# LA NAVIGATION ASTRONOMIQUE

## B Le système céleste

### 1 Hypothèses simplificatrices :

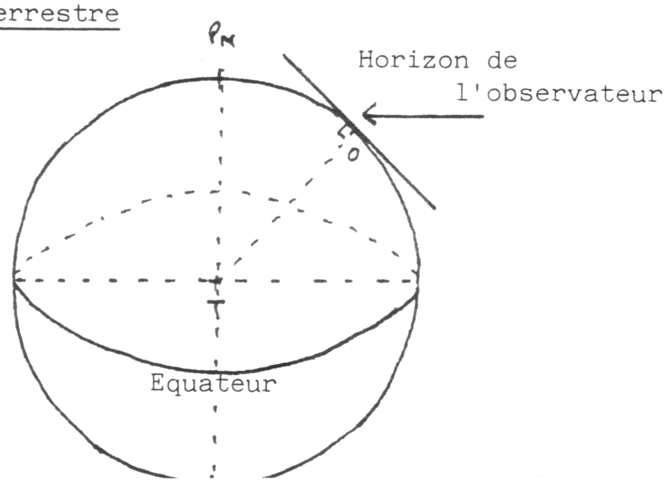
* On assimile la terre à une sphère parfaite.
* Etant donnée la trés grande distance qui sépare la terre du soleil, et à plus forte raison des étoiles, on ne tiendra jamais compte de cette distance mais on fera comme si tous les astres se trouvaient sur une sphère centrée sur la terre.
* On prendra comme repère: une sphère centrée sur la terre (qui est alors un point), sur cette sphère, on projette toutes les étoiles et autres astres et c'est cette sphère qui tourne autour de la terre. (on estime la terre fixe; et toutes les étoiles se déplacent autour d'elle. Elles ont un mouvement relatif, entre elles, nul, ou pratiquement nul).

### 2 Sphère terrestre --→ sphère locale :

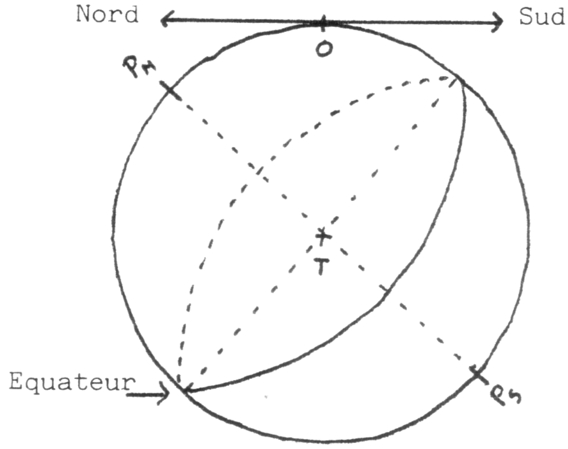
On veut un outil (une sphère) nous permettant de relier par différentes formules, les coordonnées terrestres, célestes , etc. ... On fait donc la manipulation suivante:

a) sphère terrestre

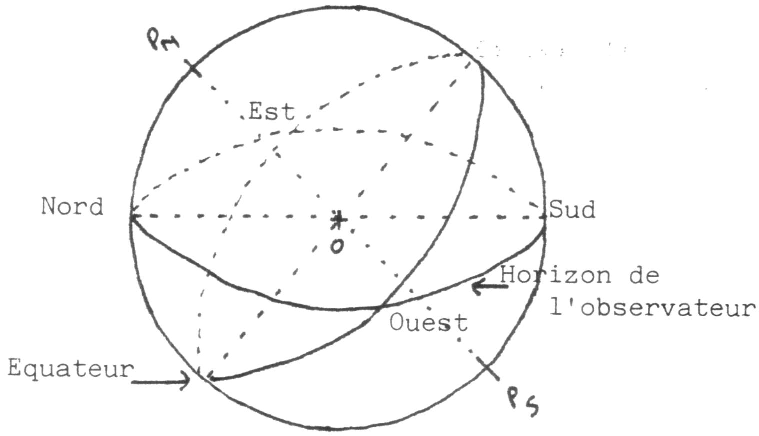
Soit un observateur O à la surface de la terre:



* On bascule la terre afin d'avoir l'horizon de l'observateur horizontal.

