

Coordonnées célestes



Pierre de Ponthière

AAVSO member (DPP)

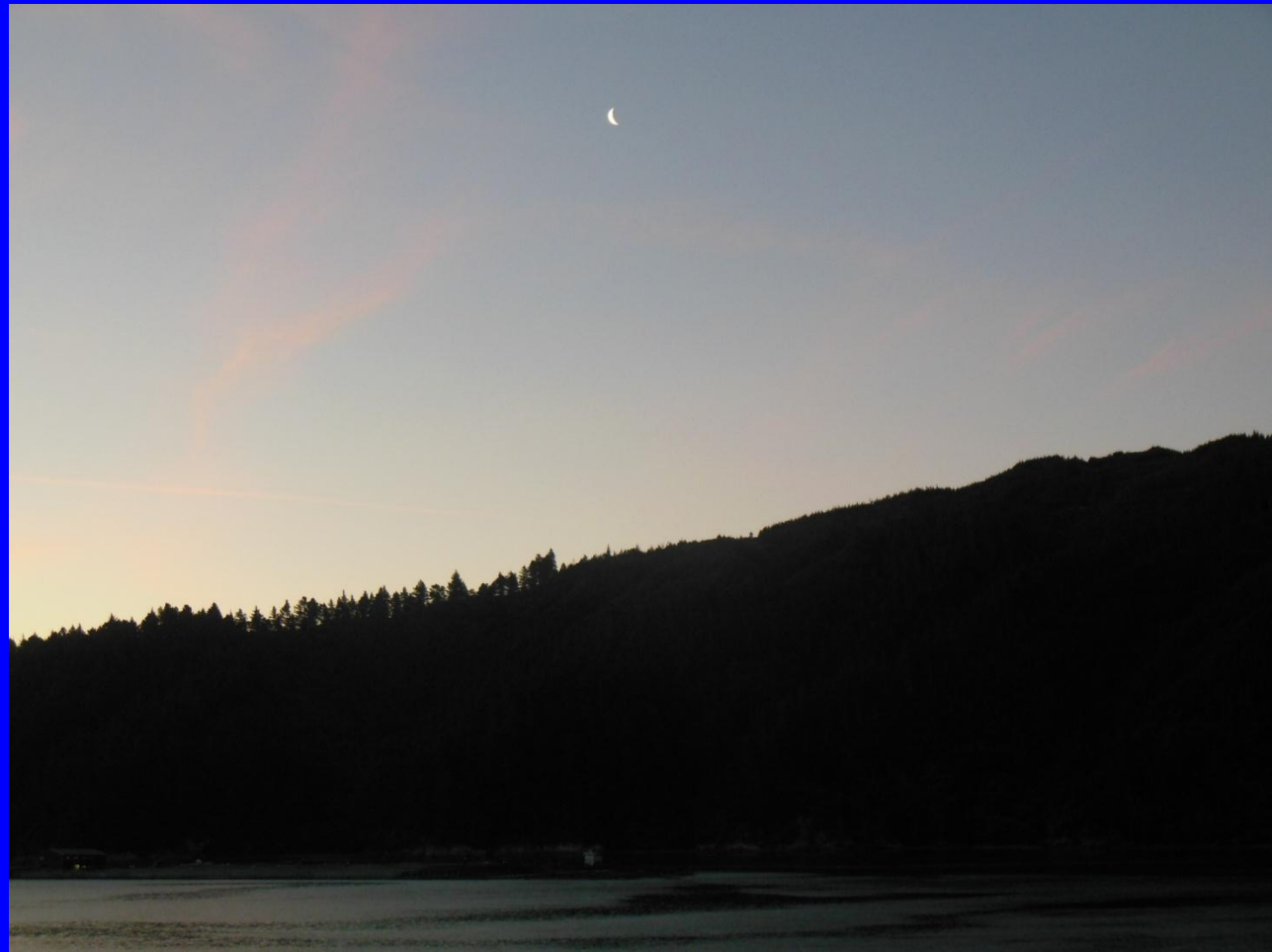
CBA Lesve

www.dppobservatory.net

2015/01/23

Quiz

- Photo prise le soir !
- Lat -41 Long 174



Structure de l'exposé

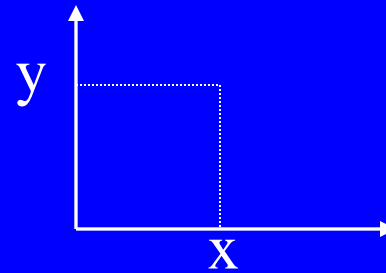
- Pourquoi être concerné par les coordonnées?
- Coordonnées cartésiennes – polaires
- Changement de coordonnées
- Coordonnées horizontales, écliptiques, équatoriales
- Point Vernal
- Temps sidéral – Angle horaire
- Application à un Goto et Planétarium
- Précession
- Jours Juliens et temps héliocentrique

Pourquoi être concerné par les coordonnées

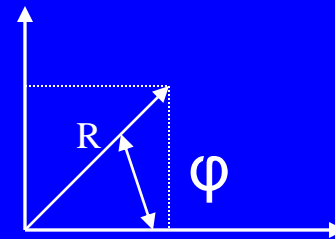
- Observation visuelle avec un Dobson
 - peu concerné – saut d'étoiles (star hopping)
- Observation avec un Goto
 - ordinateur interne calcule la position des étoiles
 - utile de comprendre ce qui s'y passe et résoudre les problèmes
- Planétarium – Carte du ciel informatisée
- Pourquoi autant de systèmes de coordonnées?
 - Les opérations / calculs sont simples dans un système de coordonnées particulier
 - Possibilité de faire des changements de coordonnées (on part du facile pour le calcul vers celui souhaité par l'utilisateur.)

