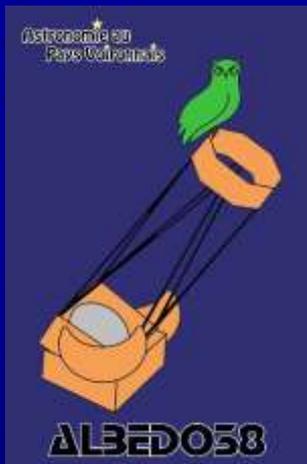


# Module 2

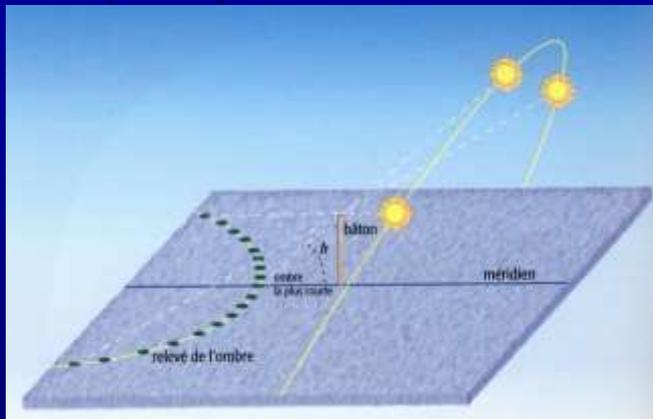
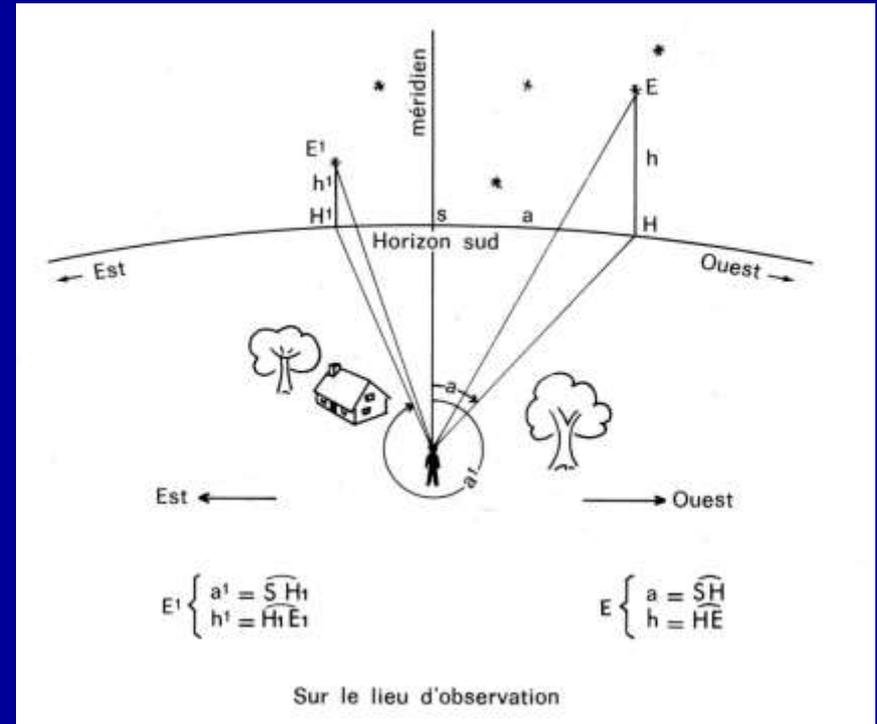
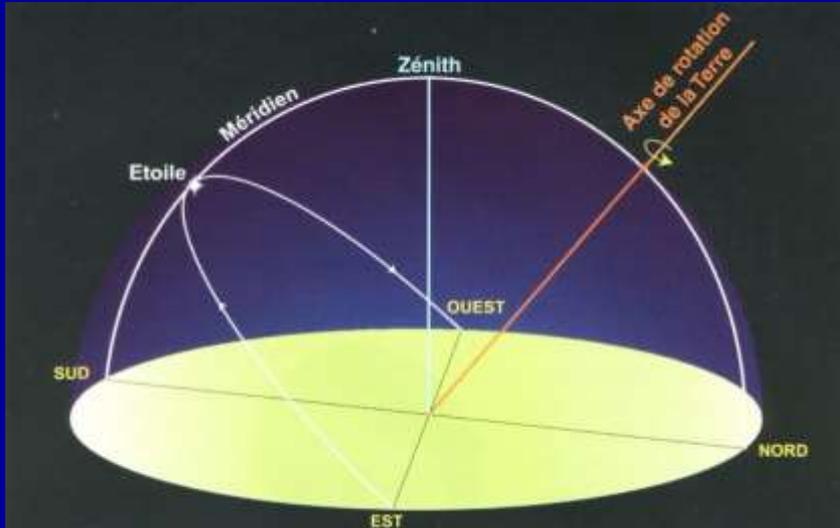
# Les mouvements de la voûte céleste



Jean-Luc Mainardi  
Janvier 2015  
Albédo 38

# Rappel des Basiques 1 :

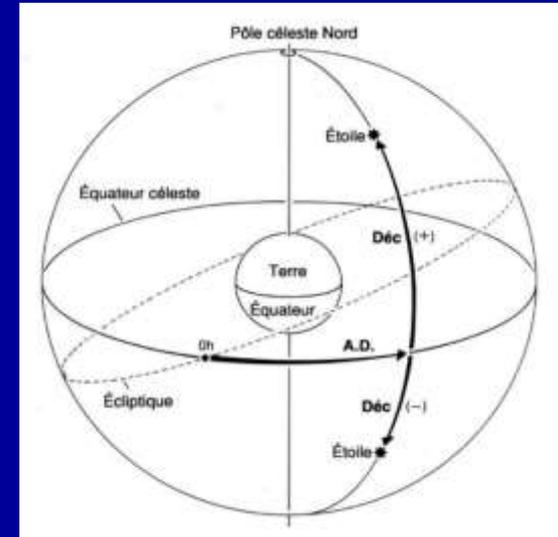
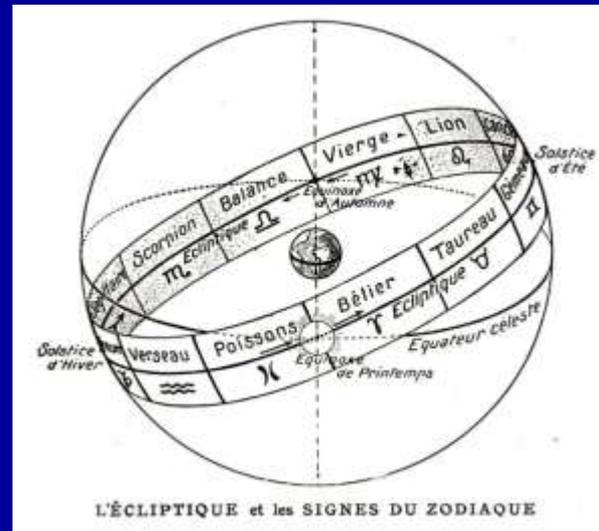
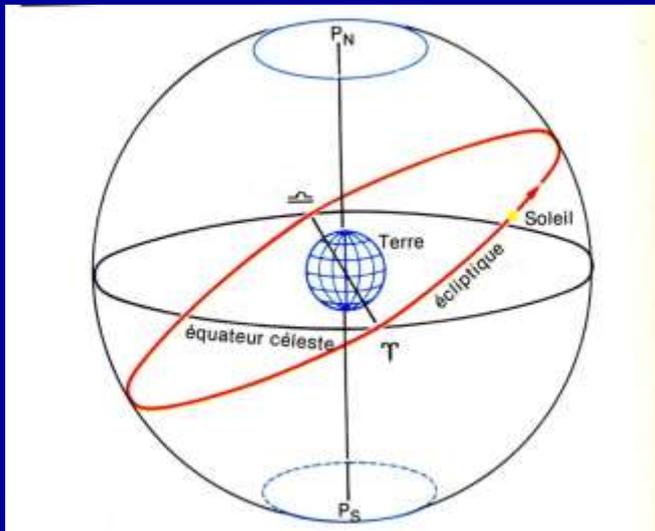
Méridien d'un lieu : ligne de référence du lieu d'observation



# Rappel des Basiques 2 :

## Equateur Céleste-Ecliptique-Coordonnées Equatoriales

→ **Le point Vernal  $\gamma$  : point le plus important du ciel**



**2 façons de comprendre l'écliptique :**

**1- trajet quotidien du soleil sur la voûte céleste**

**2-intersection du plan de l'orbite terrestre avec la voûte céleste**

**Ascension Droite :  $\alpha$**

**(en heures, minutes, secondes à partir de  $\gamma$ )**

**Déclinaison :  $\delta$  (en degré +ou-)**

# La voûte céleste effectue 3 types de mouvements

Le mouvement au cours de la nuit:

→ le mouvement diurne

Le mouvement au fil des jours qui passent :

→ le mouvement annuel

Le mouvement sur 25 700 ans :

