Repérage d'un astre sur la sphère céleste

Un procédé simple consiste à quadriller la sphère céleste par des grands cercles imaginaires passant par les deux pôles célestes et des cercles parallèles à l'équateur. Ce quadrillage sert de support à deux systèmes de coordonnées appelés : l'un, **coordonnées équatoriales**
l'autre, **coordonnées horaires**.

<u>Système de coordonnées équatoriales</u> : (voir figure 1)

Il sert pour *repérer les étoiles les unes par rapport aux autres.*

Les éléments de référence sont :
le plan de l'**équateur**,
et le demi-grand cercle passant par les pôles et le **point vernal** γ.

La direction d'un astre est alors caractérisée par deux angles :
son **ascension droite** α,
et sa **déclinaison** δ.

La déclinaison δ se mesure en *degrés* : 0° pour une étoile située dans l'équateur,
+ 90° pour le pôle Nord, - 90° pour le pôle Sud.
La déclinaison d'un astre est analogue à la latitude d'un point sur la Terre.

L'ascension droite α se mesure en *heures* et divisions sexagésimales (minutes et secondes) :
1 heure d'ascension droite correspond à un angle de 15°.

Le demi-grand cercle contenant la direction d'une étoile semble, pour un observateur terrestre, faire un tour en 23 h 56 min à cause du mouvement diurne de la Terre. Pour déterminer l'angle que fait ce demi-grand cercle avec le point γ, il est donc commode de mesurer le temps qui s'écoule entre les deux passages du point vernal γ et de l'étoile, au méridien du lieu. L'horloge utilisée pour mesurer ce temps est appelée horloge sidérale ; elle doit faire un tour de cadran en 23 h 56 min.

L'ascension droite se mesure dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre). Les étoiles passent donc au méridien du lieu dans l'ordre de leurs ascensions droites croissantes.

L'ascension droite est comparable à la longitude sur la Terre.

Ce système de coordonnées est *indépendant du lieu* d'observation et est donc commode pour tracer des *cartes du ciel*. Mais le point γ, comme toutes les étoiles, a un mouvement apparent permanent de rotation autour de l'axe des pôles : la connaissance des coordonnées équatoriales d'un astre n'indique donc pas à un observateur dans quelle direction il le verra, par rapport à un repère local.

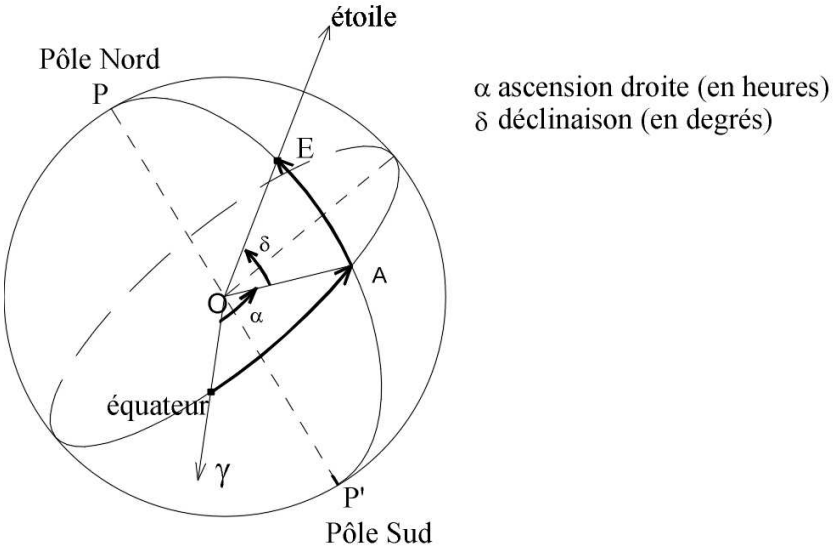

Figure 1

<u>Système de coordonnées horaires</u> : (voir figure 2)

Il sert pour *viser un astre en un lieu donné*. C'est un système de coordonnées local.

Les éléments de référence sont :

le **demi-méridien Sud du lieu** d'observation (plan vertical passant par le pôle Nord),
et encore le plan de l'**équateur**.

Ces deux plans sont fixes par rapport à l'observateur et permettent ainsi un *repérage local*.

La direction d'une étoile est alors caractérisée par :

son **angle horaire H**
et encore sa **déclinaison** δ.

L'angle horaire H est mesuré en heures, minutes et secondes, comme l'ascension droite. Mais il se mesure dans le sens rétrograde c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre.

La déclinaison δ d'une étoile reste constante, alors que son angle horaire H croît uniformément avec le temps.

Ce système de coordonnées est couramment utilisé pour *viser un astre avec un instrument* à monture équatoriale, mais il ne permet pas de se repérer par rapport au sol, environnement familier à l'homme.