Coordonnées cartésiennes – polaires (2 dimensions)

- Coordonnées cartésiennes x et y



- Coordonnées polaires R et φ



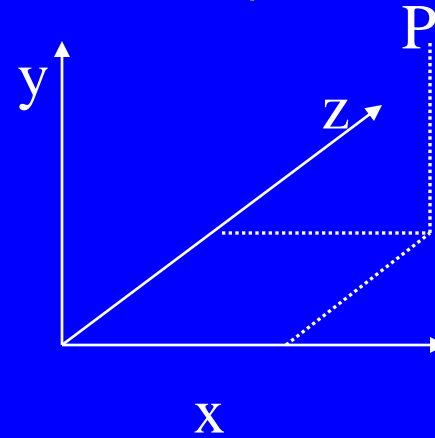
$$x = R \cos \varphi$$
$$y = R \sin \varphi$$

$$\varphi = \arctan(y/x)$$

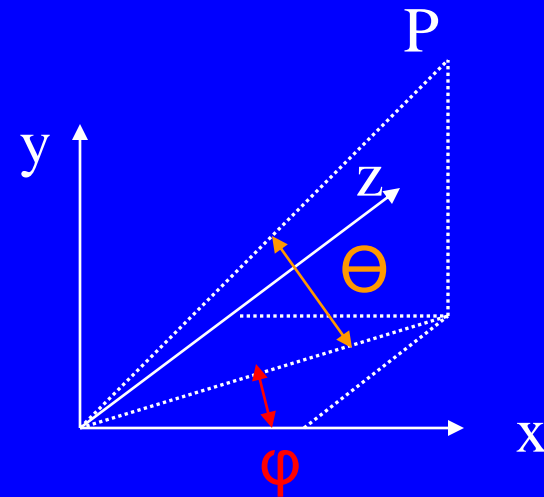
$$R^2 = x^2 + y^2$$

Coordonnées cartésiennes – polaires (3 dimensions)

- Coordonnées cartésiennes x , y et z



- Coordonnées polaires R , φ , Θ

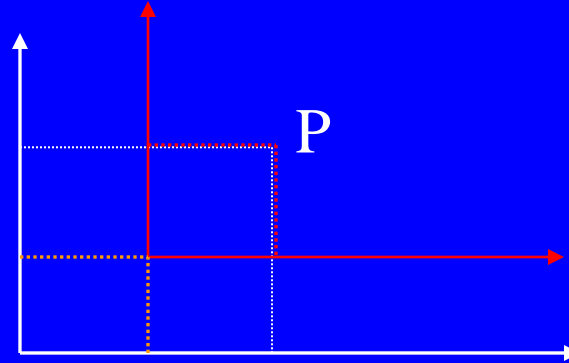


Transformation des coordonnées (2 dimensions)

- Translation

$$x = x' + x_0$$

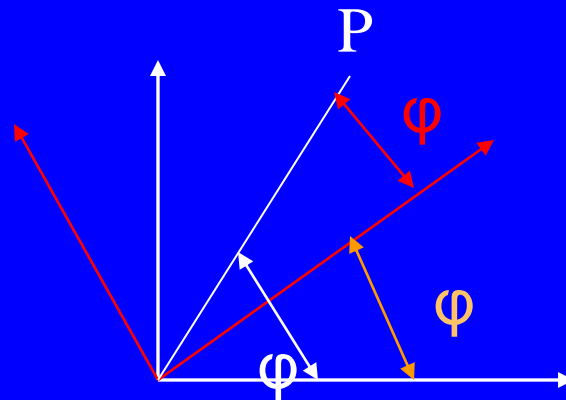
$$y = y' + y_0$$



- Rotation

$$\varphi = \varphi' + \varphi_0$$

$$R = R'$$



- Translation + Rotation

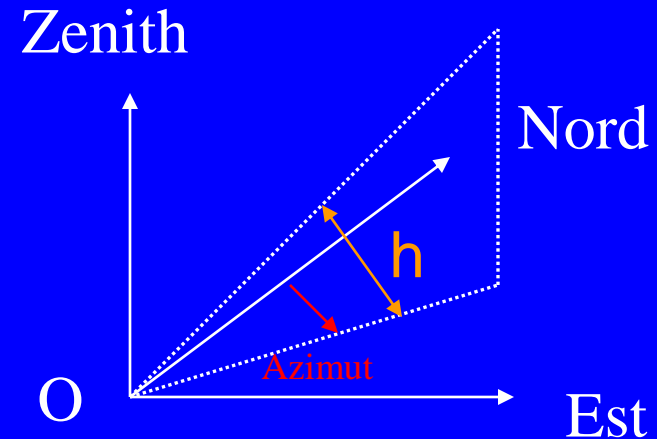
Transformation des coordonnées (3 dimensions)

- Similaire que pour 2 coordonnées
- Mais rotations possibles autour des 3 axes
- 1 Translation + 2 Rotations au maximum

