

Point astronomique - Méthode de la méridienne

Cette méthode simple permet de faire un point astronomique à un instant particulier, et seulement à cet instant, celui où le Soleil passe par le méridien du navire, c'est à dire quand il est midi solaire local , d'où le nom de "méridienne" donné à la méthode. Dans cette configuration, l'axe de rotation de la terre, le navire et le Soleil sont dans le même plan, ce qui simplifie considérablement le calcul de la position. Par contre, si le soleil est caché à ce moment, il faut attendre le lendemain midi, en espérant que le Soleil soit visible ...

1 - Mouvement réel et mouvement apparent du Soleil

La Terre est animée de deux mouvements :

- un mouvement de révolution autour du Soleil, en 365,25 jours
- un mouvement de rotation sur elle-même autour de l'axe des pôles.

Le Soleil est fixe, mais, comme nous sommes sur la Terre, nous nous déplaçons avec elle et nous avons l'impression que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre. C'est ce mouvement apparent du Soleil qui est implicitement utilisé dans les explications qui suivent.

Le jour solaire est l'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs du Soleil au même méridien. La durée du jour solaire moyen est 24 heures.

2 - Heure solaire - Heure légale

L'heure solaire est celle qu'indiquerait un cadran solaire. Elle dépend de l'orientation du méridien dans lequel se trouve le Soleil par rapport au méridien du navire.

L'heure T.U. (Temps universel) correspond à l'heure du Soleil moyen au méridien de référence (méridien de Greenwich) + 12h.

T.U. = 12h à l'instant où le soleil moyen passe au méridien de Greenwich.

Cette heure T.U. est soigneusement conservée à bord grâce au chronomètre de marine parfois nommé garde-temps.

L'heure légale est une heure administrative qui correspond à l'heure T.U. à laquelle on ajoute ou on retranche une variation correspondant au fuseau horaire du pays et une variation saisonnière (heure d'été / heure d'hiver).

3 - Repérage de l'instant de midi solaire local au sextant

L'heure locale n'est pas facile à déterminer, sauf à un moment particulier, celui du passage du soleil par le méridien du navire.

A cet instant, il est midi solaire local, et le Soleil est à sa hauteur maximum au dessus de l'horizon.

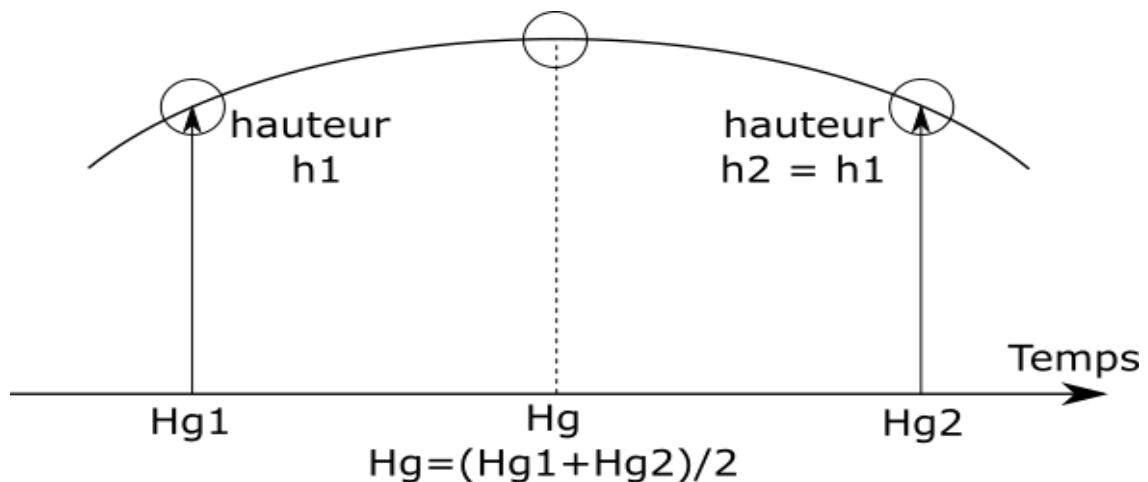
C'est cette propriété qui permet de repérer l'instant du midi solaire local, en mesurant la hauteur du Soleil avec un sextant, et en détectant le passage de celle-ci par son maximum.

Pour prévoir l'heure légale approximative de la culmination du Soleil, il faut estimer la longitude Ge du navire vers midi et lire dans les éphémérides, à la date du jour, la valeur de Tpass qui est l'heure légale du passage du Soleil au méridien de Greenwich, puis faire le calcul : $\text{Heure de la culmination} = \text{Tpass} - (\text{Ge} / 15)$

Quand le Soleil est au voisinage de sa culmination, sa hauteur change très lentement, et pratiquement pas pendant une minute environ. L'instant précis du passage au maximum est donc difficile à repérer.

