

## 148 - TEMPS SIDERAL ET ANGLES HORAIRES

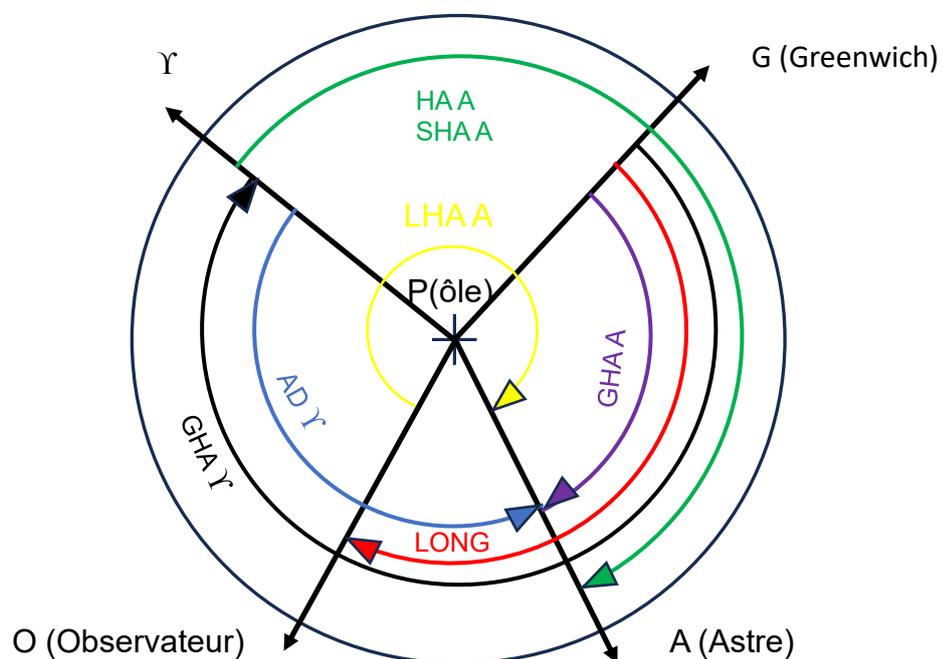
Le marin n'étant pas forcément un mathématicien ou un astronome confirmé, l'approche, la pratique et les calculs nécessaires au positionnement en mer par les astres (que certains nomment astrométrie) sont aujourd'hui devenus assez simples, même sans calculatrice.

Le navigateur a cherché des formules simples, sans équivoques pour réaliser ses calculs avec un minimum de sources d'erreurs, les conditions à bord d'un navire n'étant pas toujours aussi stables que dans un observatoire astronomique.

Pour plus de détails, le lecteur peut consulter mon texte « 015 Principes de navigation astronomique », à disposition sur ce même site « navigare-nesesse-est.ch ».

La notion de temps sidéral est peu souvent mentionnée dans les méthodes nautiques actuelles, la plus connue étant celle des fameuses tables HO, initialement destinées aux aviateurs. Les vols transocéaniques étaient équipés d'un sextant à bulle et le navigateur faisait le point, presque comme sur un bateau. Et ça fonctionnait bien !

Dans mes cours de navigation astronomique, il me plaît d'illustrer comme ci-dessous les divers éléments d'angles mentionnés plus bas dans cette page ; c'est un peu la vue que l'on aurait depuis une capsule spatiale située juste en dessus du pôle :



Vue polaire des divers angles horaires pour un observateur « O » et un astre « A »

A noter que l'ascension droite (AD, en bleu), exprimée en heures, se compte dans le sens inverse des aiguilles de la montre, alors que les autres angles utilisés par les navigateurs se mesurent (en degrés) dans le sens horaire (à l'exception de la longitude qui peut être Est ou Ouest).

\*\*\*

Pour repérer un astre sur la sphère céleste les astronomes et les navigateurs ont imaginé de quadriller ladite sphère par des grands cercles imaginaires passant par les deux pôles célestes et des cercles parallèles à l'équateur. Ce quadrillage sert de support à trois systèmes de coordonnées, soit :

- **Les coordonnées équatoriales**  
Lesquelles servent à repérer les étoiles les unes par rapport aux autres. La direction d'un astre est caractérisée par deux angles : son ascension droite ( $\alpha$ ) et sa déclinaison ( $\delta$ ).
  
- **Les coordonnées horaires**  
Lesquelles servent pour viser un astre en un lieu donné. C'est donc un système de coordonnées local. La direction d'un astre est alors caractérisée par son angle horaire (AH) et sa déclinaison.
  
- **Les coordonnées horizontales**  
Lesquelles servent pour repérer un astre par rapport à l'horizon du lieu de l'observation. C'est également un système de coordonnées local, utilisant comme références le plan horizontal du lieu et le méridien du lieu d'observation. La position d'un astre est ici caractérisée par son azimut et sa hauteur.

Le navigateur, tout comme l'astronome, doit être capable de jongler d'un système de coordonnées à l'autre. Il dispose pour ce faire de formules générales relevant de la trigonométrie sphérique.