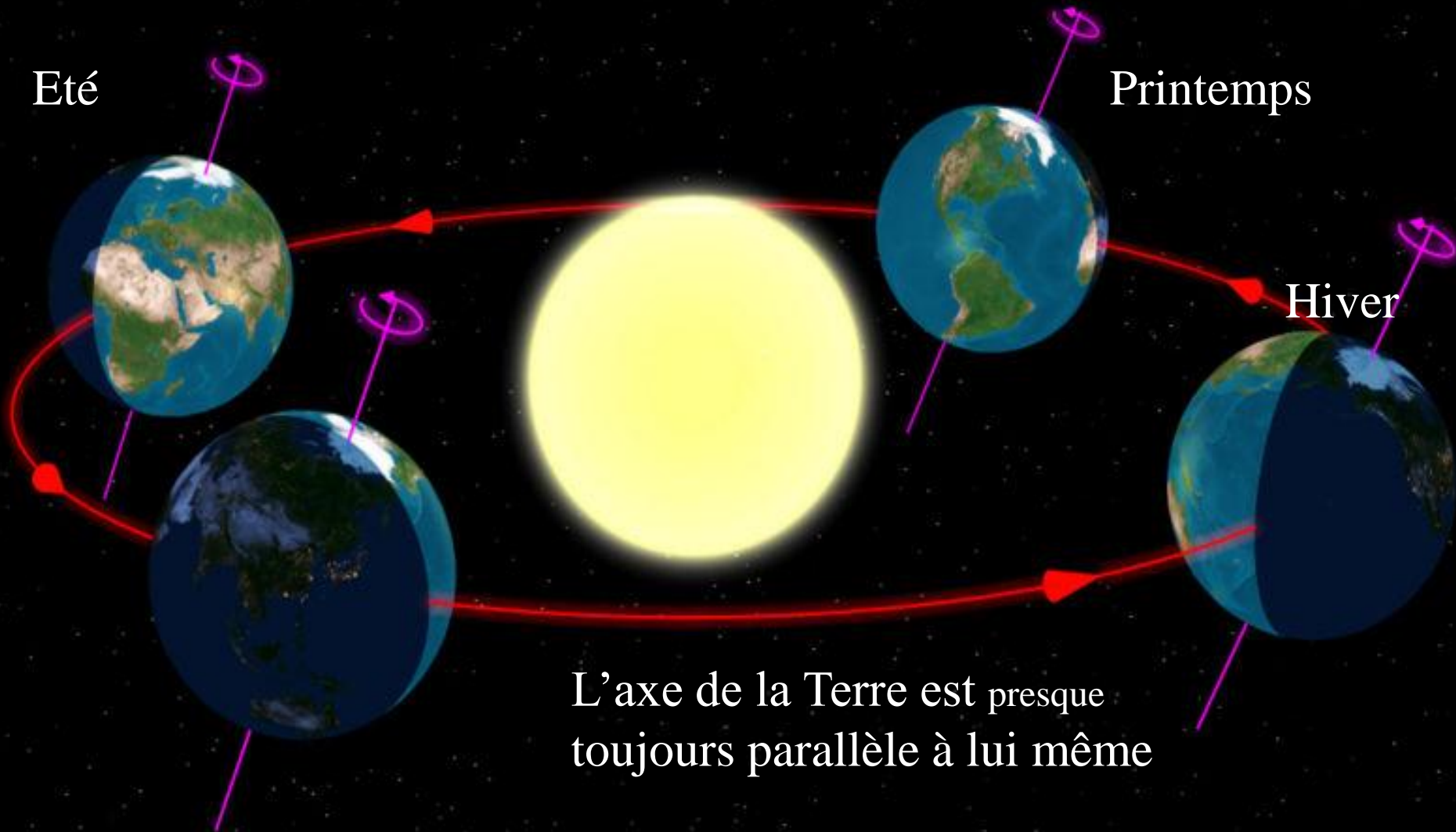
Coordonnées Topocentrique

(Coordonnées polaires)

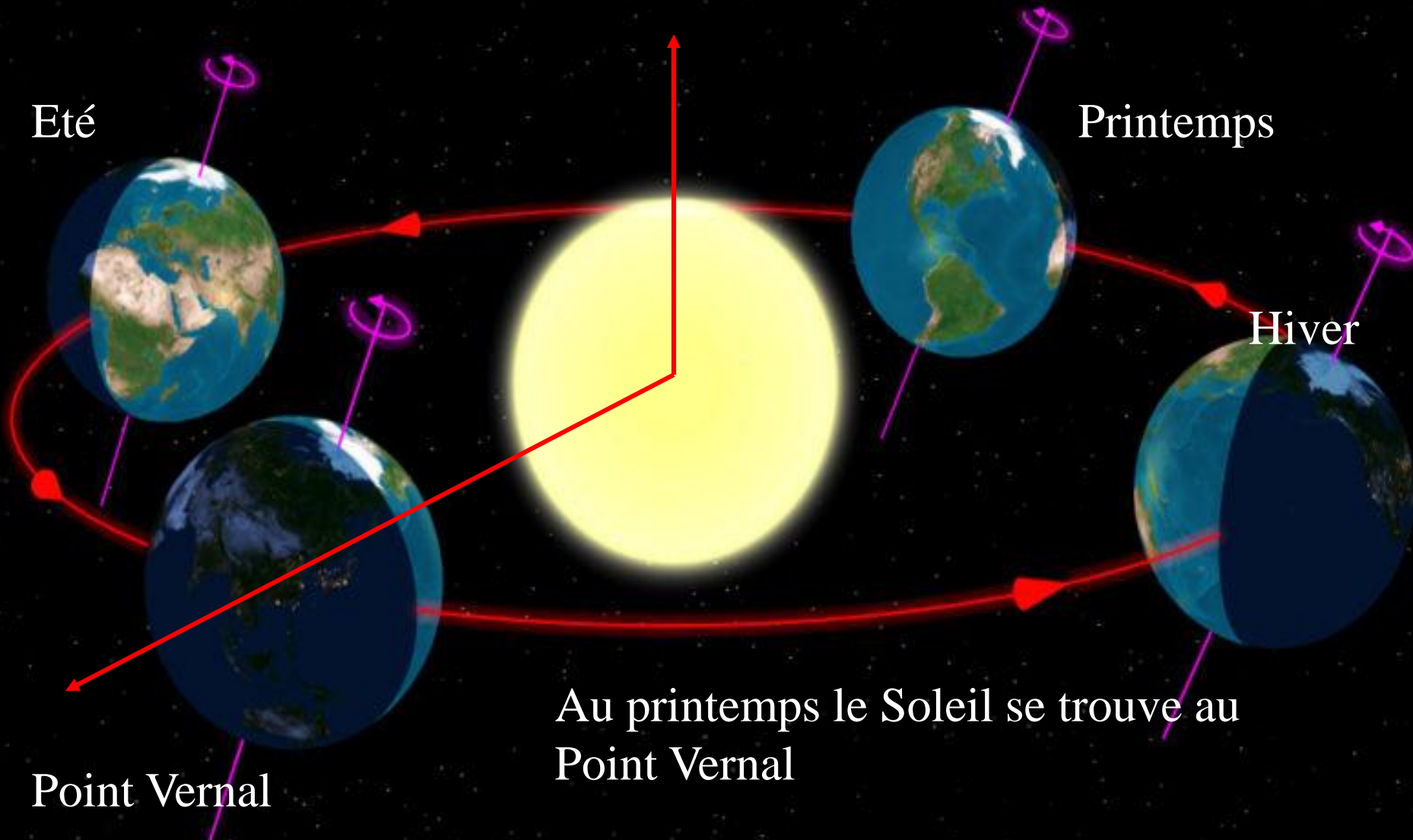
- Egalement appelées horizontales ou azimutales
 - Plan de notre horizon plus un axe vertical (Zénith)
 - O = position du télescope
 - Axe Z = Zénith
 - Azimut compté dans le sens horlogique.
 - Astronomes à partir du Sud
les autres à partir du Nord
 - h = hauteur (altitude/elevation)
 - R distance (on ne s'y intéresse pas)
- Sphère des Fixes
- Utilité :
repérage dans le ciel avec une boussole.
 - Alt-Azim télescope.