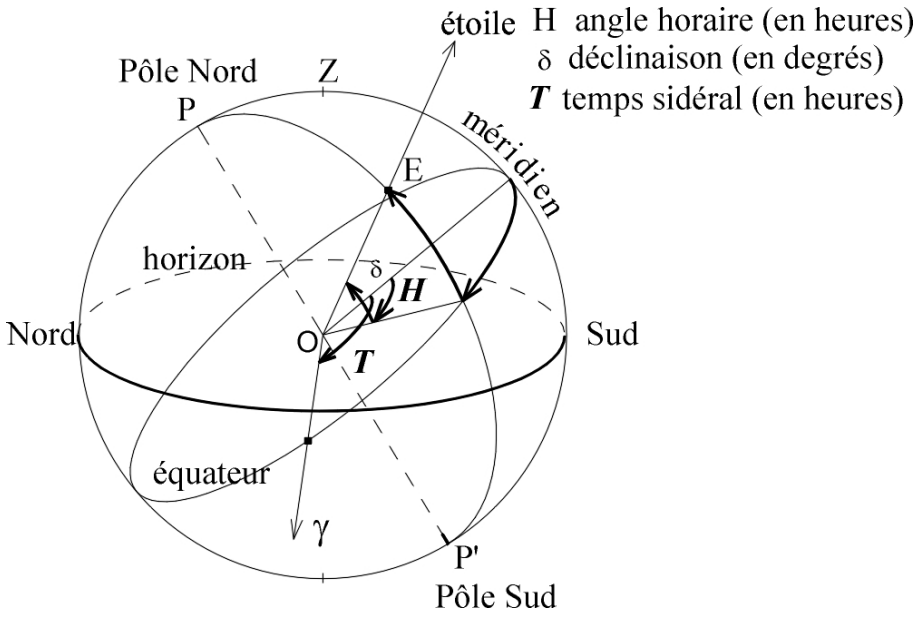

figure 2

<u>Temps sidéral</u>

L'angle horaire du point γ est appelé **temps sidéral T**.

Si l'on connaît le temps sidéral du lieu (grâce à une horloge sidérale) et l'ascension droite d'une étoile (trouvée dans un catalogue), son angle horaire est donné par la relation :

$$\mathbf{H = T - \alpha}$$

Lors du passage d'une étoile au méridien, H = 0 et la connaissance du temps sidéral donne son ascension droite α et réciproquement.

<u>Système de coordonnées horizontales</u> : (voir figure 3)

Il sert pour *repérer un astre par rapport à l'horizon* du lieu d'observation.

Les éléments de référence sont :
le **plan horizontal** du lieu,
et le **demi-méridien Sud** du lieu d'observation.

Dans ce système de coordonnées, la direction d'un astre est caractérisé par :
son **azimut a**,
et sa **hauteur h**.
On emploie aussi la distance zénithale $\zeta = 90° - h$.

L'azimut a est compté en degrés, dans le sens rétrograde, de 0° à 360° à partir du demi-méridien Sud pour les astronomes (dans la marine, on mesure les azimuts à partir du demi-méridien Nord).

La hauteur h est comptée en degrés à partir du plan horizon, de - 90° au pôle Sud à + 90° au pôle Nord.

Les mesures de ces coordonnées se font à l'aide d'un théodolite ou d'un sextant.

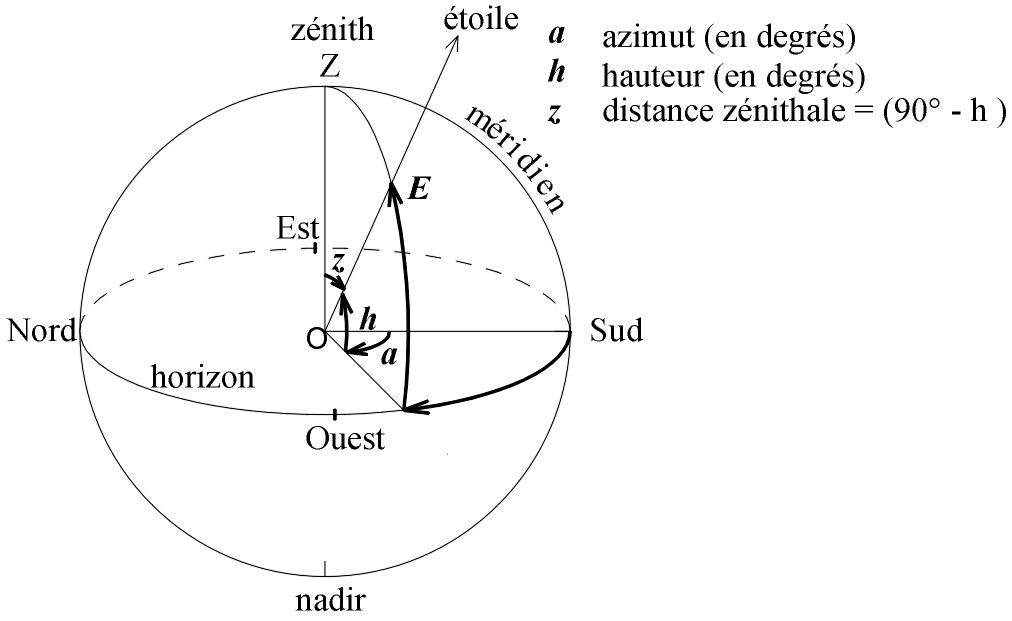

figure 3

<u>Système de coordonnées écliptiques</u> : (voir figure 4)

Il sert pour *repérer la position du Soleil,* qui varie au cours de l'année sur l'écliptique, et *celles des planètes,* qui se déplacent toujours au voisinage de l'écliptique.

