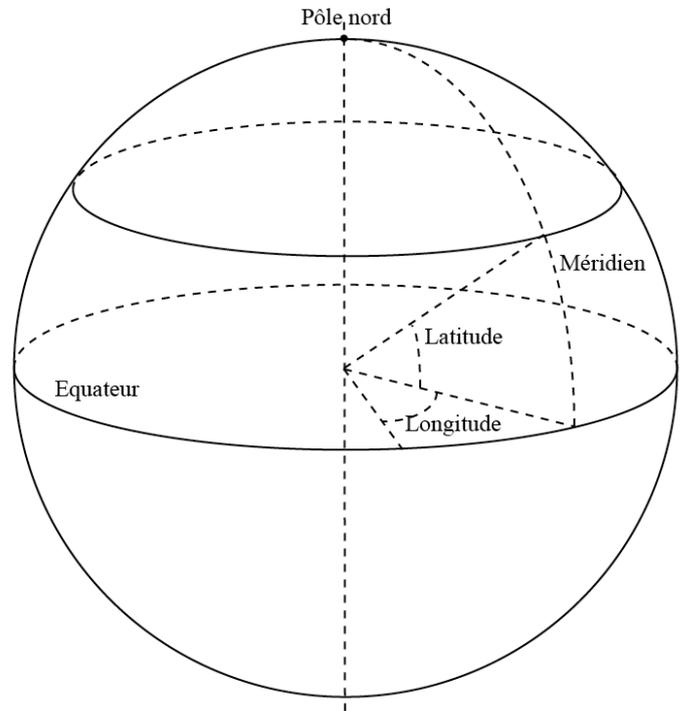


Annexe 1 Les coordonnées

Les coordonnées géographiques... Ou comment nous repérer sur Terre.

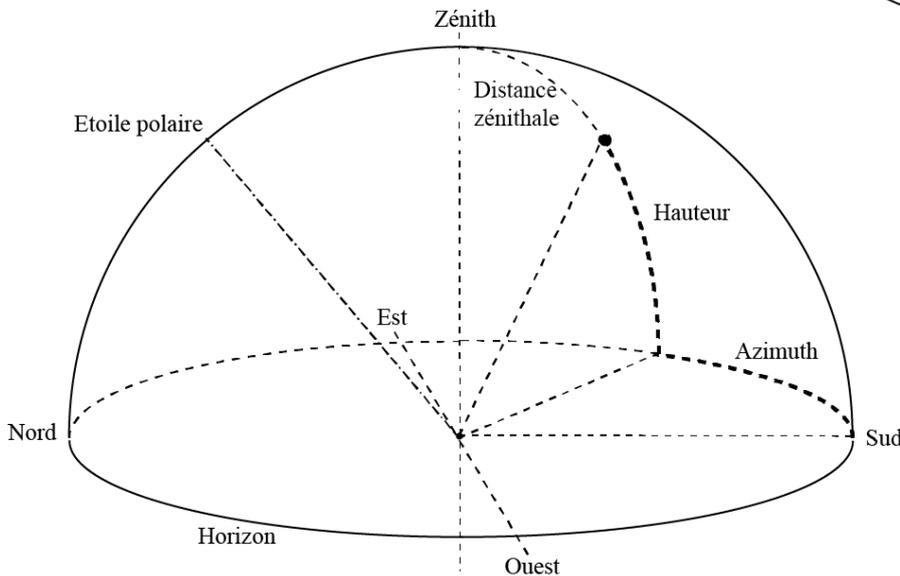
Le système de coordonnées sur Terre est lié aux parallèles (cercles parallèles à l'équateur) et aux méridiens (demis grands cercles dont les extrémités sont les Pôles). Les lignes de référence sont l'équateur et (actuellement) le méridien de Greenwich. Les *coordonnées géographiques* d'un point permettent de préciser au croisement de quel méridien et de quel parallèle se situe le point. Le parallèle est repéré grâce à la latitude (comprise entre 0° et 90°S ou 0° et 90°N) et le méridien grâce à la longitude (comprise entre 0° et 180°O ou 0° et 180°E).