La Terre tourne dans le plan Ecliptique



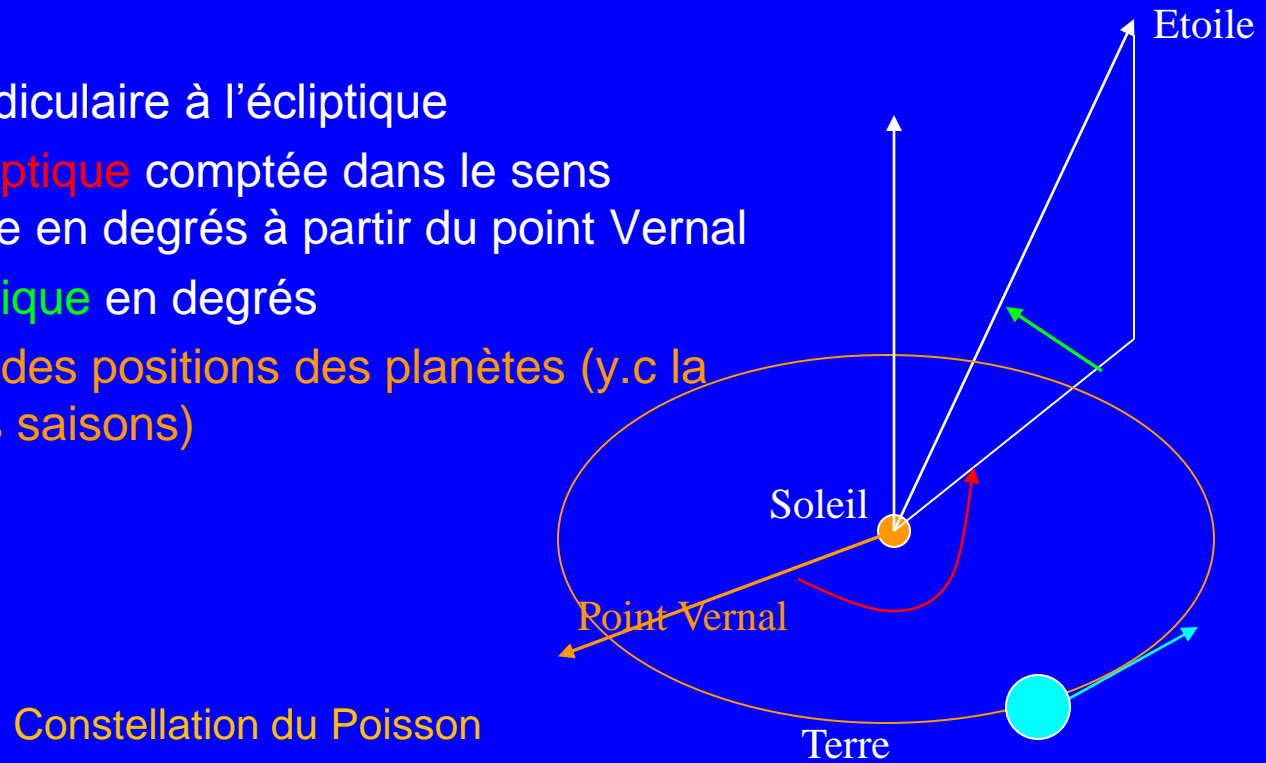
Coordonnées Ecliptiques



Coordonnées Ecliptiques

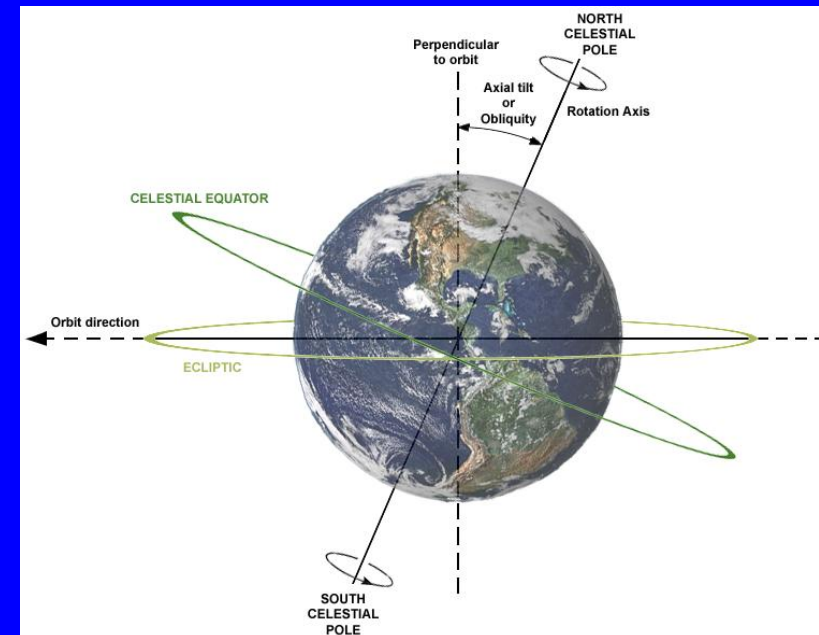
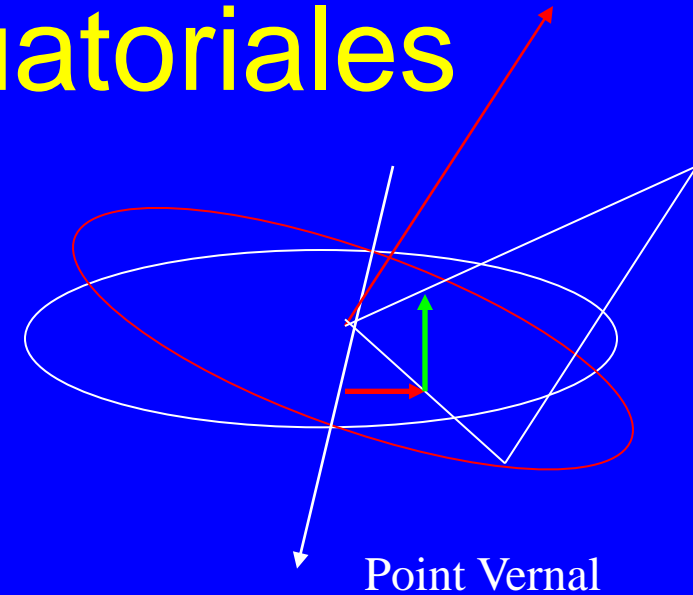
(Coordonnées polaires)