En pratique, on mesure la hauteur du Soleil environ 30 minutes avant midi solaire local, en notant l'heure précise de l'horloge, Hg_1 , en ne modifiant pas le réglage du sextant.

Environ 1 h après, on surveille la descente du soleil et, à l'instant précis où il repasse à la même hauteur, sur laquelle le sextant est réglé, on note l'heure précise Hg_2 .



L'heure de Greenwich à l'instant du midi solaire local est $(Hg_1 + Hg_2) / 2$

NB. Cette façon de procéder ne permet pas de connaître la hauteur du Soleil lorsqu'elle est à son maximum.

Il est également possible de faire plusieurs mesures de hauteur lorsque le Soleil monte, puis les mesures symétriques lorsque le Soleil descend, chaque paire de mesures correspondant aux mêmes hauteurs respectives.

Il est donc nécessaire de noter les heures et les hauteurs correspondantes et de modifier le réglage du sextant à chaque mesure.

Cette méthode permet d'estimer la hauteur du Soleil au moment où elle est maximum, en traçant la courbe représentant la hauteur du Soleil en fonction du temps et en lissant celle-ci. La précision n'est pas excellente.

Une imprécision supplémentaire est due au fait que la courbe ci-dessus n'est pas, en réalité, tout à fait symétrique car, entre les instants Hg_1 et Hg_2 ,

- la déclinaison varie (de jusqu'à 2 minutes d'angle par heure lors des équinoxes)
- le navire de déplace et sa latitude peut avoir changé

4 - Calcul de la latitude à midi

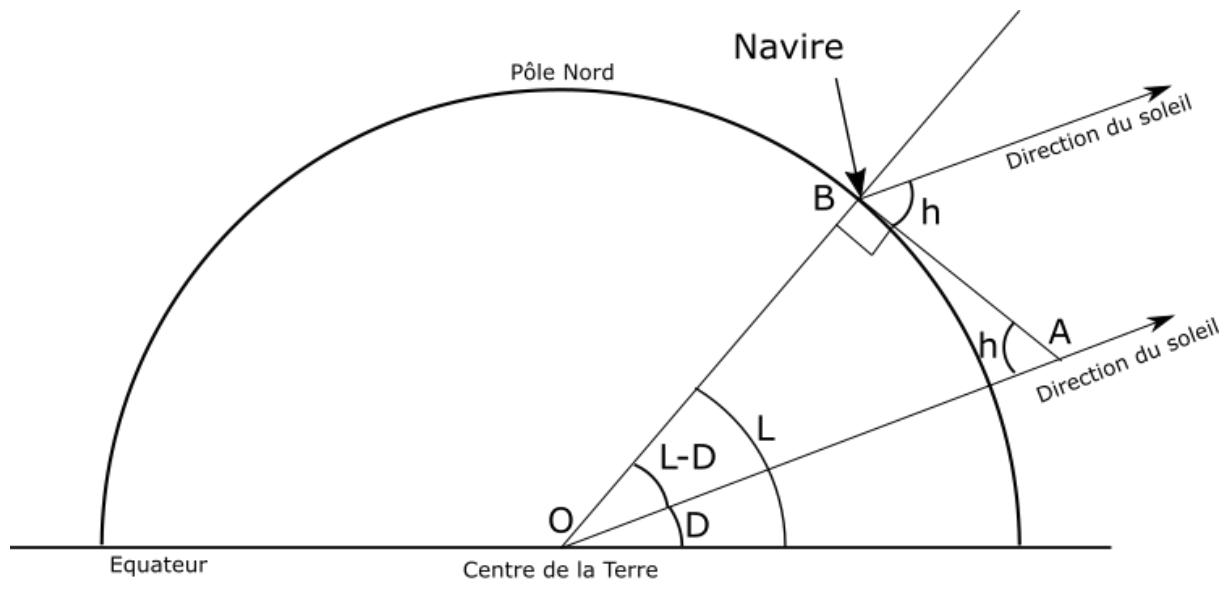


Schéma dans le plan contenant l'axe de rotation de la Terre, le navire, et le Soleil à l'instant où il est midi solaire sur le navire

Sur ce schéma, D est la déclinaison, h la hauteur du Soleil et L la latitude.

Dans le triangle rectangle OBA, $L - D + h = 90^\circ$
soit $L = D + (90^\circ - h)$

Ce résultat correspond à la configuration dans laquelle $L > 0$, $D > 0$ et $L > D$.

Pour les autres configurations, on admettra les formules ci-dessous qui s'appliquent à tous les cas possibles :

$L = D + (90 - h)$ si le Soleil est au Sud du navire, l'observation se faisant avec le pôle Nord dans le dos

ou

$L = D - (90 - h)$ si le Soleil est au Nord du navire, l'observation se faisant avec le pôle Sud dans le dos.

Ces formules donnent la valeur algébrique de la latitude, en respectant les conventions suivantes :

- latitude positive, de 0° à $+90^\circ$, vers le Nord
- latitude négative, de 0° à -90° , vers le Sud.