Le choix du méridien de référence est purement arbitraire, contrairement à celui du parallèle de référence (l'équateur) : le méridien de Greenwich est celui qui passe par l'observatoire anglais de la ville de Greenwich.



Les coordonnées horizontales...ou comment repérer un astre de là où nous sommes.

Les *coordonnées horizontales* sont liées à notre modèle 3. Quel que soit l'endroit de la Terre où il se situe, un observateur aura toujours l'impression de se trouver sur un plan horizontal qui coupe la sphère céleste en deux parties égales. Au sommet de la demi sphère visible (son



ciel), le *zénith*. L'opposé de ce point est le *nadir*.

Ce système peut être utilisé pour donner la position d'un astre. Pour cela l'observateur commence par repérer la *hauteur* de l'astre au-dessus de l'horizon : c'est l'amplitude de l'angle que fait la droite qui joint l'étoile à l'observateur avec le plan de l'horizon. Ensuite il cherche le point *P* d'intersection de l'horizon et du quart de grand cercle partant du zénith et passant par l'astre. Il peut alors mesurer l'*azimut* de l'astre : c'est l'amplitude de l'angle, dont le sommet est l'observateur, entre le point *P* et la direction du Sud (pour la plupart des astronomes).

La hauteur est comprise entre 0° (à l'horizon) et 90° (au zénith). L'azimut est compris entre 0° (le Sud) et 360° et est compté dans le sens des aiguilles d'une montre (vu du ciel). Les coordonnées horizontales étant liées au lieu de l'observateur, elles ne sont pas les plus utilisées en astronomie.

Pour traiter certaines questions, on utilise également la distance zénithale (ζ). Il s'agit de l'angle complémentaire de la hauteur, c'est-à-dire l'angle entre l'astre et le zénith.

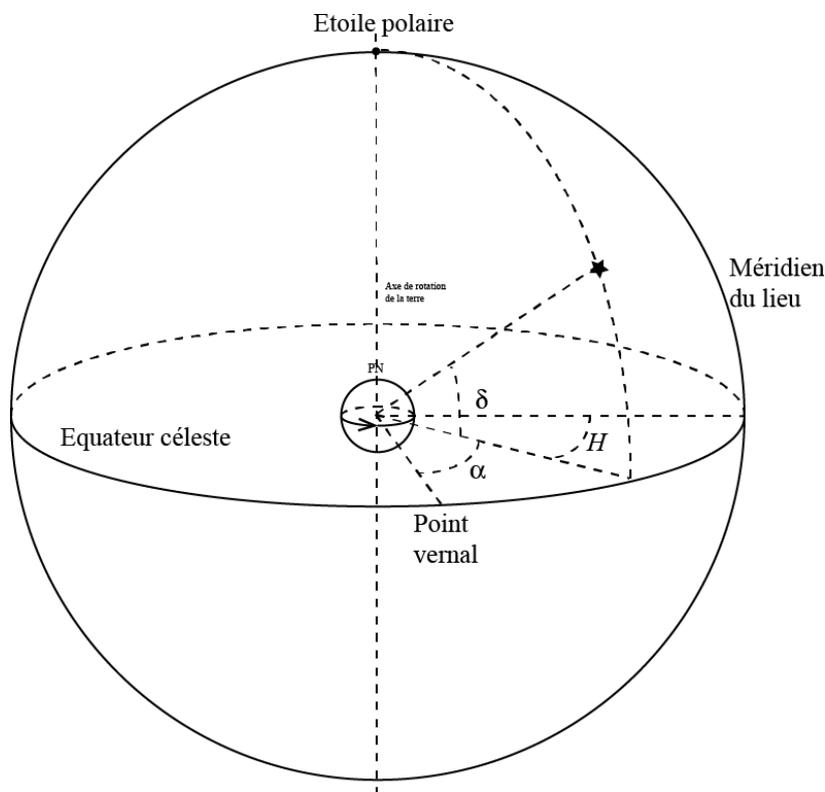
Les coordonnées équatoriales... ou comment repérer un astre sur la sphère céleste, indépendamment de l'endroit où nous sommes.