- Plan de la **trajectoire** de la Terre = écliptique
- O = Soleil
- Axe Z perpendiculaire à l'écliptique
- **Longitude écliptique** comptée dans le sens anti-horlogique en degrés à partir du point Vernal
- **Latitude écliptique** en degrés
- **Utilité** : calcul des positions des planètes (y.c la Terre pour les saisons)



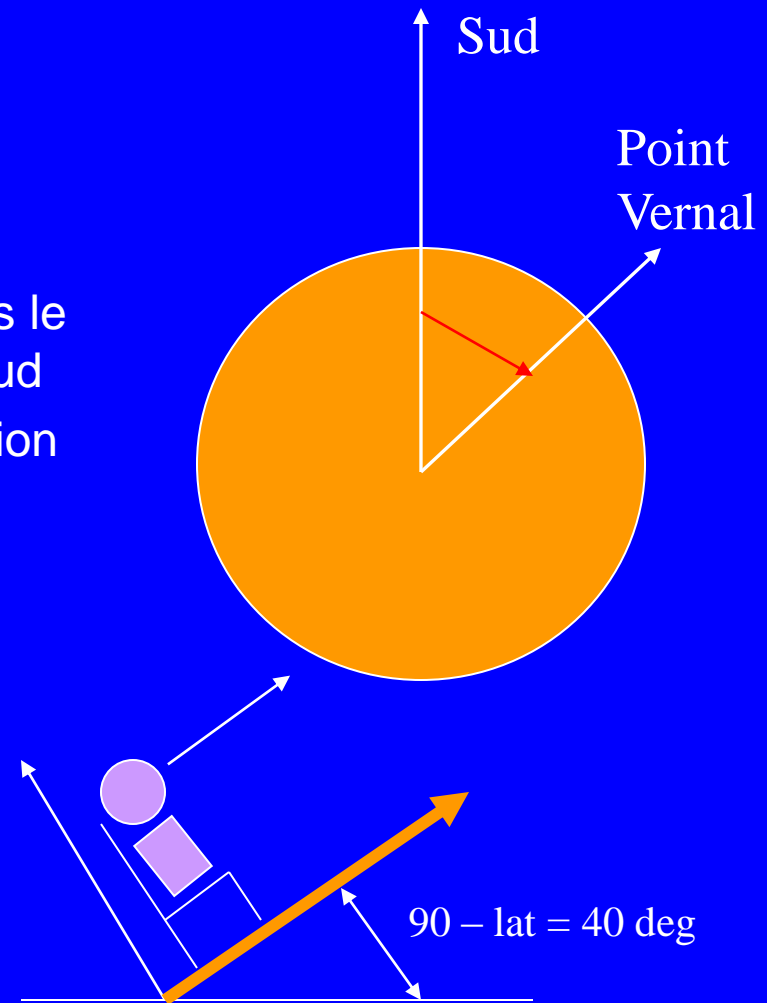
Coordonnées équatoriales

- Plan de l'Equateur
- O = centre de la Terre ou votre position
- Axe Z = Pôle Nord
- donc similaire aux coordonnées géographiques (latitude, longitude)
- **Ascension Droite** comptée dans le sens anti-horlogique (heures) à partir du point vernal.
 - Indépendante de la rotation de la Terre.
 - 1 heure = 15 deg ($24 \times 15 = 360$)
- **Déclinaison** (degrés)
- **Utilité :**
 - Cartes / Catalogues du ciel
 - Montures équatoriales



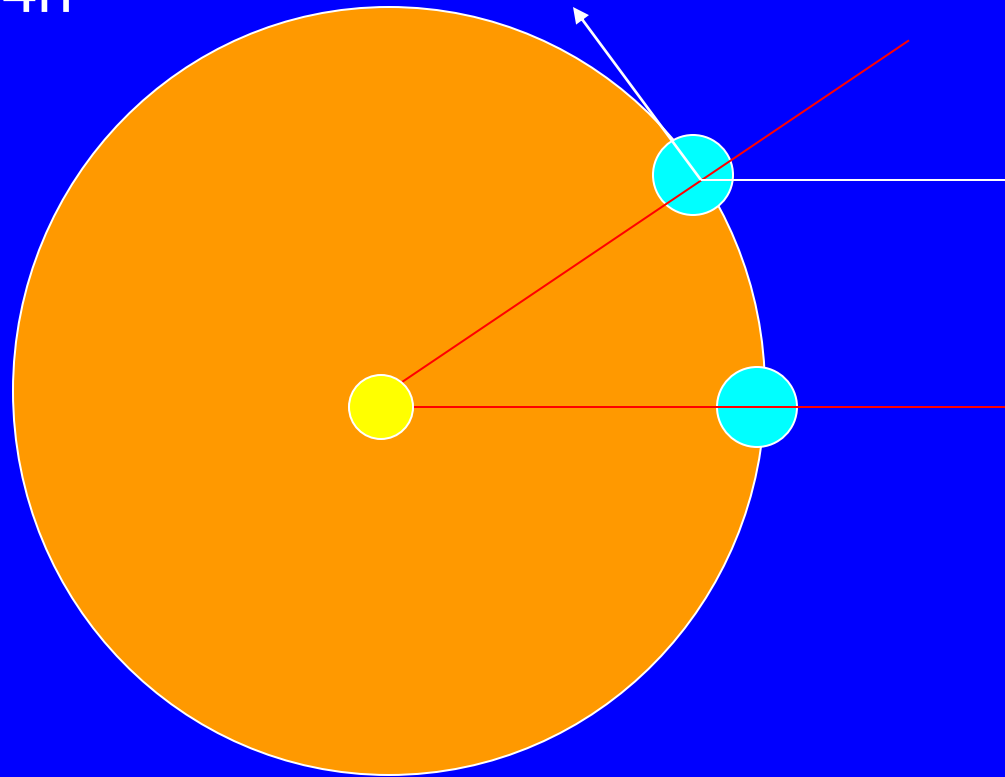
Mais où se trouve le point Vernal dans le ciel

- Plan de l'Equateur
- O = centre de la Terre ou votre position
- Le point Vernal se trouve dans le plan équatorial
- **Temps sidéral local = LST** = temps depuis le passage du point vernal par rapport au Sud
- Le temps sidéral local se calcule en fonction de votre longitude et la date et heure.
- Angle horaire = temps depuis le passage d'un objet par rapport au Sud.
- Temps sidéral = angle horaire du point Vernal.