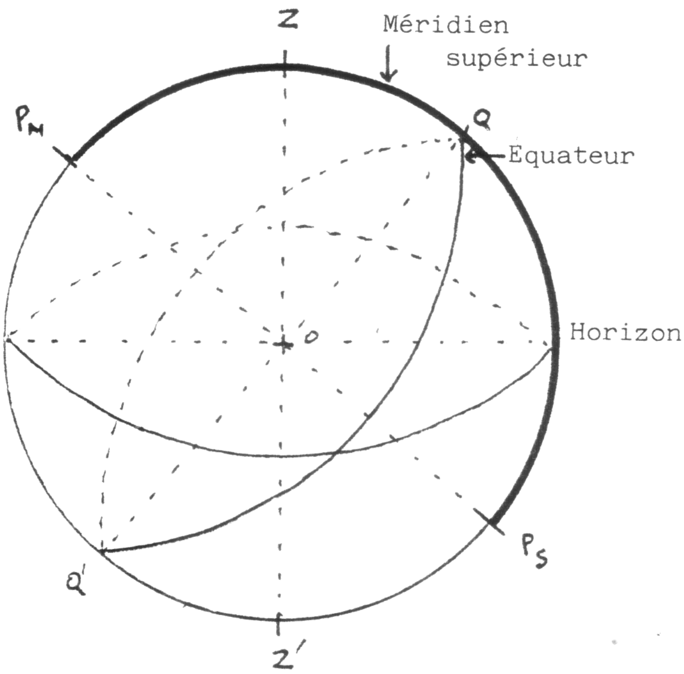



* On déplace ensuite la terre de manière à confondre l'observateur avec le centre de la terre, sans changer la nouvelle orientation de celle_ci.




## b) sphère locale

On va, comme je l'ai dit précédemment, gonfler la sphère terrestre de manière à pouvoir projeter toutes les étoiles et autres astres sur cette nouvelle sphère. On obtient alors la sphère locale:




Méridien supérieur: Pn - Z - Ps
où Z= zénith: c'est le point situé au-dessus de l'observateur, à la verticale de celui-ci.

Z'= nadir: c'est le point situé au-dessous de l'observateur, à la verticale de celui-ci.

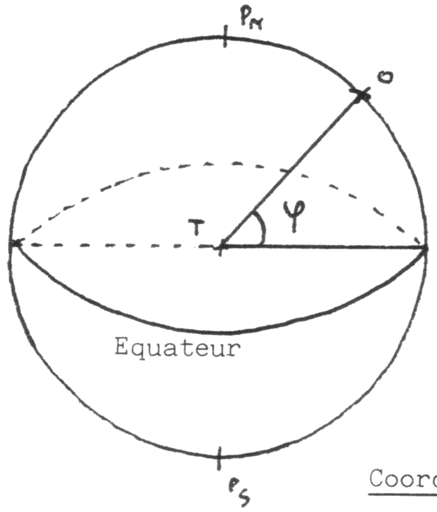
Q= intersection de l'équateur avec l'arc de grand cercle Pn - Z - Ps

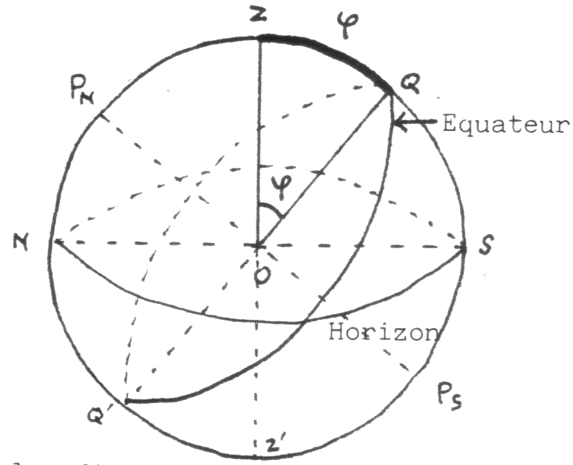
Q'= l'opposé de Q sur l'équateur.