Le système des *coordonnées équatoriales* est basé sur le même principe que celui des coordonnées géographiques sur Terre. La sphère céleste est « quadrillée » à l'aide de parallèles, cercles parallèles à l'équateur céleste, et de méridiens, perpendiculaires aux parallèles et dont les extrémités sont les pôles célestes.

Pour les *coordonnées équatoriales célestes*, les lignes de référence sont l'équateur céleste et le méridien passant par le *point vernal* (γ), là où se trouve le Soleil à l'équinoxe de printemps, c'est-à-dire exactement à une des intersections du plan de l'écliptique avec l'équateur céleste.

Un astre est repéré d'abord par son *ascension droite* (α), équivalent de la longitude sur Terre : c'est l'amplitude de l'angle, mesurée sur l'équateur, entre le méridien de l'astre et celui du point vernal. Elle se compte en heures, minutes et secondes (1 h pour 15 degrés) dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (vu du Nord) à partir du point vernal, et est donc comprise entre 0 h et 24 h.

Il faut ensuite repérer sa *déclinaison* (δ), équivalent de la latitude sur Terre : c'est l'amplitude de l'angle que fait la droite qui joint l'astre au centre de la sphère avec le plan de l'équateur céleste ; elle s'exprime en degrés, positivement vers le Nord et négativement vers le Sud ; elle varie donc de -90° à 90° .



Pour les *coordonnées équatoriales locales*, ce n'est plus le méridien du point vernal mais le méridien du lieu d'observation qui sert de référence. Un astre est repéré d'abord par son *angle horaire* (H) : c'est l'amplitude de l'angle, mesurée sur l'équateur, entre le méridien de l'astre et celui du lieu d'observation. Il se compte en heures, minutes et secondes dans le sens des aiguilles d'une montre.

Quand on additionne l'angle horaire et l'ascension droite, on obtient le temps sidéral local :