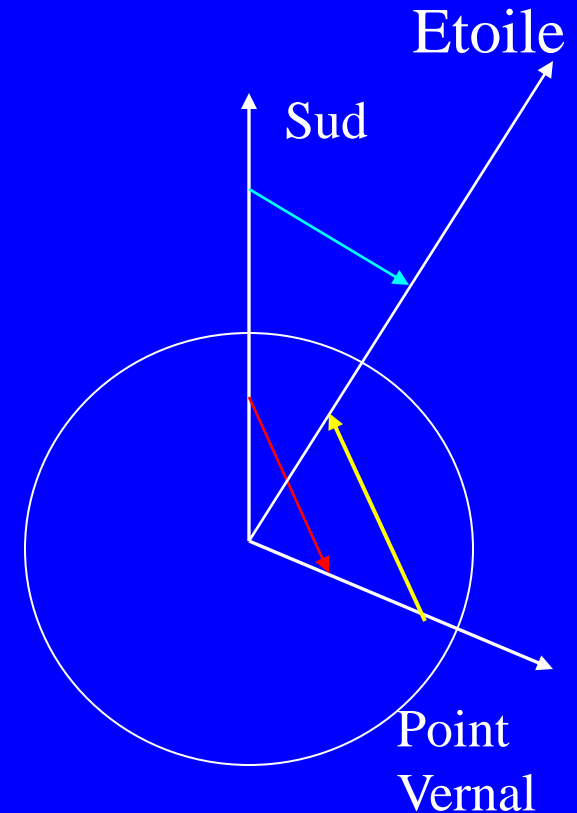
Temps sidéral

- 24 heures sidérales = 23h 56m 4s
- $365.25 \times (3 \text{ m } 56\text{s})/60 \times = 24\text{h}$
- 1 tour (24h) par an
- GST = f(date/heure)
temps sidéral de Greenwich
- Correction pour la longitude
fournit le LST (temps sidéral local)



Mais où se trouve le point Vernal

- Plan de l'Equateur
- O = centre de la Terre ou votre position
- Temps sidéral local = LST = temps depuis le passage du point vernal par rapport au Sud
- Le temps sidéral local se calcule en fonction de votre longitude et du calendrier.
- Angle horaire = h = temps depuis le passage de l'objet par rapport au Sud.
- Temps sidéral = angle horaire du point vernal.
- Ascension Droite = AR (voir cartes)
- $h = LST - AR$
- Connaissant LST et AR on obtient l'angle horaire

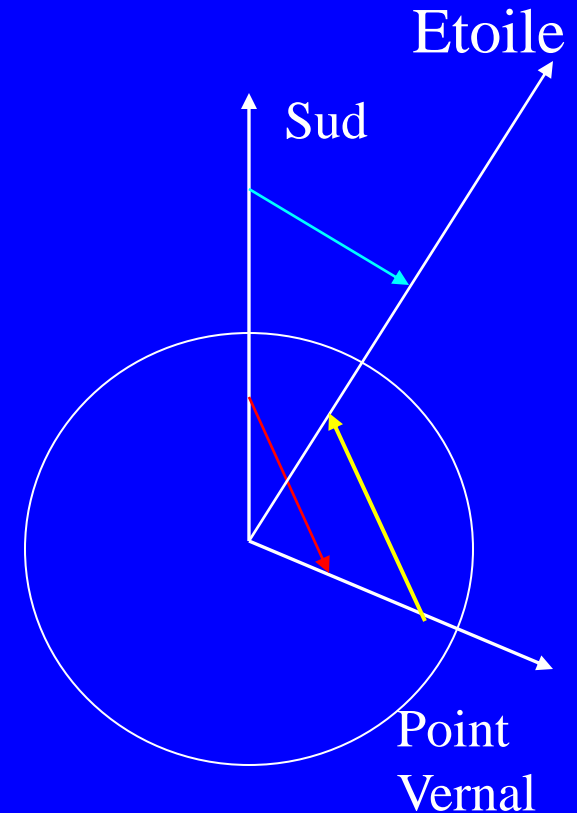


Utilisation d'un Goto ou d'une Carte informatisée

- Veillez aux paramètres de votre système
 - heure
 - fuseau horaire (time zone) GMT+1 ou GMT+2
 - date
 - le plus simple est de tout déclarer en Temps Universel
 - longitude et latitude du lieu
 - parfois les longitudes Est sont positives parfois négatives
- Sources de calcul pour le temps sidéral
 - celui de votre télescope
 - celui de votre programme Carte du ciel
 - Internet
- Lorsque le télescope est bloqué vers le SUD
 - Angle horaire = 0
 - Ascension droite = temps sidéral

$$h = LST - AD$$

Un Goto donne LST et Ascension
Droite → moyen de vérification

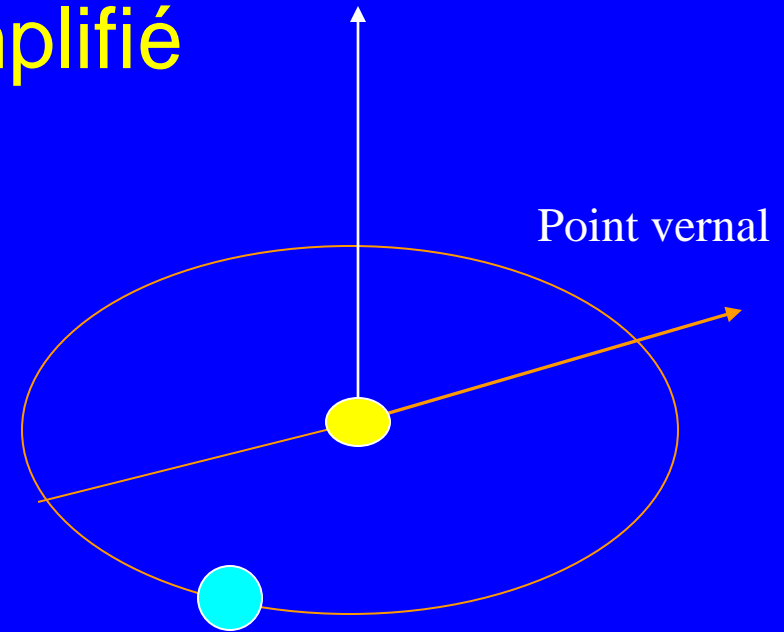


Temps sidéral - Exercise

- Quel est le temps sidéral maintenant?
- En observant le ciel et une carte céleste...