→ la précession des équinoxes

# 1<sup>er</sup> mouvement : Le Mouvement Diurne



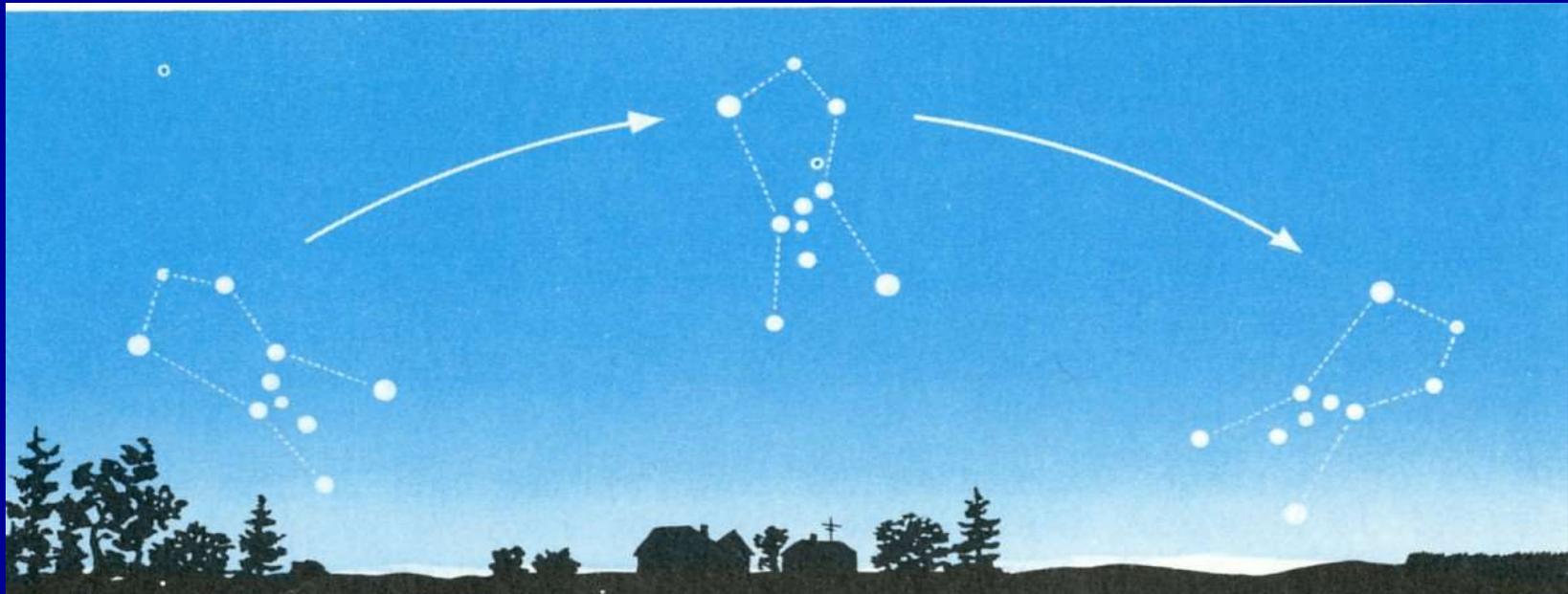
# Le mouvement diurne

- Bon sens commun :
  - Le soleil et les étoiles se lèvent à l'Est et se couchent à l'Ouest .
  - La terre effectue un tour complet autour de son axe Nord-Sud en 1 jour
- La réalité : la rotation du ciel de l'est vers l'ouest n'est qu'un mouvement apparent :
  - le vrai mouvement est celui de la Terre d'Ouest en Est.
  - « se lèvent à l'Est » comprendre « se lèvent à l'Est du méridien » (idem symétrique pour le coucher)
  - La Terre effectue un tour complet par rapport aux étoiles en 23h 56 min mais en 24 h par rapport au soleil (moyen)

On retiendra :

En 1 heure d'horloge la Terre tourne d'un angle de #  $15^\circ$   
donc le ciel tourne (de façon apparente) d'un angle de #  $15^\circ$   
(mais nous reviendrons sur ce point)

# Le mouvement d'Orion au cours de la nuit = déplacement par rapport au méridien du lieu



**Passage au méridien (sud)  
= culmination**

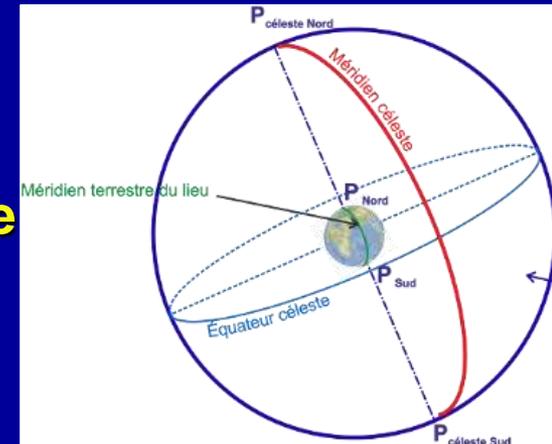
**Lever vers l'est**

**Coucher vers l'ouest**

# Une nuit d'observation du ciel

- Le Soleil se couche à l'ouest- Les étoiles les plus lumineuses apparaissent dans le crépuscule puis tout le ciel étoilé apparaît. Il suffit d'attendre et on voit la voûte céleste tourner : successivement les différentes étoiles culminent au méridien puis vont se « coucher » à l'ouest
- En 1 heure de temps d'horloge, le ciel tourne de  $15^\circ$  donc d'un arc de 1 heure mesurée sur l'Ascension Droite ( intérêt d'avoir gradué l'axe d'ascension droite en heures)

Au cours de la nuit, en un même lieu, on voit donc passer au méridien les cercles d'Ascension Droite dans le sens des AD croissantes, c'est-à-dire toute la voûte céleste qui n'est pas illuminée par le soleil (cercles d'AD = « méridiens célestes »).

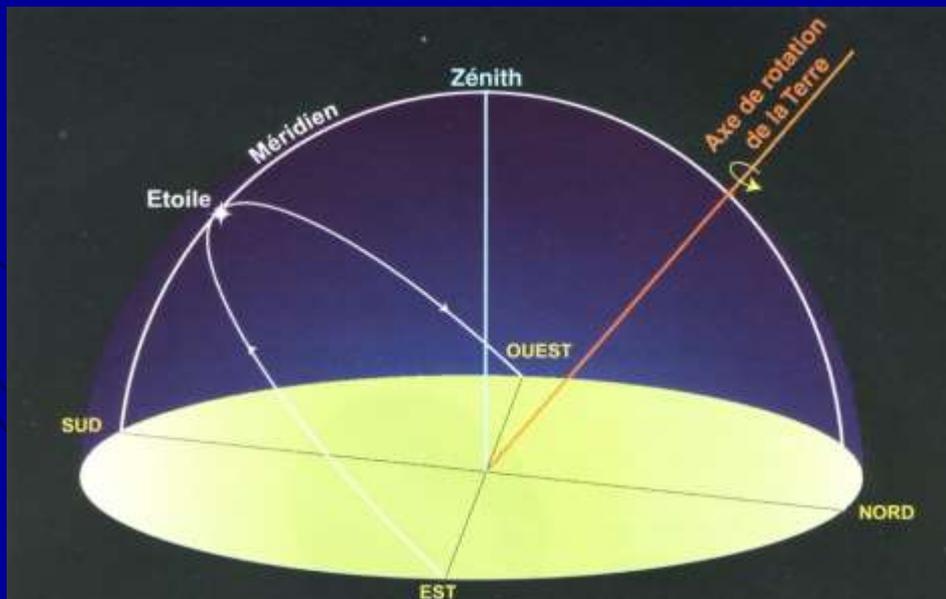


- L'aube arrive et le soleil apparaît (se lève) à l'est. Les étoiles « s'éteignent » et ne sont plus visibles (mais elles sont toujours là !).