Les éléments de références sont :
le plan de l'**écliptique**,
et le **point vernal** γ.

Dans ce système de coordonnées la direction d'un astre est définie par :
sa **longitude écliptique l**,
et sa **latitude écliptique b**.

Ces deux coordonnées sont mesurées en degrés.

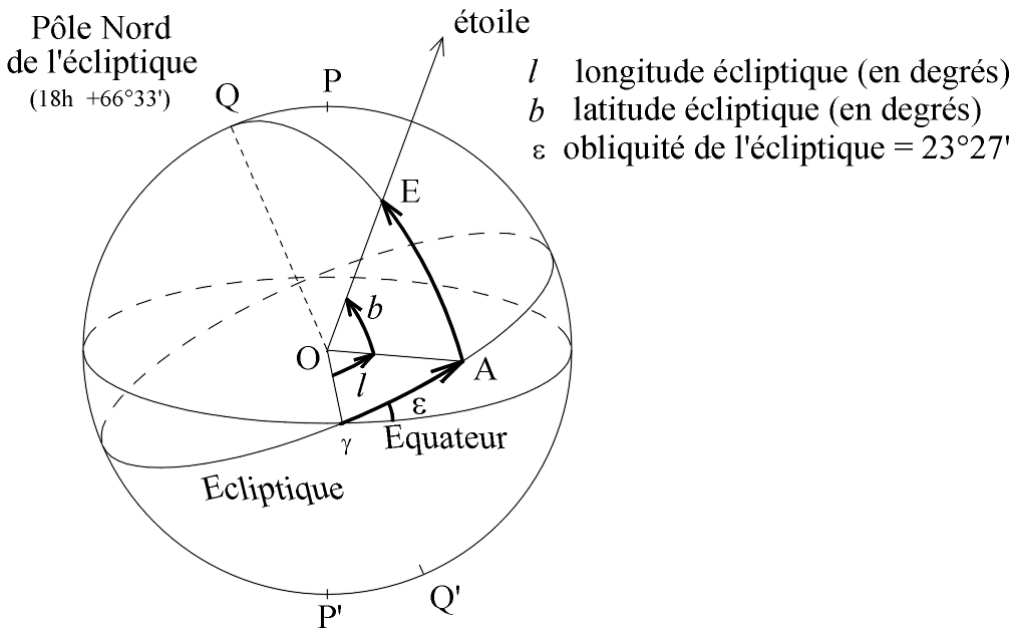

figure 4

Passages d'un système de coordonnées à un autre :

Les coordonnées d'un astre dans les différents systèmes peuvent être obtenues :
- soit par le calcul en utilisant des relations trigonométriques (voir Annexe),
- soit au moyen d'un instrument : l'astrolabe.

Formules générales

Dans les triangles sphériques, le changement de système se fait par des relations trigonométriques. A cause de l'incertitude sur la valeur d'un angle dont on connaît seulement une ligne trigonométrique (sin, cos...), il faut deux relations pour déterminer les angles variant de 0 à 2π .

coordonnées horizontales → coordonnées horaires → coordonnées équatoriales

$$\sin\delta = \sin\varphi \cdot \cos z - \cos\varphi \cdot \sin z \cdot \cos\alpha$$
$$\cos\delta \cdot \sin H = \sin z \cdot \sin\alpha$$
$$\cos\delta \cdot \cos H = \cos\varphi \cdot \cos z + \sin\varphi \cdot \sin z \cdot \cos\alpha$$
$$\alpha = T - H$$

coordonnées équatoriales → coordonnées horaires → coordonnées horizontales

$$H = T - \alpha$$
$$\cos z = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos H$$
$$\sin z \cdot \sin\alpha = \cos\delta \cdot \sin H$$
$$\sin z \cdot \cos\alpha = -\cos\varphi \cdot \sin\delta + \sin\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos H$$

coordonnées équatoriales → coordonnées écliptiques

$$\sin b = \cos\varepsilon \cdot \sin\delta - \sin\varepsilon \cdot \cos\delta \cdot \sin\alpha$$
$$\cos b \cdot \cos l = \cos\delta \cdot \cos\alpha$$
$$\cos b \cdot \sin l = \sin\varepsilon \cdot \sin\delta + \cos\varepsilon \cdot \cos\delta \cdot \sin\alpha$$

coordonnées écliptiques → coordonnées équatoriales

$$\sin\delta = \cos\varepsilon \cdot \sin b + \sin\varepsilon \cdot \cos b \sin l$$
$$\cos\delta \cdot \cos\alpha = \cos b \cdot \cos l$$
$$\cos\delta \cdot \sin\alpha = -\sin\varepsilon \cdot \sin b + \cos\varepsilon \cdot \cos b \cdot \sin l$$

Note :

L'angle horaire et *l'ascension droite* habituellement exprimés en heures d'angle doivent être convertis en degrés pour être utilisés dans les formules trigonométriques (1 heure = 15°).