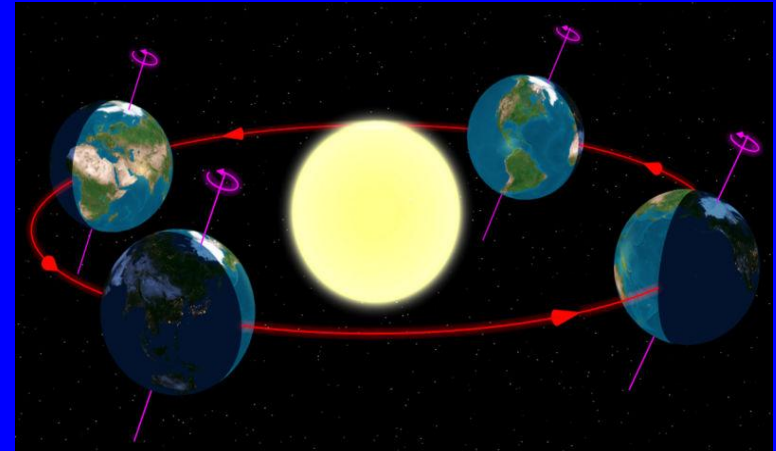
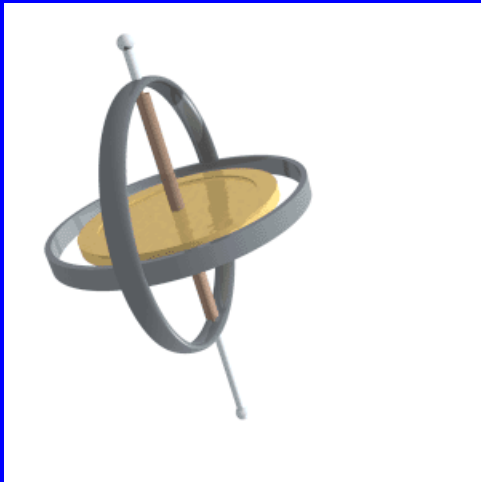
Position d'une planète modèle simplifié

- Calcul dans le plan écliptique
 - date
 - position à une date donnée
- Correction en fonction de la position de la Terre
- Passage au coordonnées équatoriales
 - coordonnées écliptiques
 - obliquité de l'écliptique environ 23.43 deg
- Passage aux coordonnées horizontales
 - coordonnées équatoriales
 - longitude et latitude du lieu
 - date, Ist, angle horaire

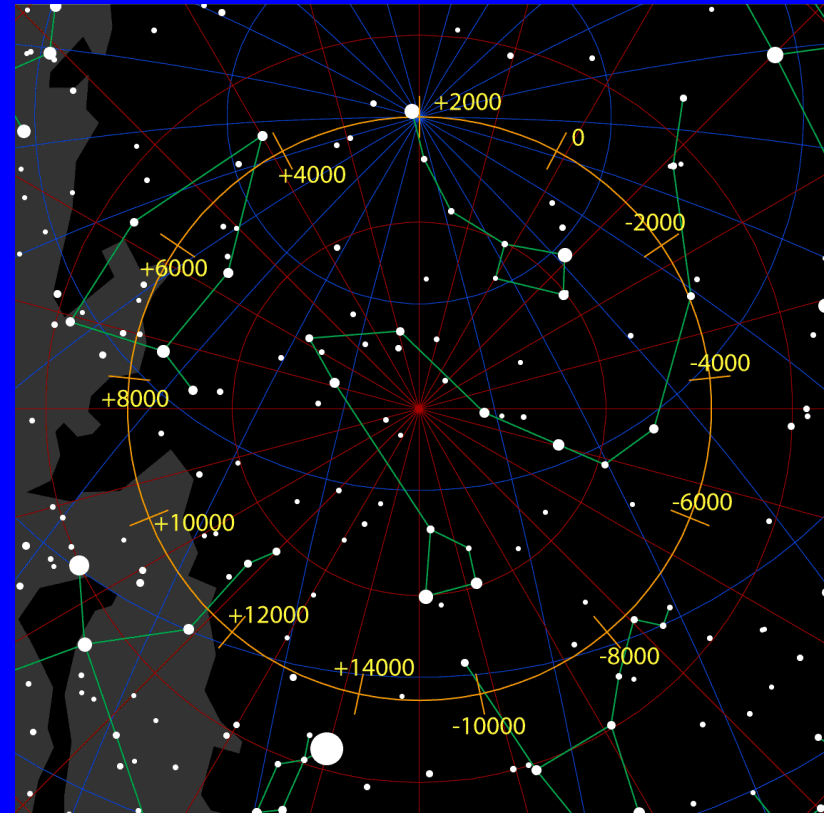


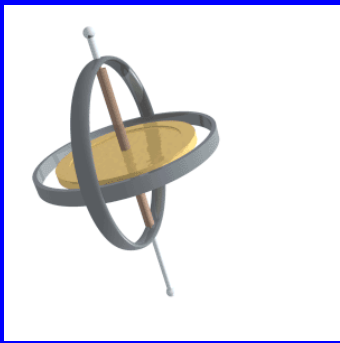
Précession

- Le Pôle Nord à une période de 25 800 ans
- Les signes du Zodiaque ont changé d'environ 15 jours en 2000 ans.
Vive l'astrologie