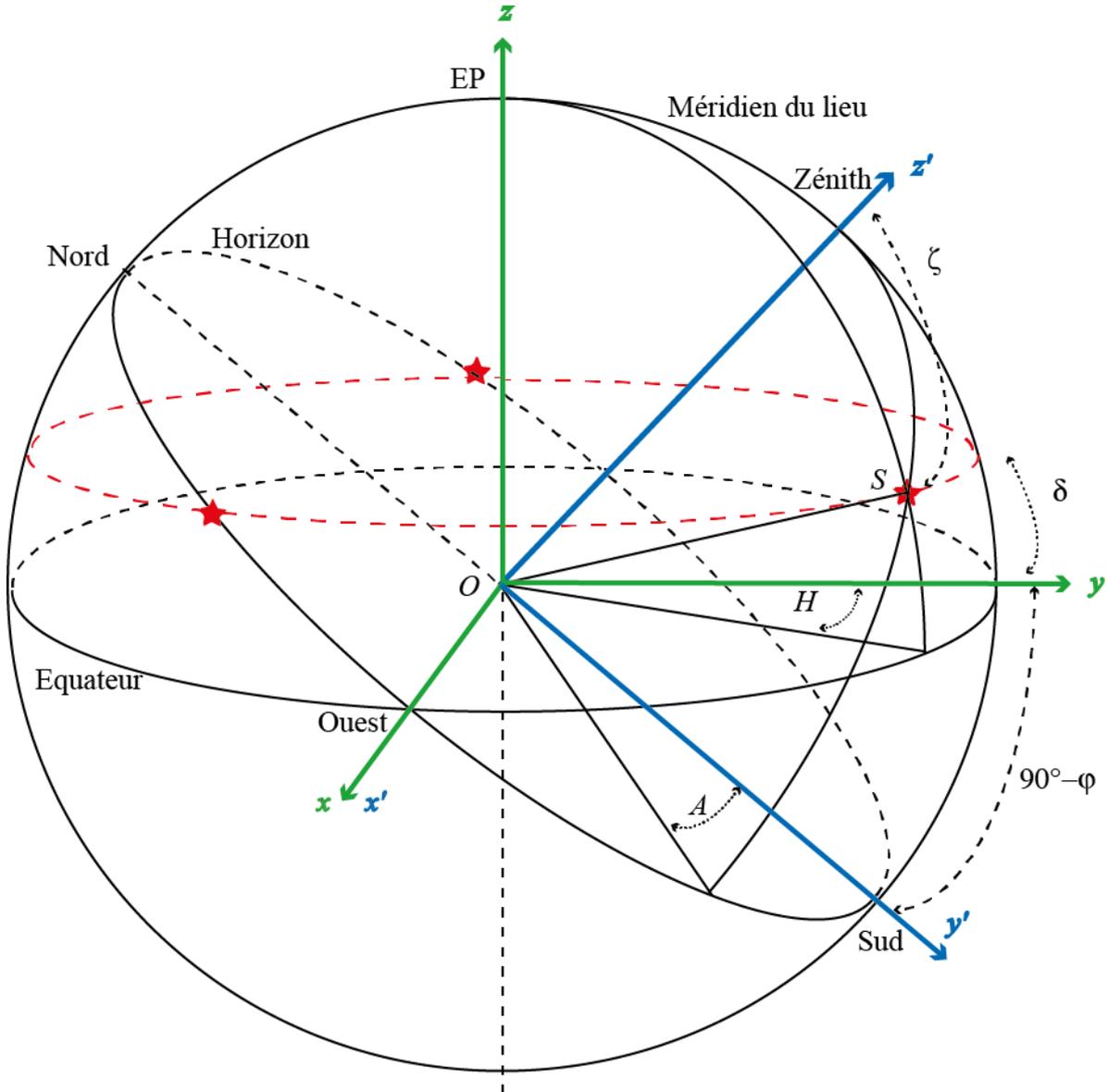
$$t = \alpha + H$$

Des coordonnées horizontales aux coordonnées équatoriales locales

Pour un lieu donné et un jour donné, la déclinaison du soleil et la latitude du lieu sont constantes.

Considérons un repère R ou $Oxyz$ (x pointé vers l'ouest, y dans le plan zénith-sud et z pointé vers l'étoile polaire) attaché au plan équatorial.

Considérons un repère R' ou $Ox'y'z'$ (x' pointé vers l'ouest, y' pointé vers le sud et z' pointé vers le zénith) attaché au plan horizontal.



On peut écrire que les coordonnées du soleil S dans le repère R sont

$$\begin{cases} x = r \sin H \cos \delta \\ y = r \cos H \cos \delta \\ z = r \sin \delta \end{cases} \quad (\text{A})$$

On peut également écrire que les coordonnées soleil S dans le repère R' sont

$$\begin{cases} x' = r \sin \zeta \sin A \\ y' = r \sin \zeta \cos A \\ z' = r \cos \zeta \end{cases} \quad (\text{B})$$

D'autre part, pour passer du repère R au repère R' , il faut faire une rotation d'angle $90^\circ - \varphi$. On a donc

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin \varphi & -\cos \varphi \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Ou encore

$$\begin{cases} x' = x \\ y' = \sin \varphi y - \cos \varphi z \\ z' = \cos \varphi y + \sin \varphi z \end{cases} \quad (\text{C})$$

A partir des systèmes A, B et C, on peut déduire que :

$$\cos \zeta = \cos \varphi \cos H \cos \delta + \sin \varphi \sin \delta$$