## 3 Coordonnées :

### Latitude de l'observateur:

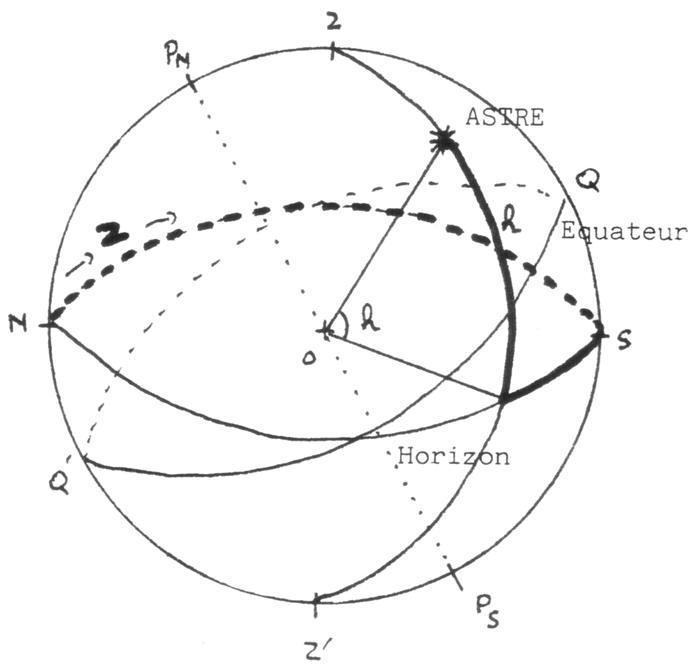
C'est l'angle pris au centre de la terre entre l'équateur et l'observateur




### Coordonnées horizontales d'un astre:

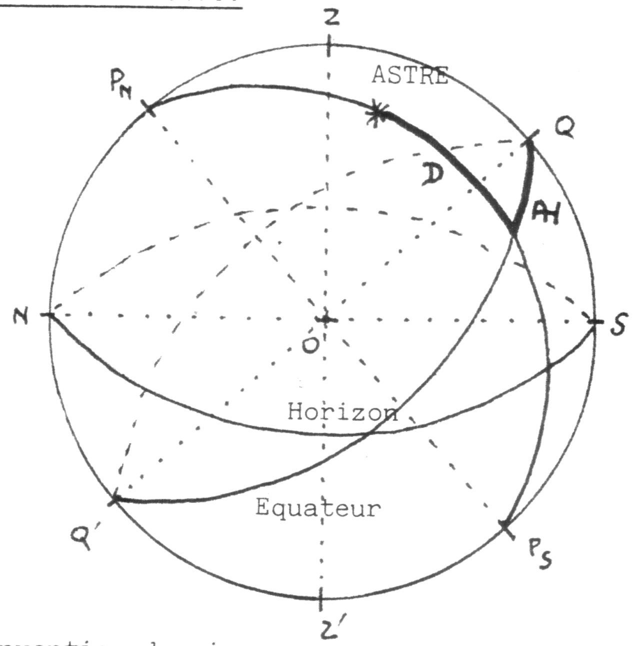
On considère un astre sur la sphère locale à un instant donné: il a donc une position bien déterminée.




* Azimuth Z : C'est le "cap" de l'astre: on projette l'astre sur l'horizon et on compte l'angle, à partir du nord vers l'est que fait la portion de cercle $\widehat{Na}$

* Hauteur h : C'est la hauteur de l'astre au dessus de l'horizon comptée de 0° à 90° .

coordonnées horaires d'un astre:




On considère toujours le même astre au même moment.

* Déclinaison D : C'est la hauteur de l'astre, au-dessus de l'équateur.

* Angle horaire AH : C'est la portion de cercle comptée à partir du point Q vers l'ouest; de valeur Q a Comptée de 0° à 360°

Convention de nom, convention de signe:

* L'azimuth est le relèvement de l'astre sur l'horizon (peut se déterminer avec un compas de relèvement si l'astre n'est pas trop haut dans le ciel).

* L'azimuth Z est compté de 0° à 360°, sans nom. (0°=nord 90°=est ...)

* La hauteur h est toujours positive, sauf si l'astre est sous l'horizon (mais il y a alors impossibilité d'observation).

La hauteur h est comptée de 0° à 90°, sans nom.

* La déclinaison est donnée dans les éphémérides; elle est comptée de 0° à 90°; avec le nom Nord si l'astre est vers le pôle nord; Sud si l'astre est vers le pôle sud.