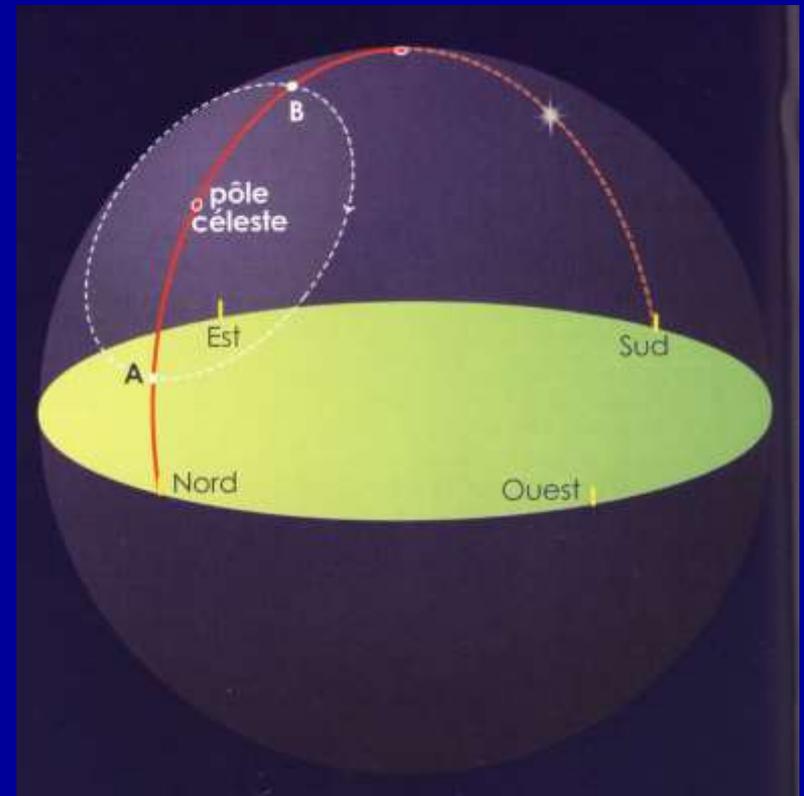
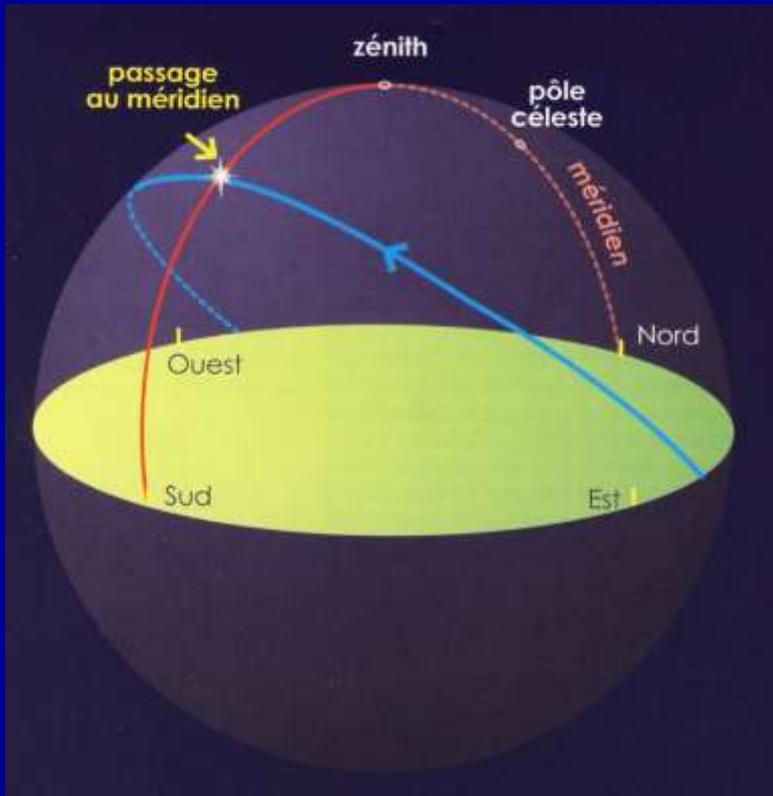
# La culmination d'un astre

La culmination d'un astre est son passage au méridien du lieu (méridien local)

Au moment de la culmination l'astre est à la position la plus élevée dans le ciel au-dessus de l'horizon local (direction sud)

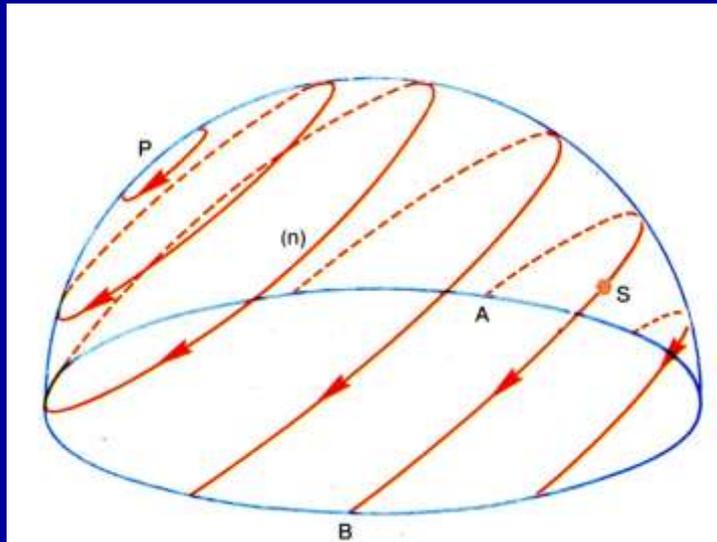


# Le passage au méridien céleste du lieu d'un astre du ciel



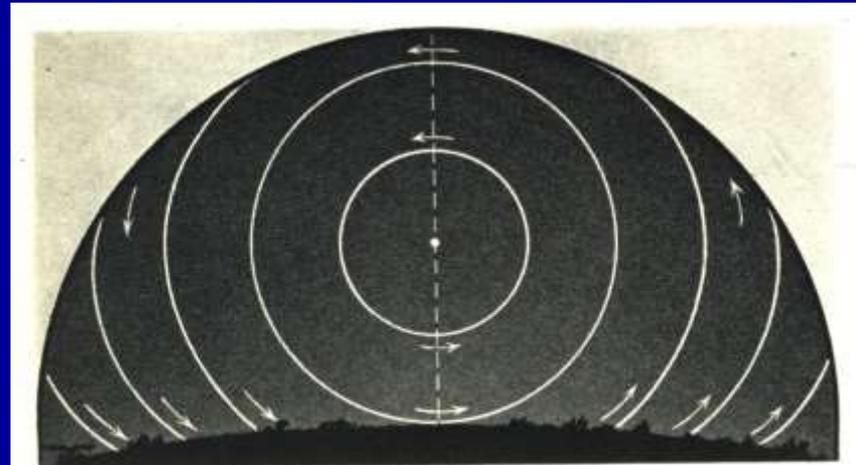
**Les trajets des étoiles sont différents suivant qu'on regarde vers le sud ou vers le nord**

# Trajets dans le ciel

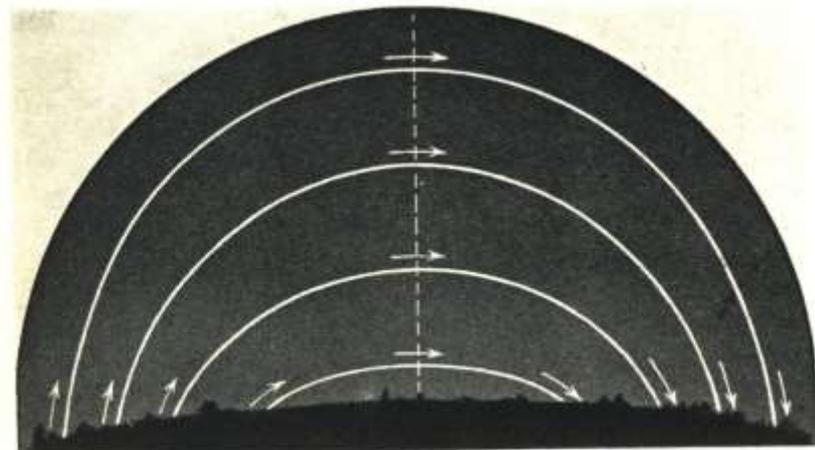


**Vers le Nord :**  
**2 culminations : supérieure**  
**et inférieure**

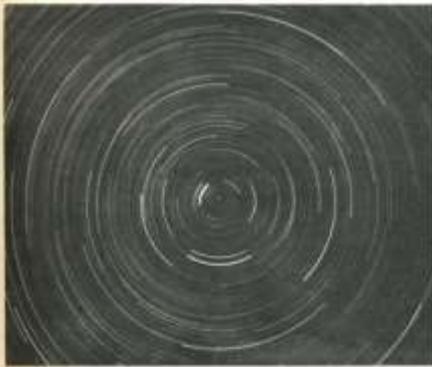
**Vers le Sud :**  
**1 seule culmination**



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL VERS LE NORD.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL VERS LE SUD.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
AU PÔLE (Étoile polaire).



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
À L'HORIZON NORD.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
AU-DESSUS DE L'HORIZON NORD-EST.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
À L'HORIZON EST.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
À L'HORIZON SUD-EST.



MOUVEMENT APPARENT DU CIEL  
À L'HORIZON SUD (passage au méridien).