5 - Calcul de la longitude à midi

5 - 1 - Relation entre heure solaire et longitude

Compte tenu de la rotation de la Terre, l'heure solaire n'est pas la même en deux lieux de longitudes différentes.

Cette rotation uniforme de 15° par heure (360° en 24h) établit une relation entre la différence de longitude et la différence d'heure solaire entre deux lieux:

différence d'heure = différence de longitude en degrés / 15

En particulier, si l'un des deux lieux est sur le méridien de longitude 0, le méridien de Greenwich, l'équation ci-dessus devient :

différence d'heure = longitude en degrés / 15

Par exemple, quand il est midi solaire à Greenwich, il est environ :

- 6 h du matin à Chicago (longitude environ 90° Ouest)

- 18 h à Calcutta (longitude environ 90° Est)

NB. Un décalage horaire du même genre existe entre les heures légales de deux lieux car les fuseaux horaires légaux sont une représentation approximative des différences des heures solaires entre les pays. Le périmètre de la Terre (360°) est divisé en 24 fuseaux horaires de 15° de largeur chacun.

5 - 2 - Calcul approché de la longitude

En reprenant le calcul précédent, mais en sens inverse, la relation devient :

Longitude = 15 x Différence d'heures (entre l'heure sur le méridien du navire et l'heure de Greenwich)

Si l'on connaît l'heure solaire locale et l'heure qu'il est, au même instant, sur le méridien de Greenwich, il est donc très simple de calculer la longitude.

C'est le cas à l'instant du midi solaire local:

- Hl: heure locale = 12 h.

- Hg: heure à Greenwich au même instant, lue sur l'horloge du bord..
donc

Longitude = 15 x (Hl - Hg) = 15 x (12 - Hg)

Exemple : si à midi local précis l'horloge du bord indique qu'il est 15h à Greenwich

Longitude = 15 x (12-15) = 15 x (-3) = - 45°, c'est à dire 45° de longitude Ouest.

Le navire est au milieu de l'Atlantique.

Rappel des conventions de signe pour la longitude G

La convention de signe de la longitude (G>0 si Est, G<0 si Ouest) est définie par la norme ISO 6709.

Cependant, de nombreux marins utilisent encore une convention inverse.

D'autres navigateurs ne donnent pas de signe à G, en indiquant Ouest ou Est.

5 - 3 - Calcul exact de la longitude

Afin de faciliter la compréhension du principe du calcul, la présentation ci-dessus ne fait pas de distinction entre :

- le Soleil vrai, celui que l'on peut observer, au sextant par exemple, et
- le Soleil moyen, qui est un soleil fictif, supposé parcourir une orbite circulaire d'un mouvement de rotation uniforme, avec un intervalle de 24h exactement entre deux passages consécutifs de ce Soleil moyen au même méridien.

Ces deux Soleils effectuent exactement le même nombre de rotations dans l'année.

La rotation du Soleil moyen se fait avec la même régularité que celui des aiguilles de la montre, tandis que le Soleil vrai a un mouvement apparent irrégulier.

L'écart en temps entre ces deux Soleils est nommé "équation du temps", sa valeur : $(ET = H \text{ Soleil moyen} - H \text{ Soleil vrai})$ peut aller de +14 minutes à -16 minutes selon la date.

Le Soleil moyen passe exactement à midi par le méridien de Greenwich, ce n'est pas le cas, en général, du Soleil vrai, en raison de l'équation du temps.

Comme c'est le Soleil vrai, et non le Soleil moyen, qui est utilisé pour détecter l'instant du midi solaire local, il faut également connaître l'heure de passage du Soleil vrai au méridien de Greenwich.

Les tables des éphémérides du Soleil donnent cette heure, souvent notée T_{pass}

La formule de calcul de la longitude devient : $\text{Longitude} = 15 \times (T_{pass} - H_g)$

Pour être plus précis, il faut en plus tenir compte du fait que la vitesse angulaire de rotation du Soleil vrai, notée V , n'est pas exactement de 15° par heure à cause des variations de l'équation du temps.

Les mêmes tables d'éphémérides donnent cette valeur, souvent nommée V , qui peut varier de 14,996 à 15,004 degrés par heure.

La formule exacte: $\text{Longitude} = V \times (T_{pass} - H_g)$

N.B. Une erreur de 4 secondes sur l'heure H_g , donnée par l'horloge, entraîne une erreur de 1 mille sur la longitude au niveau de l'équateur.

6 - Conclusion

La méthode de la méridienne a l'avantage de permettre d'obtenir la latitude et la longitude par des calculs très simples, mais elle ne peut être utilisée que si le Soleil et la ligne d'horizon sont bien visibles à midi.

La méthode de la droite de hauteur de Soleil, mise au point au milieu du XIX^e siècle, a l'avantage de permettre de faire le point à tout moment où le Soleil est visible. Une heure très précise est également nécessaire.