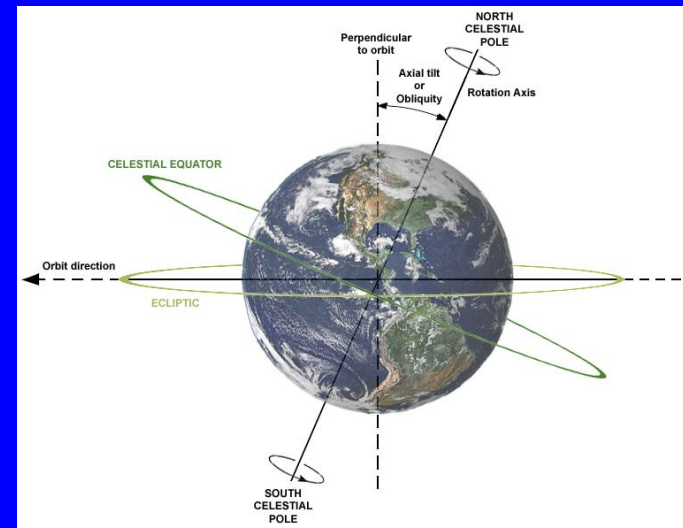
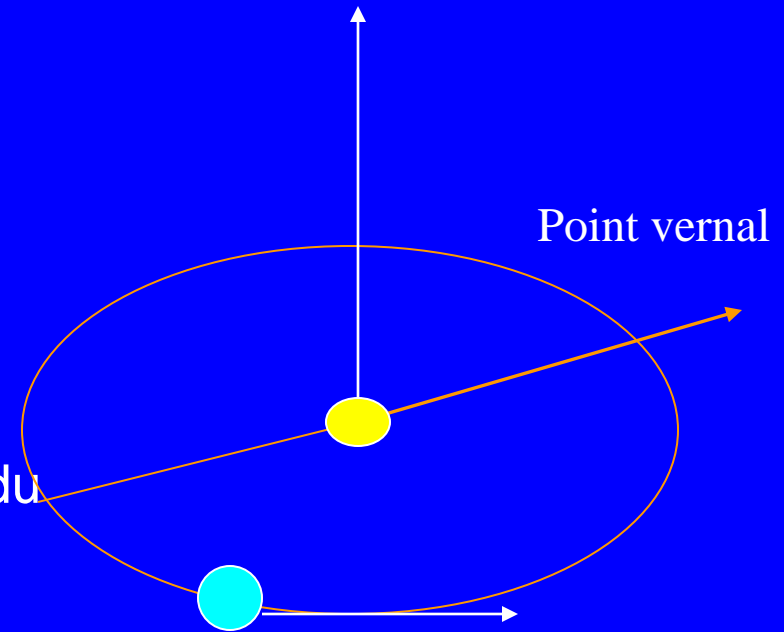
- Le point Vernal est appelé aussi point d'Aries mais il se trouve dans les Poissons





Précession

- Le Pôle Nord à une période de 25 800 ans
- L'étoile Polaire ne sera pas toujours au Nord
- Les coordonnées équatoriales sont basées sur la direction du pôle Nord et du point Vernal...
- Les coordonnées équatoriales doivent donc être corrigées.
- Les cartes actuelles sont en coordonnées de l'an 2000, les plus anciennes 1950.
- Il existe des formules simplifiées et rigoureuses pour passer des coordonnées 2000 à celles du jour.
- L'écart entre 2000 et 2015 → jusqu'à plusieurs minutes d'arc

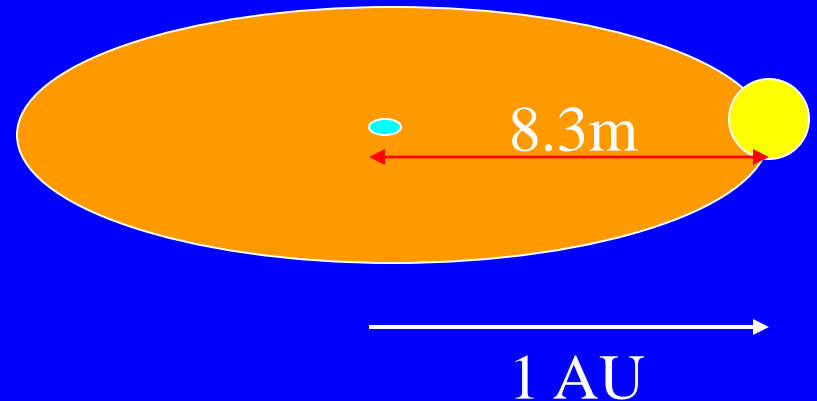


Les Jours Juliens

- JD = Jour Julien 2 457 045 = 23/1/2015
- Numérotation des jours depuis
le lundi 1er Janvier 4713 BC à 12h UT
- Pas de jours juliens locaux – tjs Greenwich
- Echappe aux caprices du calendrier y.c. réforme du Pape Grégoire en Octobre 1582
- Change à 12h UT
- Internet fournit des calculateurs
<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/JulianDate.php>
- Le jour de la semaine
 - reste de la division par 7 de (JD+1.5) où JD à 0hUT
 - dimanche = 0, lundi =1,....
- Calcul en double précision (64bits, equiv 15 décimales)
→ 1msec de précision
- MJD Modified Julian Date = JD – 2400000.5
- RJD Reduced Julian Date = JD – 2400000.0

Jour Julien Heliocentrique

- Utilisé pour enregistrer les temps d'éclipse ou des maxima des étoiles
- Jour Julien Heliocentrique HJD
- $HJD = JD - (d/c) [\sin(\text{lat}) \sin(\text{latsol}) + \cos(\text{lat}) \cos(\text{latsol}) \cos(\text{long} - \text{longsol})]$
- en coordonnées écliptiques
- lat = latitude de l'étoile
- lat = latitude du soleil (= +/- 0)
- long = longitude de l'étoile
- longsol = longitude du soleil
- d = distance Terre Soleil
- c = vitesse de la lumière
- $d/c = \text{temps} = 8.316 \text{min} = 0.005775 \text{ jour}$
- Formule simplifiée
 - $HJD = JD - 0.005775 \cos(\text{lat}) \cos(\text{long} - \text{longsol})$
- si lat = 90 deg ou si long = longsol + 90 deg → HJD = JD
- <http://www.physics.sfasu.edu/astro/javascript/hjd.html>



Bibliographie

- **Astronomical Algorithms**
Jean Meeus
William-Bell
 - “recettes de calcul” très complètes et rigoureuses, avec exemples de calculs
 - pas de démonstrations, peu d’explications détaillées
- **Practical Astronomy with your calculator**
Peter Duffet-Smith
Cambridge University Press
 - bonnes définitions et conseils
- **Elements d’astronomie fondamentale**
Maurice Danloux-Dumesnils
Librairie scientifique et technique Albert Blanchard
 - explications détaillées de la mécanique céleste
 - démonstrations de certaines formules
 - pas d’algorithmes rigoureux
- **Wikipedia**

THE END