## Des trajets différents dans le ciel



**Quelles  
Étoiles ?**

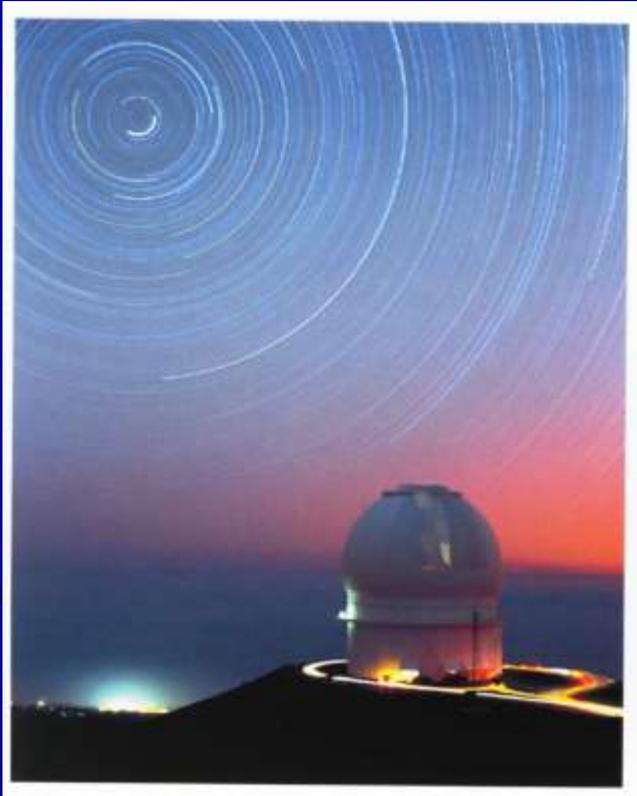


**Lever d'étoiles  
vers l'Est**



**Coucher d'étoiles  
vers l'Ouest**

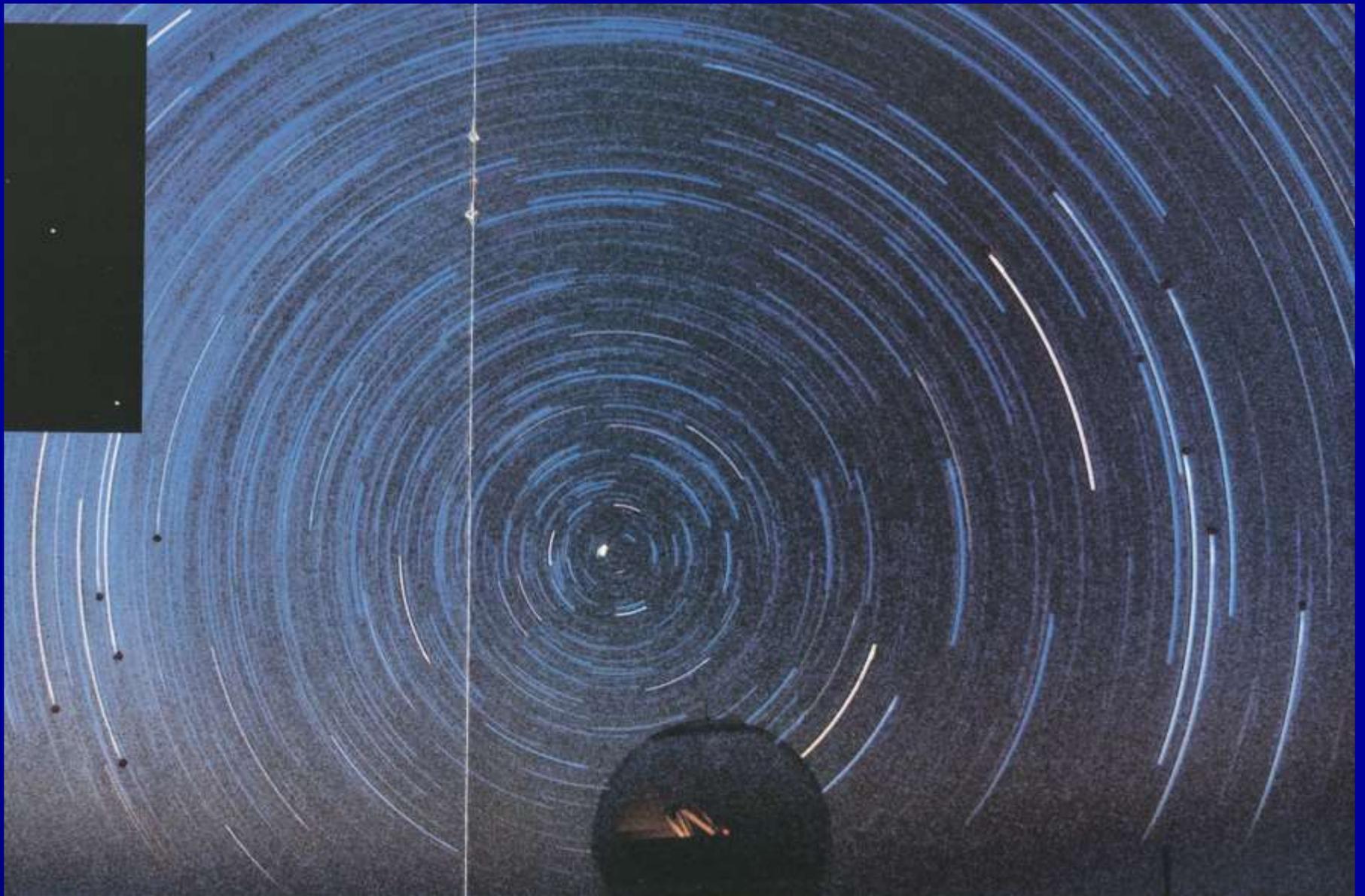
# Autour des Pôles



**Pôle Nord  
céleste**

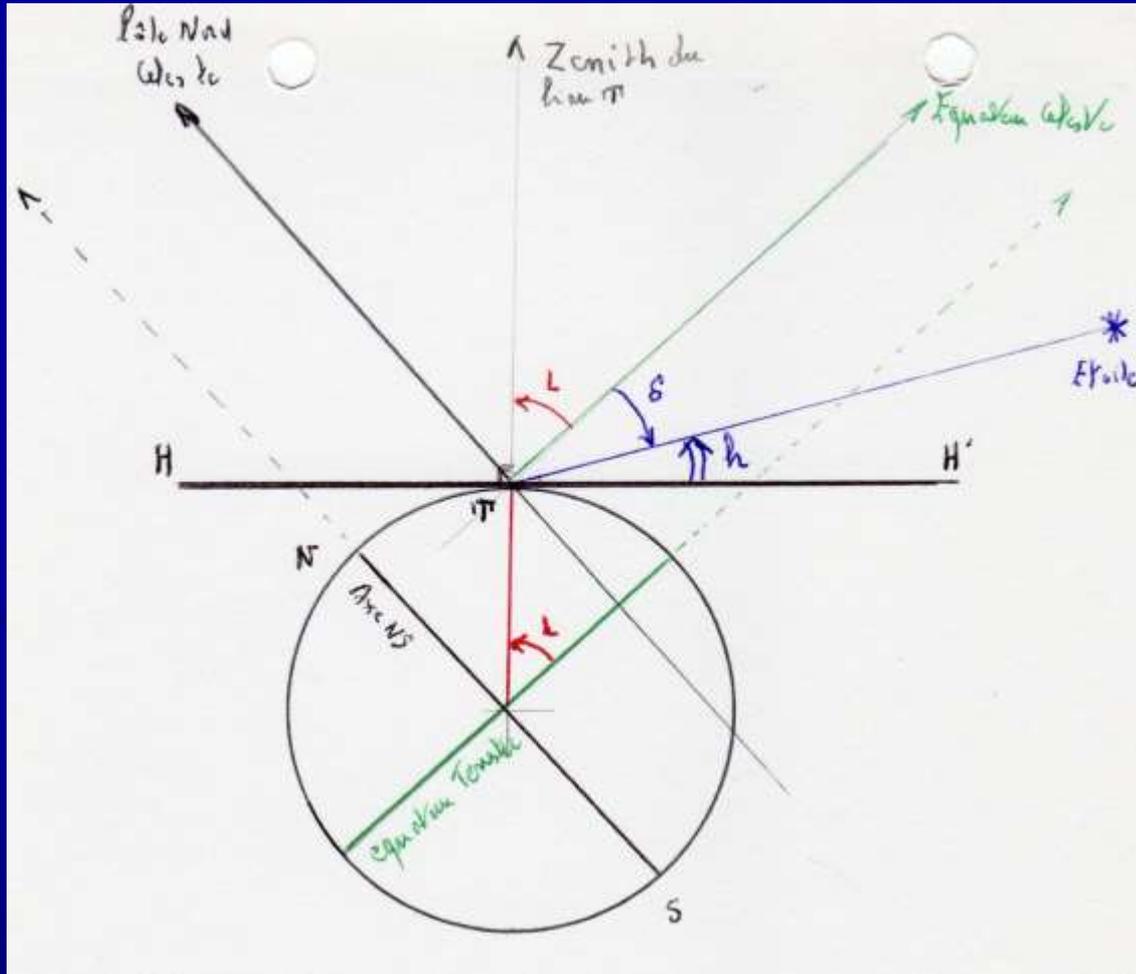


**Pôle Sud céleste**



## La ronde de Cassiopée et de la Grande Ourse

# Hauteur d'un astre sur l'horizon du lieu lors de son passage au méridien



**L** = latitude du lieu  
**δ** = déclinaison  
de l'astre  
(en valeur algébrique + ou -)  
**H** = hauteur sur l'horizon

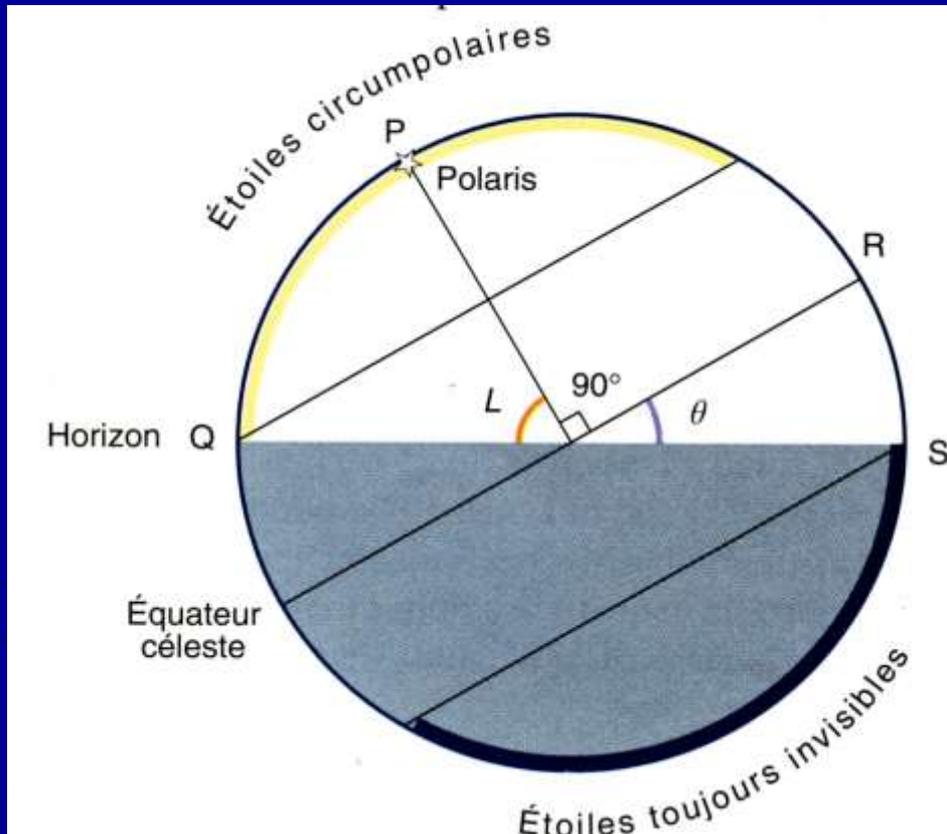
$$90^\circ = L - \delta + h$$

d'où :