A relever que pour cette pratique, l'angle horaire et l'ascension droite (habituellement exprimés en heures d'angle) doivent être convertis en degrés pour être utilisés dans ces formules trigonométriques (à raison de 1 heure = 15°). Par exemple :

$$\begin{aligned}H &= T - \alpha \\ \cos z &= \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos H \\ \sin z * \sin \alpha &= \cos \delta * \sin H \\ \sin z * \cos \alpha &= - \cos \varphi * \sin \delta + \sin \varphi * \cos \delta * \cos H\end{aligned}$$

Nous observons que les étoiles se lèvent (ou se couchent) chaque jour un peu plus tôt. Dit autrement et avec plus de précision, les étoiles reviennent en une même position dans le ciel non en 24h, mais en 23h56min04s.

Les 236 secondes manquantes par jour, cumulés sur un an, représentent 24 heures, soit l'équivalent d'une rotation, celle que la Terre a fait par rapport aux étoiles, mais pas par rapport au Soleil.

\*\*\*

**Le temps sidéral (T)** correspond à l'ascension droite des astres qui passent au méridien à un instant donné. De cette définition, on retiendra que le temps sidéral est plus une « position angulaire » qu'une notion de « temps ». Il se compte, à l'égal de l'ascension droite, en heures, minutes et secondes.

Mais il faut noter que les jour, heure, minutes et secondes sidérales ne correspondent pas à leurs équivalents solaires !

Le rapport vaut  $366.25/365.25$  (soit la différence d'une rotation, comme susmentionnée).

<b>Temps sidéral</b>	<b>Temps solaire</b>
24h00	23h56min
24h04	24h00min
1.002738 s sidérale	1 s solaire
1 s sidérale	0.997269 s solaire

Le temps sidéral est ainsi un angle qui dépend principalement de la longitude de l'observateur ; il exprime le passage d'un méridien céleste (ascension droite) au méridien local : c'est en fait l'angle horaire du point vernal ( $\Upsilon$ ).

On relève donc que le temps sidéral est nul lorsque le plan méridien du lieu considéré passe au point vernal ( $\Upsilon$ ), et qu'il augmente d'une heure sidérale à chaque fois que la Terre tourne de  $15^\circ$  par rapport audit point vernal.

Dit autrement, **le temps sidéral mesure le déplacement de la voûte céleste en un lieu donné, par rapport au méridien local.**

A noter que les anglophones utilisent une expression différente et moins équivoque en parlant de Sidereal Hour Angle (SHA), ou angle horaire sidéral.

Nous savons qu'en astronomie, la position d'un astre sur la sphère céleste est donnée par deux coordonnées : l'ascension droite et la déclinaison. Nous venons de voir qu'à tout instant la somme de l'ascension droite d'un astre et de son angle horaire est égale au temps sidéral. Connaissant les coordonnées de l'astre, ainsi que le temps sidéral local, cela nous permet de savoir sur quel méridien se trouve l'astre :

$$\text{Temps Sidéral (TS)} = \text{Angle horaire (AR)} + \text{Ascension droite (AD)}$$

En d'autres termes, le temps sidéral est la somme des deux coordonnées (AR et AD de n'importe quelle étoile), le long de l'équateur céleste. Nous voyons ainsi que l'angle horaire AR d'un astre d'ascension droite AD est défini par la formule :

$$AR = TSL - AD$$

(avec AD = ascension droite et TSL = temps sidéral local)

L'image ci-dessous, de l'excellent P. Rocher, représente parfaitement cette situation :

