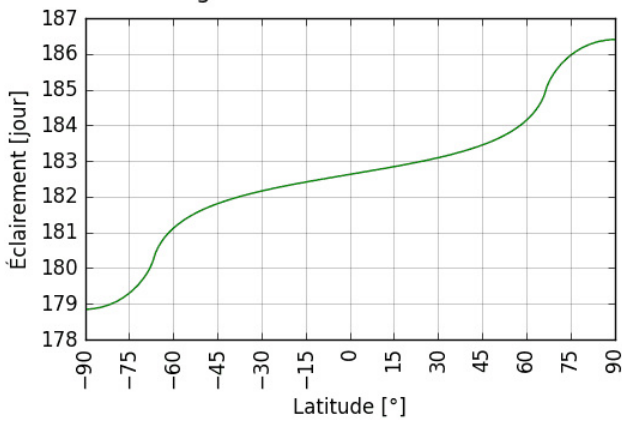
Voyons les résultats pour la période actuelle :

- Pôle Nord (de l'équinoxe de printemps à celui d'automne) : 186,4 jours.
- Pôle Sud (de l'équinoxe d'automne à celui de printemps) : 178,84 jours.

Tiens, tiens ? Les habitants du pôle Nord seraient donc privilégiés ? En effet, ils ont la chance que la Terre, dans son périple autour du Soleil, soit au plus loin de celui-ci (à l'aphélie) environ deux semaines après le solstice d'été. C'est là que la vitesse de révolution de la Terre est la plus lente, ce qui augmente la durée du printemps et de l'été. Tous les habitants de l'hémisphère Nord profitent de cet avantage, d'autant plus que leur latitude est importante car les jours d'été étant plus longs, ils bénéficient dans la même proportion de l'allongement des belles saisons. Un calcul informatisé permet de faire les nombreuses additions nécessaires pour obtenir l'éclairage relatif à l'ensemble des latitudes et fournir la courbe de la figure 1 qui illustre ce que nous venons de voir.

¹ <https://ssp.imcce.fr/forms/seasons>

Fig. 1 - Éclairement terrestre



On peut aussi intégrer dans cette évaluation un phénomène propre à notre environnement naturel : la réfraction atmosphérique ou la courbure des rayons lumineux qui traversent l'atmosphère. Cette courbure nous permet de voir le Soleil avant même qu'il ne soit levé, au sens géométrique que nous avons utilisé précédemment. Il en est de même pour le coucher : nous le voyons encore quand il est passé géométriquement sous l'horizon. Ces deux phénomènes augmentent légèrement la durée d'éclairement et, pour les prendre en compte, il nous faut considérer l'angle de déviation des rayons qui nous arrivent parallèles à l'horizon. En moyenne, il est de l'ordre de $0,6^\circ$. L'IMCCE utilise deux valeurs : $34' = 0,567^\circ$ dans le cas particulier des éphémérides nautiques, et $36,6' = 0,61^\circ$ (celle que nous retiendrons) pour les autres cas.

Ces valeurs, assez différentes, font suspecter une forte instabilité de cet angle, ce qui est bien le cas. En effet la réfraction varie suivant les caractéristiques des différentes couches atmosphériques traversées : pression, température et hygrométrie. Plus la distance zénithale des rayons lumineux augmente, plus ils traversent l'atmosphère sur une distance ramenée au sol importante (au moins 1000 km dans notre cas) et susceptible de rencontrer des conditions météorologiques variées et non connues. Ce qui explique la grande prudence souvent conseillée pour la mesure des hauteurs faibles quand elles doivent être précises, comme par exemple pour la navigation astronomique.

Ces considérations ne sont heureusement pas pertinentes dans le cadre spéculatif de notre exercice. Aussi nous prendrons pour début et fin de notre nouvelle durée quotidienne d'éclairement les instants où le Soleil passe à la hauteur $h_0 = -0,61^\circ$. L'angle horaire H correspondant se détermine par la relation :

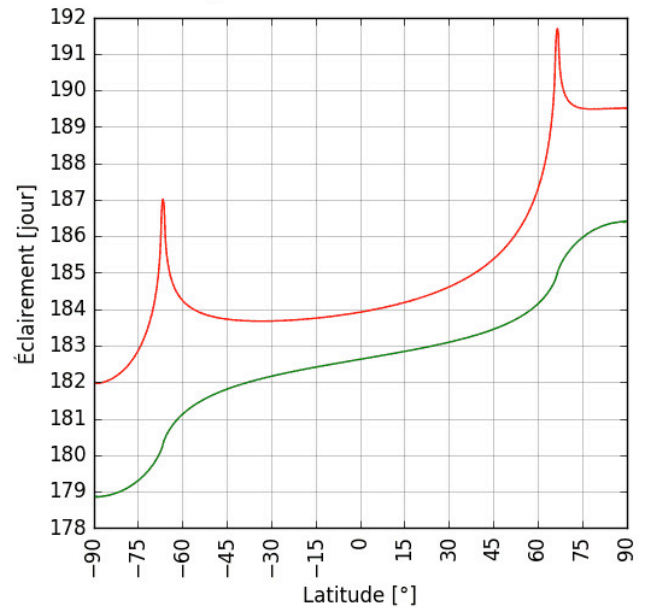
$$\cos H = \frac{\sin h_0 - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}$$

La courbe obtenue est ajoutée en rouge sur la figure 2, en complément de la première courbe.

Eh bien ! la chance a changé de camp...

Ce sont maintenant les habitants situés à la latitude d'environ $66,5^\circ$, soit à proximité du cercle polaire de l'hémisphère nord - ou cercle arctique -, qui ont le privilège de recevoir le maximum d'éclairement.

Fig. 2 - Éclairement terrestre



La raison provient de la particularité qu'a le Soleil, aux latitudes des cercles polaires, de se trouver près de l'horizon sur des durées plus importantes que dans d'autres régions grâce à la conjonction de deux paramètres dont l'évolution est pratiquement stationnaire :

- la déclinaison du Soleil lors des solstices,
- la hauteur du Soleil lors des passages au méridien.

Ainsi, pour le cercle arctique, pendant la période du solstice d'été, le Soleil vient tangenter l'horizon nord à minuit solaire lors du fameux « soleil de minuit ». De plus, aux environs du solstice d'hiver, c'est l'horizon sud que le Soleil tangente, à midi solaire, mais dans une situation moins romantique : le Soleil reste sous l'horizon toute la journée.

On retrouve des situations identiques, mais inversées, pour le cercle antarctique. Ces particularités expliquent que l'augmentation de la durée d'éclairement, due à la hauteur (géométrique) du Soleil entre $-0,6$ et 0° , présente un pic pour les latitudes correspondantes.

Le gnomoniste Yvon Massé ymasse2@wanadoo.fr a été présenté dans le n° 2 de ce magazine. Il développe notamment le site <https://gnomonique.fr/> et anime le dynamique forum gnomonique qui lui est associé.