$$\underline{h = (90 - L) + \delta}$$

**Attention : valable  
que pour le passage  
au méridien**

# Etoiles visibles et invisibles à partir d'un lieu d'observation



**Etoiles toujours visibles =  
Étoiles de déclinaison  
positive plus grande que  $\theta$**

**Etoiles toujours invisibles  
= étoiles de déclinaison  
négative plus grande que  $\theta$**

**$L$  = latitude du lieu d'observation**

$$\theta = 90^\circ - L$$

**(  $\theta$  = colatitude )**

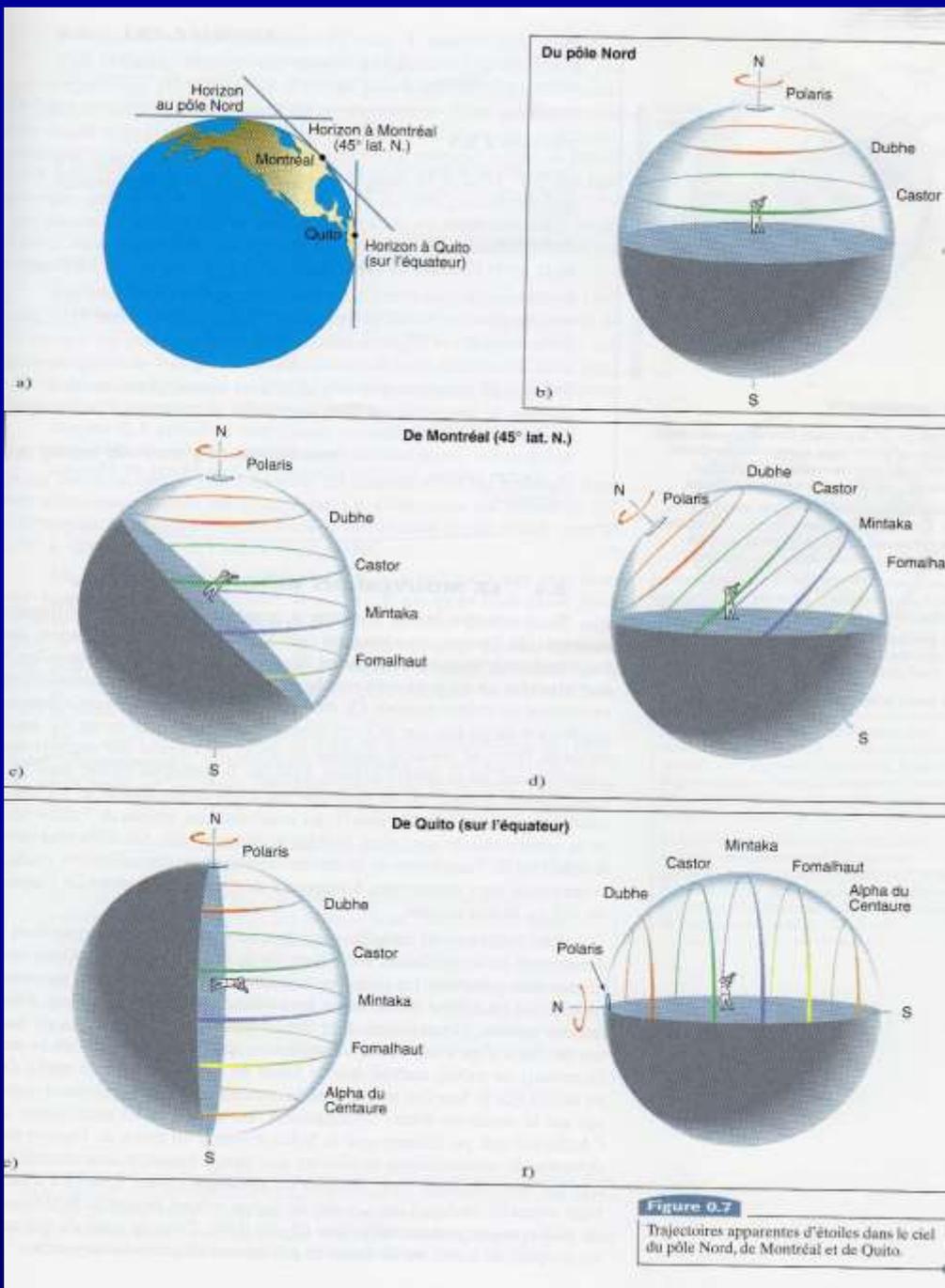


Figure 0.7  
Trajectoires apparentes d'étoiles dans le ciel du pôle Nord, de Montréal et de Quito.

**Le trajet apparent des étoiles change en fonction de la latitude du lieu d'observation**

# Application: Voiron

Voiron : latitude =  $45^{\circ} 21' 51''$  N #  $45^{\circ}$

→ Limite de visibilité = déclinaison négative plus grande que  $\theta = 90 - L$  :

$$\theta > - [90-45]$$

$$\theta > - 45^{\circ}$$

Mais il y a des montagnes et on ne peut raisonnablement pas observer à une hauteur sur l'horizon inférieure à  $10^{\circ}$

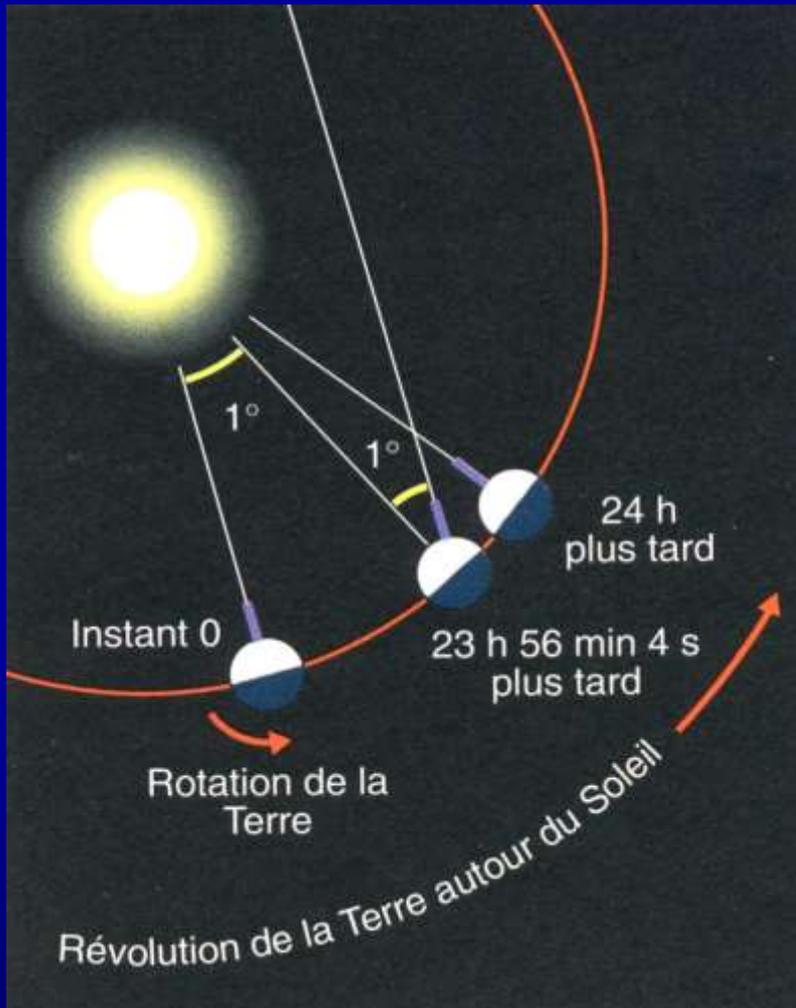
On se limitera à  $\theta = - 35^{\circ}$

→ on voit Le grand Chien en entier, Fomalhaut , le Sagittaire (la Théière) mais pas la queue du Scorpion