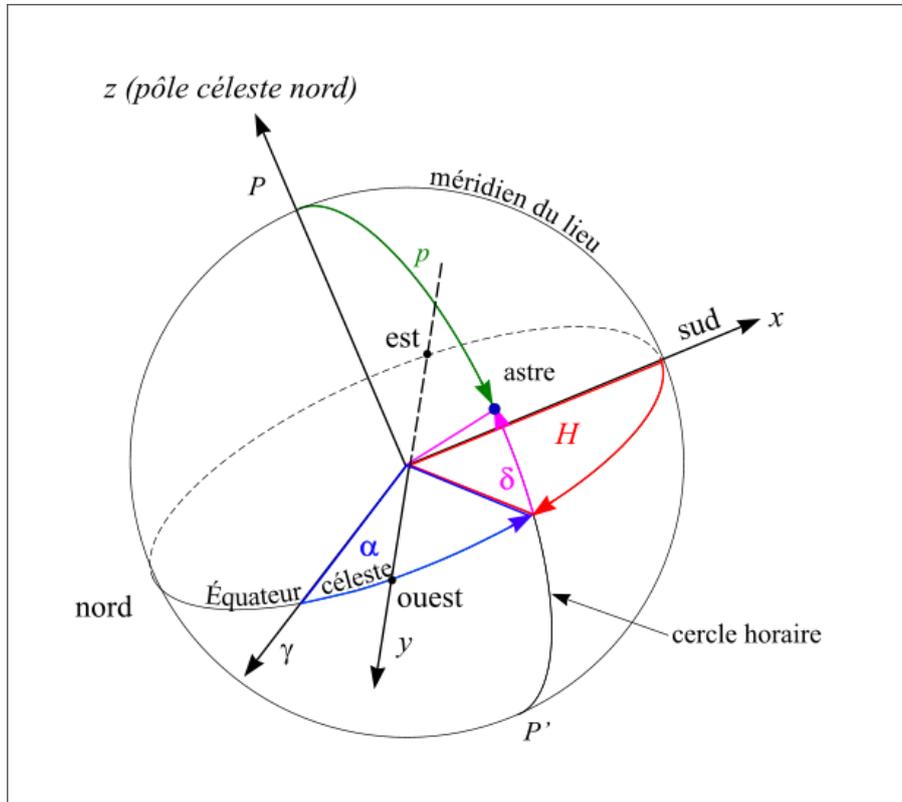


Image crédit ASM / Patrick Rocher

La valeur de l'ascension droite d'une étoile ne change pratiquement pas sur un court laps de temps. Par contre, le temps sidéral, lui, varie constamment du fait du mouvement diurne de la Terre.

Lorsque le temps sidéral est égal à l'ascension droite d'une étoile, on dit que l'étoile passe au méridien.

Comme elle est alors dans sa position la plus haute dans le ciel pour l'endroit considéré (apogée), c'est le meilleur moment pour l'observer, puisque la valeur de la « masse d'air » \* correspondante est minimale (d'où une réfraction minimum). C'est la méridienne du Soleil ou de tout autre astre errant.

\* En astronomie, on appelle « masse d'air » le rapport entre la longueur du trajet des rayons lumineux d'un astre céleste dans l'atmosphère et à la longueur du trajet que ces mêmes rayons mesureraient, s'ils provenaient du zénith de l'observateur (moindre couche d'atmosphère).

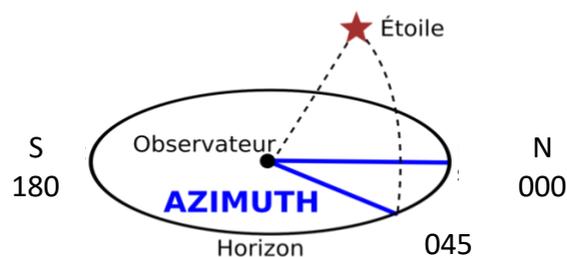
Il est considéré que la masse d'air passe de 1 au zénith pour atteindre une valeur d'environ 38 à l'horizon. C'est la correction astronomique pour la réfraction, telle que les astronautes la pratiquent et qui se situe entre 0' et 37' selon la hauteur de l'astre.

## Une différence de conception à prendre en considération

L'**azimut** ou **azimuth** (orthographe ancienne parfois encore utilisée aujourd'hui) d'un objet est l'angle dans le plan horizontal entre la direction de cet objet et une direction de référence. Ce terme vient de l'espagnol « *acimut* », lui-même issu de l'arabe السميت (*as-simt*), qui signifie « direction ».

**En astronomie**, dans le système de coordonnées horizontales, c'est la direction d'un objet céleste, mesuré **depuis le méridien Sud**, dans le sens des aiguilles de la montre. Pour les astronomes, l'avantage est qu'au moment de l'astre au passage du méridien, l'azimut et l'angle horaire dudit astre sont tous deux nuls.

Par contre, en **navigation astronomique**, l'azimut est mesuré par les marins **depuis le Nord**, de 0° (inclus) à 360° (exclu), dans le sens des aiguilles de la montre (voir l'image ci-dessous).



### Pour joindre les deux approches :

Si on regarde un planiciel (starfinder ou chercheur d'étoiles), on constate qu'en date du 21 mars (équinoxe du printemps) le minuit sidéral correspond au minuit solaire, c'est le moment de l'équinoxe, le zéro, le point vernal.

C'est par contre le 09 mars que les « Gardes » (Mérak et Dube) se situent pratiquement toutes les deux sur le méridien local, indiquant minuit local, mais environ 23h 13min du temps sidéral (voir mon texte 138 Volvelles et Nocturlabe)

On notera également que les heures solaires marquées par un cadran solaire expriment de fait la variation de l'angle horaire du Soleil au cours de la journée.



Cadran solaire polaire, dont le style est parallèle à l'axe des pôles et aussi parallèle à la table.  
Celle-ci étant inclinée par rapport à l'horizontale, d'un angle égal à la latitude du lieu ( $\varphi$ ).  
Réalisation de l'auteur, 2017.

Vous aurez bien compris qu'il ne faut pas confondre « sidéral » avec « sidéré ». Le premier est emprunté au latin *sideralis* « relatif aux astres », alors que sidéré vient également du latin, mais de *sideratus*, participe passé de *siderari* « subir l'influence funeste des astres ».

Avec ma sidérale considération,

**P.-A. Reymond ©**

14-01-2025