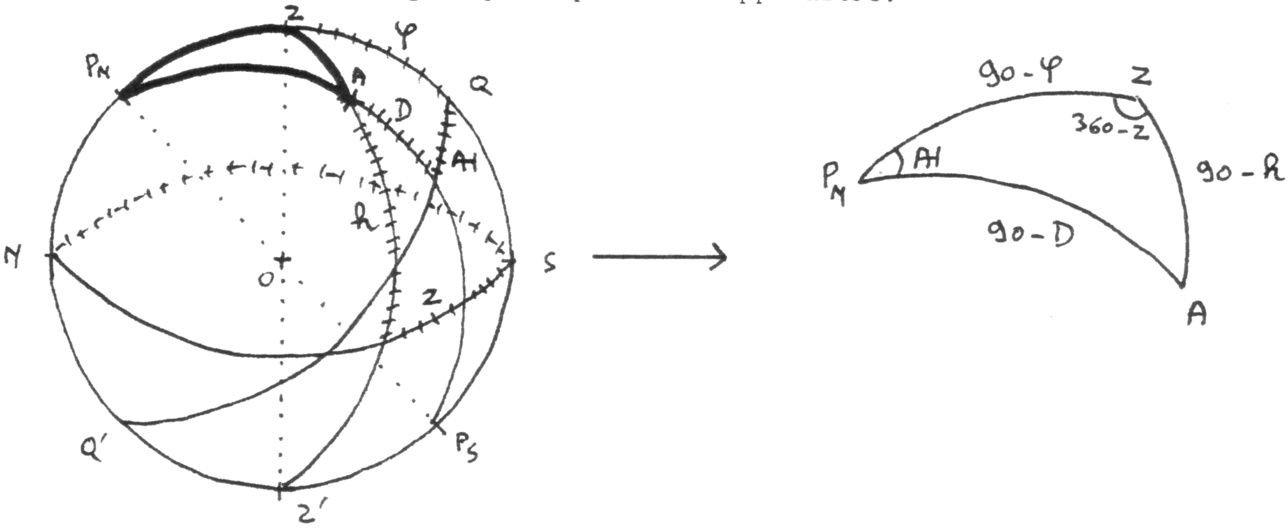
* L'angle horaire AH: compté de 0° à 360° de Q vers l'ouest. Sans nom

Convention de signe: Tout ce qui est NORD est +
Tout ce qui est SUD est -

Tout ce qui est OUEST est +
Tout ce qui est EST est -

## 4 Triangle sphérique local :

On voit le triangle sphérique local apparaître:




On voit donc que ce triangle sphérique fait intervenir les valeurs:

AH, $\varphi$ , Z, D, h.

Nous avons vu précédemment que tous les angles et côtés d'un triangle sphérique doivent être inférieurs à 180°. On aura donc, avec les signes, les conventions suivantes:

$\varphi$ : C'est la latitude, comprise entre 0° et 90°. + si NORD
- si SUD

D : C'est la déclinaison, comprise entre 0° et 90°. + si NORD
- si SUD

h : C'est la hauteur, comprise entre 0° et 90°. Toujours +

AH: C'est l'angle horaire, compris entre 0° et 360°
Si l'astre est à l'ouest: $0 < AH < 180$ On prendra l'angle au pôle P=AH
Si l'astre est à l'est: $180 < AH < 360$ On prendra l'angle au pôle P=360-AH

Z : C'est l'azimuth, compris entre 0° et 360°
Si l'astre est à l'est: $0 < Z < 180$ On prendra dans le triangle sphérique Z
Si l'astre est à l'ouest: $180 < Z < 360$ On prendra dans le triangle sphérique: 360 - Z

## 5 Formules de la hauteur et de l'azimuth :

a) D'aprés la formule fondamentale de la trigonométrie sphérique:

$$\cos a = \cos b \, . \, \cos c + \sin b \, . \, \sin c \, . \, \cos A$$

On en déduit la formule de la hauteur, sachant que $\cos(90-x)=\sin x$
$\sin(90-x)=\cos x$

$$\boxed{\sin h = \sin \varphi \times \sin D + \cos \varphi \times \cos D \times \cos P}$$

avec $\varphi$ et D avec leur signe; P toujours positif et h toujours positif.

b) D'aprés la formule des cotangentes:

$$\text{cotg } a \,.\, \sin c - \text{cotg } A \,.\, \sin B = \cos c \,.\, \cos B$$

On en déduit la formule de l'azimuth, sachant que $\cos(90-x)=\sin x$
$\sin(90-x)=\cos x$
$\text{cotg}(90-x)= \text{tg } x$
et $\text{cotg } x= 1/\text{tg } x$

$$\boxed{\text{tg } Z = \frac{\sin P}{\text{tg } D \times \cos \varphi - \sin \varphi \times \cos P}}$$

## 6 conclusions :

On a donc réussi à relier, par l'intermédiaire de différentes formules, les valeurs Z, P, D, $\varphi$, h, ce qui va nous permettre à partir de mesures faites (sextant → hauteur) et d'approximations (estime → $\varphi$ ) de se recaler avec plus de justesse.

Bien entendu, là ne sont pas les seules relations et on pourra à titre d'exercice, en chercher <u>et</u> en utiliser d'autres (par exemple:

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin \varphi \times \sin h}{\cos \varphi \times \cos h}$$