**2ème mouvement :**  
**La rotation de la voûte céleste**  
**au cours de l'année**

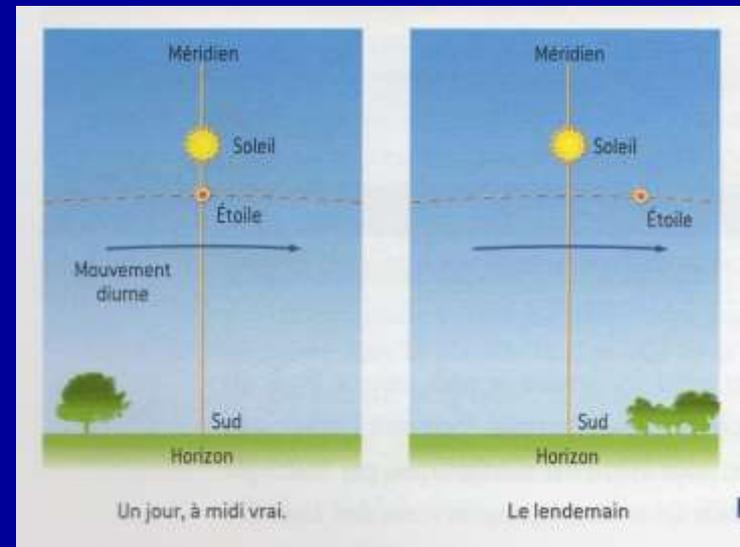


# Une année = 365 jours solaires (alternances Jour-Nuit)



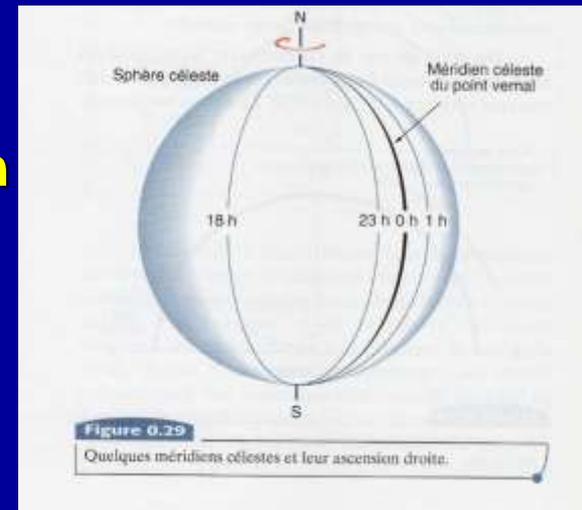
Le soleil (moyen) met 24 h pour repasser au méridien d'un lieu  
→ Le jour solaire (de la montre) dure 24 h

Une étoile met 23 h 56 min 4 s pour repasser au méridien d'un lieu  
→ Le jour sidéral (jour des étoiles) dure moins que le jour solaire



# La voûte céleste prend de l'avance sur le soleil

- Chaque jour la voûte céleste prend # 4 min de temps d'horloge d'avance ce qui correspond à un angle de  $(15^\circ/60) \times 4 \# 1^\circ$ 
  - ➔ D'un jour à l'autre, à la même heure d'Horloge, la voûte céleste à tourné de  $1^\circ$
- Au fil des jours, à la même heure d'horloge, on voit défiler les cercles d'Ascension droite dans le sens croissant des AD
  - (les AD croissent de l'ouest vers l'est)
- Entre le 1<sup>er</sup> Janvier et le 31 Décembre (365 jours ) la voûte céleste aura donc tourné de :
  - $365 \text{ tours} + (365 \times 1^\circ) \# 365 \text{ tours} + 360^\circ \# 366 \text{ tours}$
  - ➔ d'où le *secret des astronomes* (secret bien gardé):



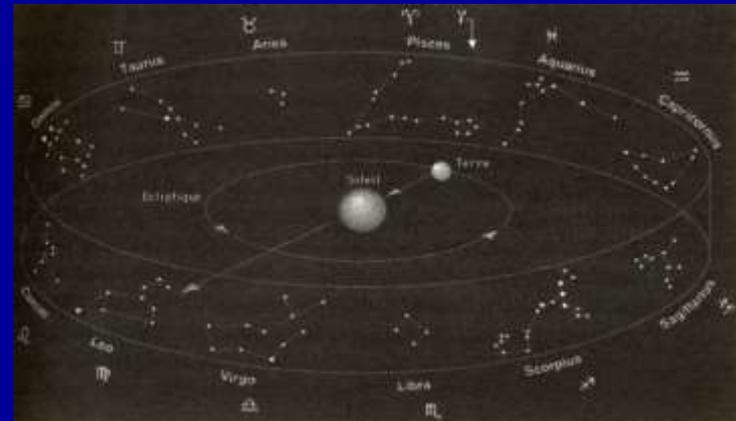
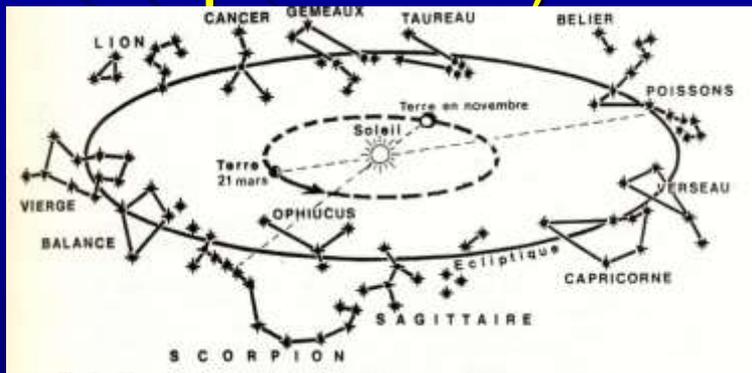
# En 1 année de 365 jours la Terre a donc effectué 366 tours sur elle-même et non pas 365 tours !!!

- Du fait du retard journalier du Soleil , la position du Soleil glisse chaque jour de  $1^\circ$  vers l'Est sur le fond des étoiles
- Au cours de l'année , ces différentes positions du Soleil vont former une courbe sur la voûte céleste
  - cette courbe s'appelle :  
« *Courbe de déplacement du Soleil sur la Voûte céleste au fil de l'année* »

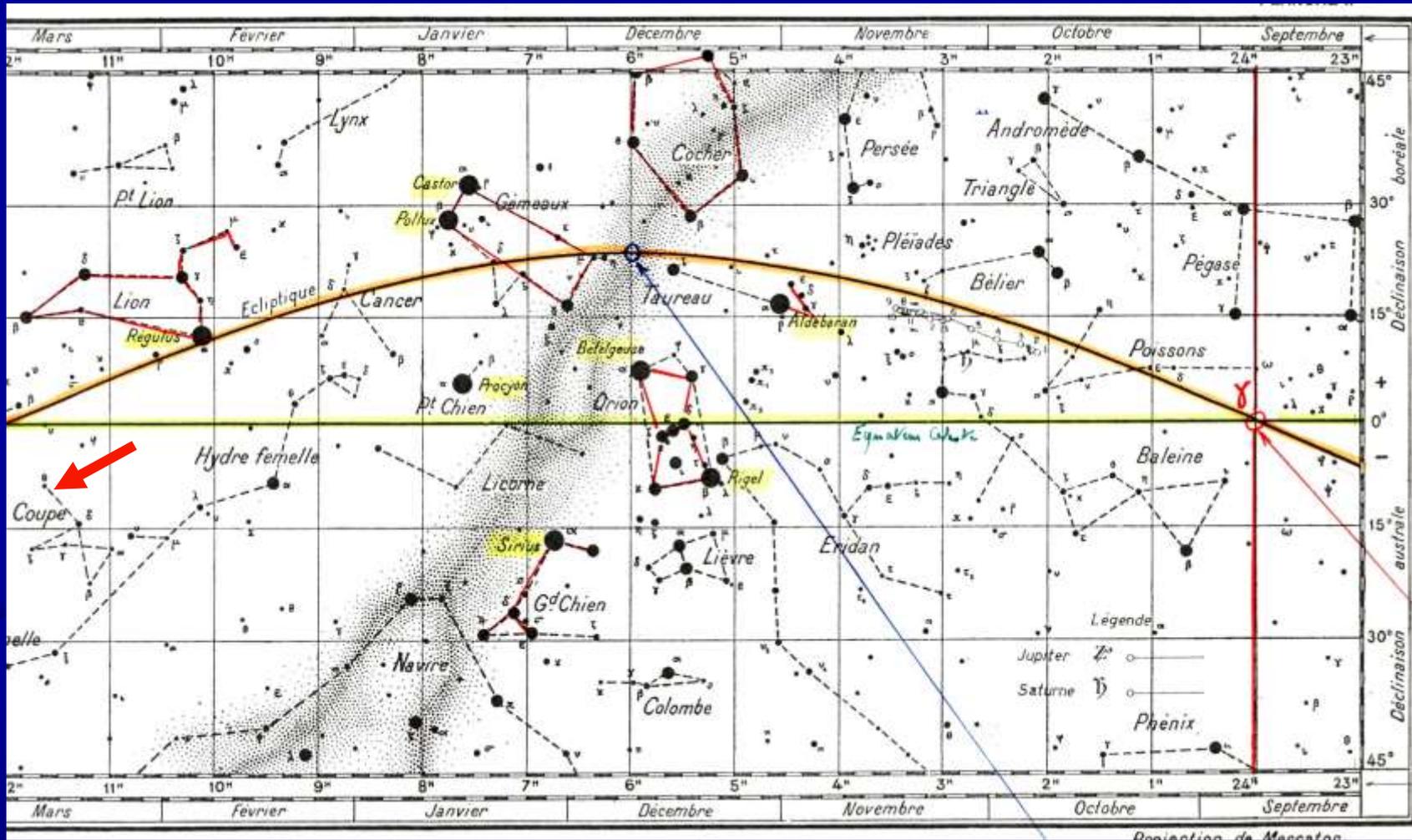
Le long de cette courbe le Soleil chemine dans le sens des Ascensions Droites croissantes

# Effet du déplacement du Soleil sur la visibilité des Etoiles

- Le déplacement du Soleil sur l'écliptique aura pour conséquence que de nouvelles portions du ciel (Sud) vont être illuminées par le Soleil et ne seront plus visibles.
- A contrario des portions du ciel (Sud) préalablement illuminées vont maintenant être "hors du soleil" donc visibles, (bien évidemment quand le soleil sera couché).
- Le ciel Nord (ciel Circumpolaire) est toujours visible tout au long de l'année (le soleil n'y va jamais quand on est dans l'hémisphère Boréal).

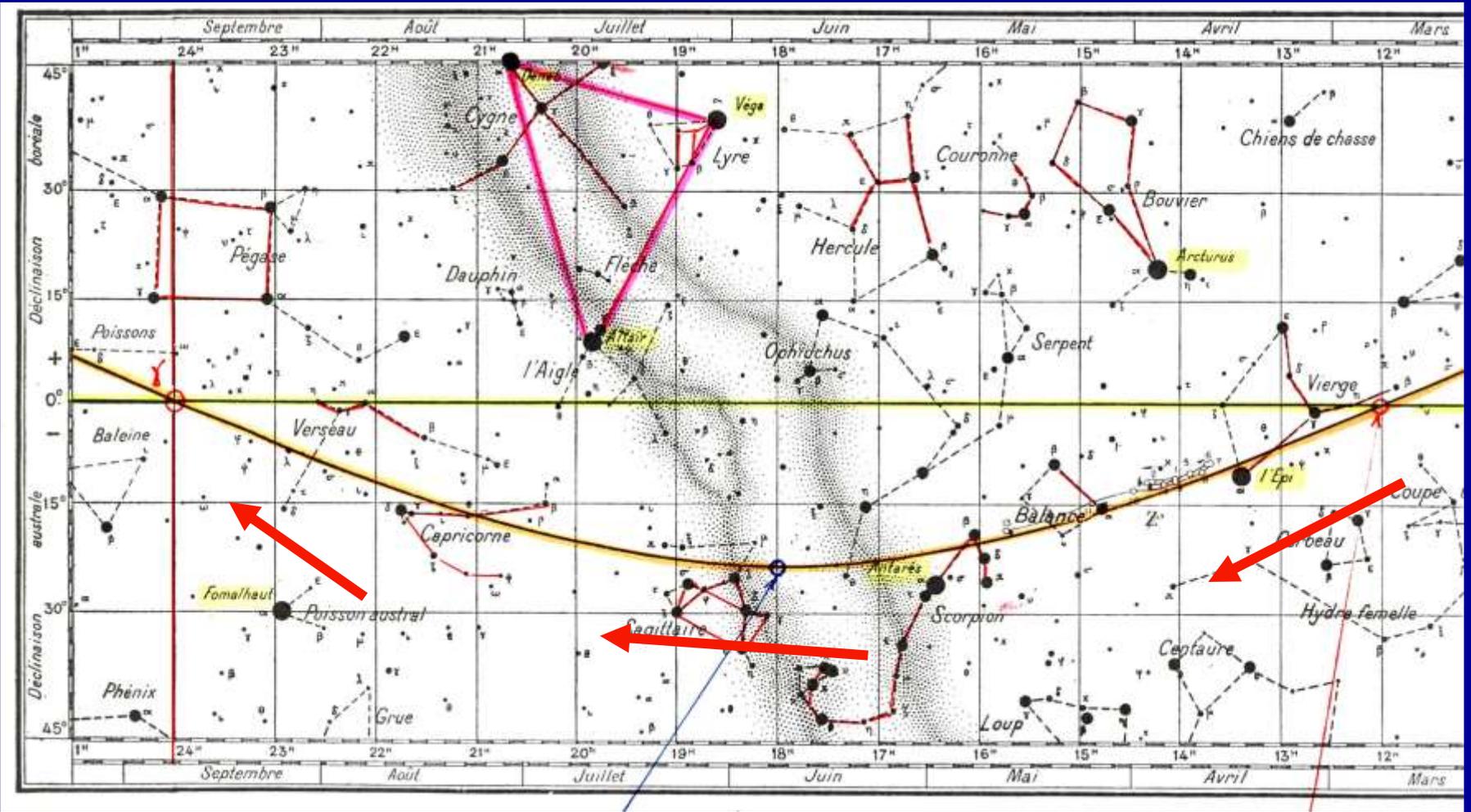


# Les A D croissent dans ce sens



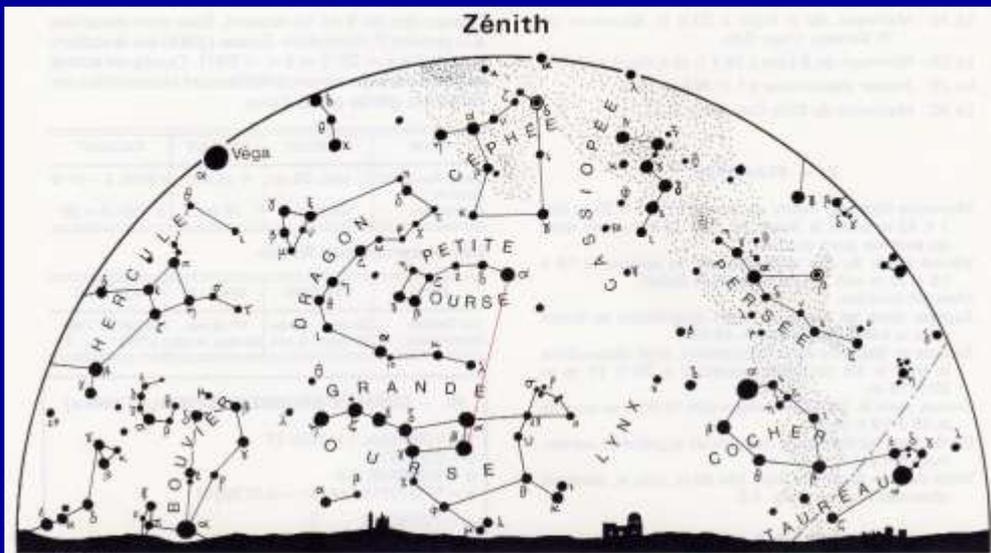
Les mois marqués sont les mois de passage au méridien à 24h TU des Cercles d'Ascension Droite

AD ↗

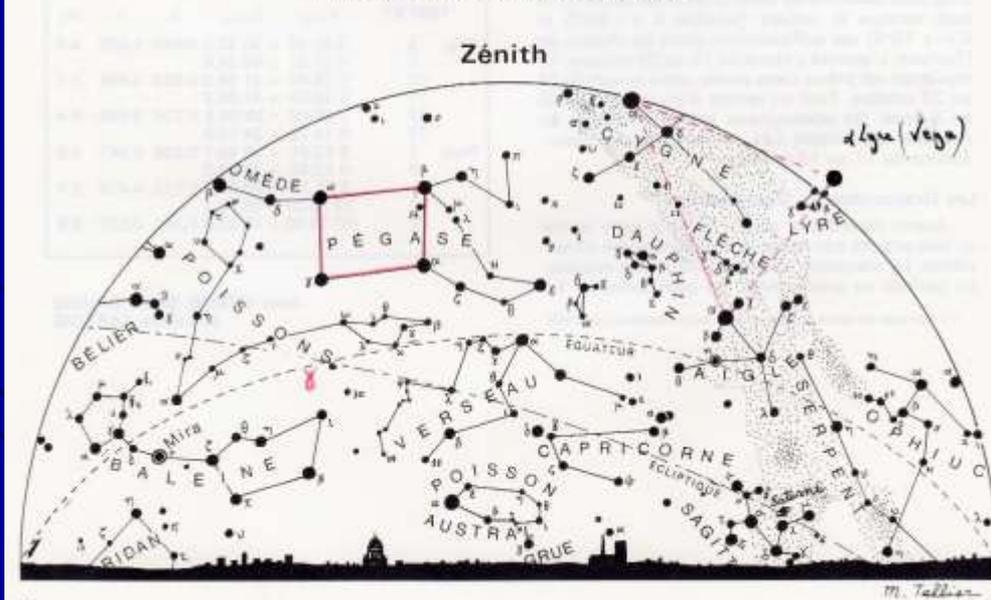


**Les cartes mensuelles d'aspect du ciel  
montrant le défilement du ciel.**

**( cartes reproduites de 4 mois en 4 mois)**



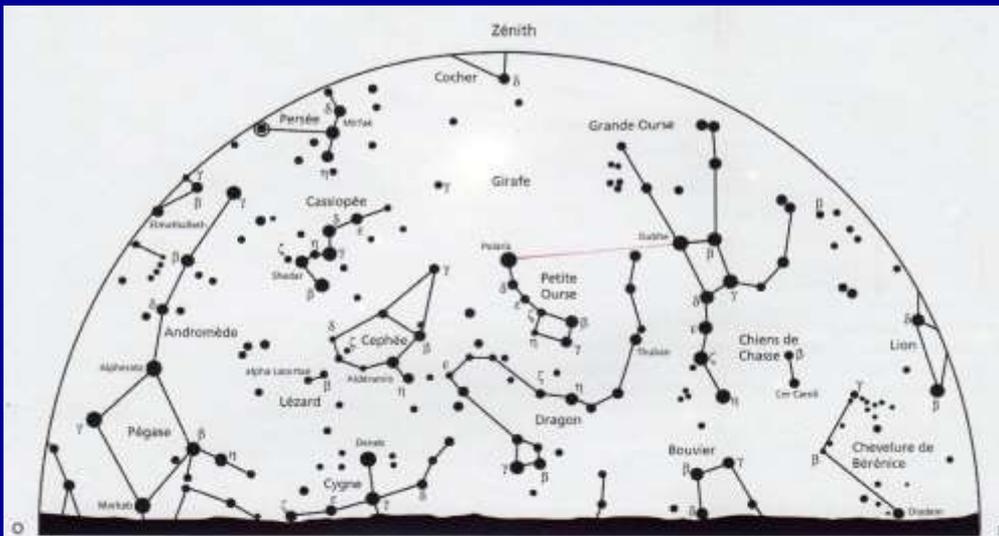
O E  
 Le ciel d'octobre 1989. Le 1<sup>er</sup> vers 21 h UT, le 16 vers 20 h UT.  
 En haut, côté nord; en bas, côté sud.  
 La position de Saturne est donnée pour le 8 octobre.



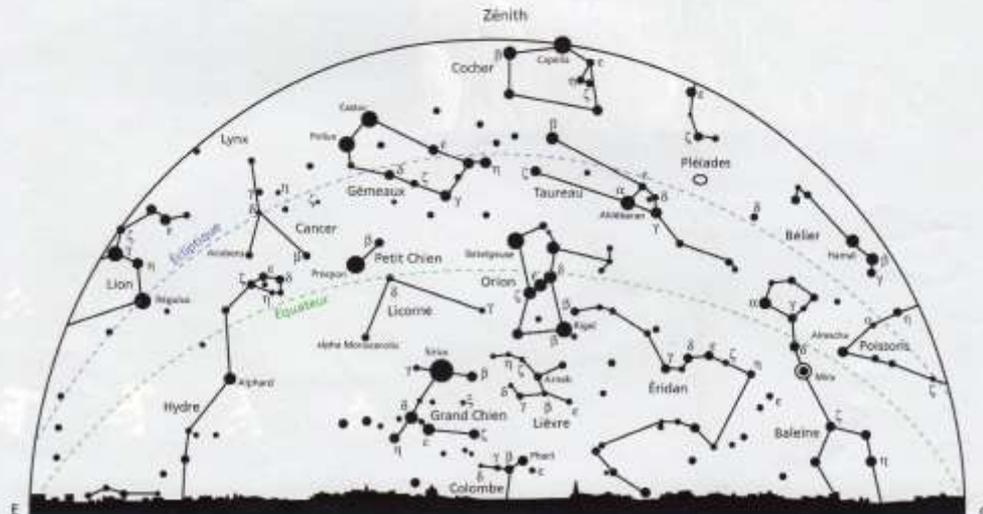
E O

**Cf la position relative de l'Equateur Céleste et de l'Ecliptique**

**Octobre**

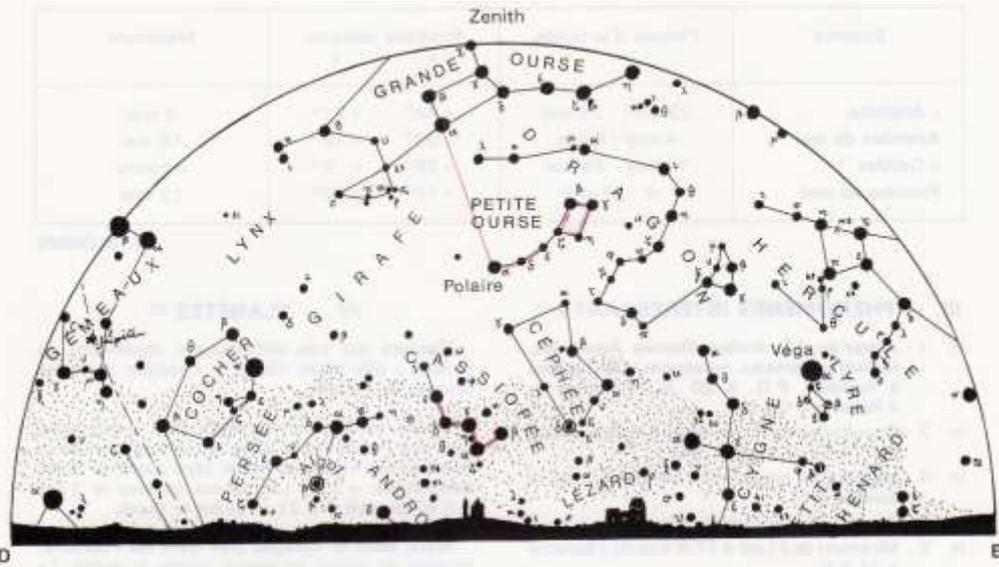


Aspects du ciel à la latitude de Paris, image du haut vers le nord, image du bas vers le sud,  
 le 1<sup>er</sup> février vers 21 h 15 min UT ou le 16 vers 20 h 15 min UT.  
 Pour tenir compte de l'heure légale, ajoutez 1 heure aux heures indiquées.

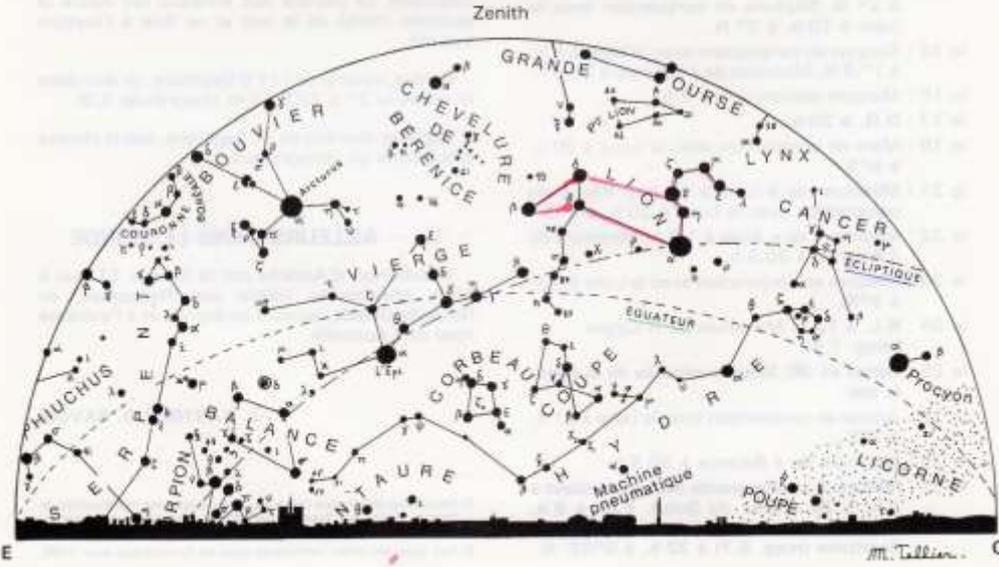


**Cf position  
 relative de  
 l'Equateur Céleste  
 et de l'Ecliptique**

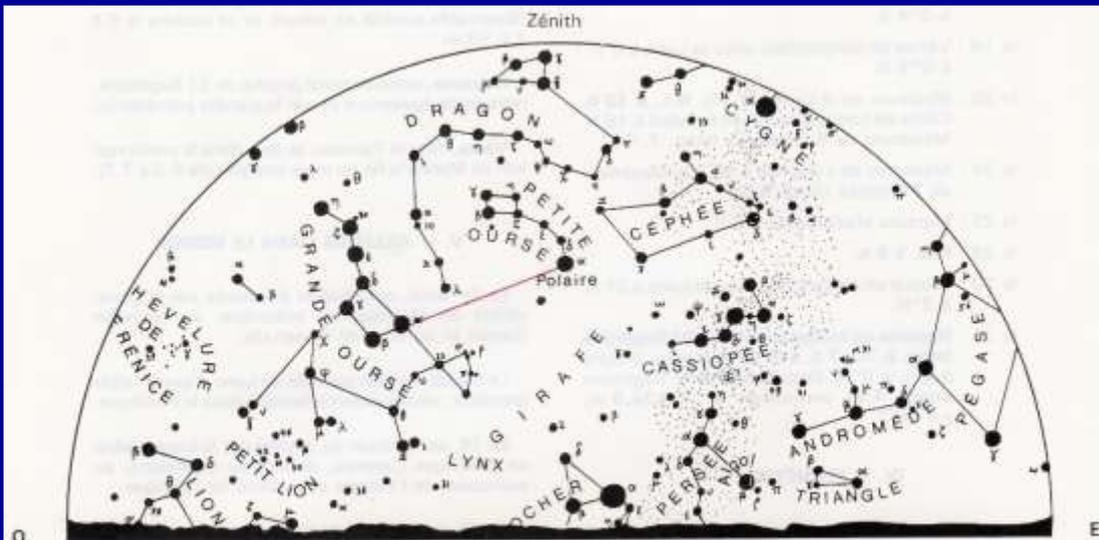
**Février**



Le ciel de mai 1990, le 1<sup>er</sup> vers 21 h UT, le 26 vers 20 h UT.  
 En haut, côté nord, en bas, côté sud.  
 La position de Jupiter est donnée pour le 11 mai

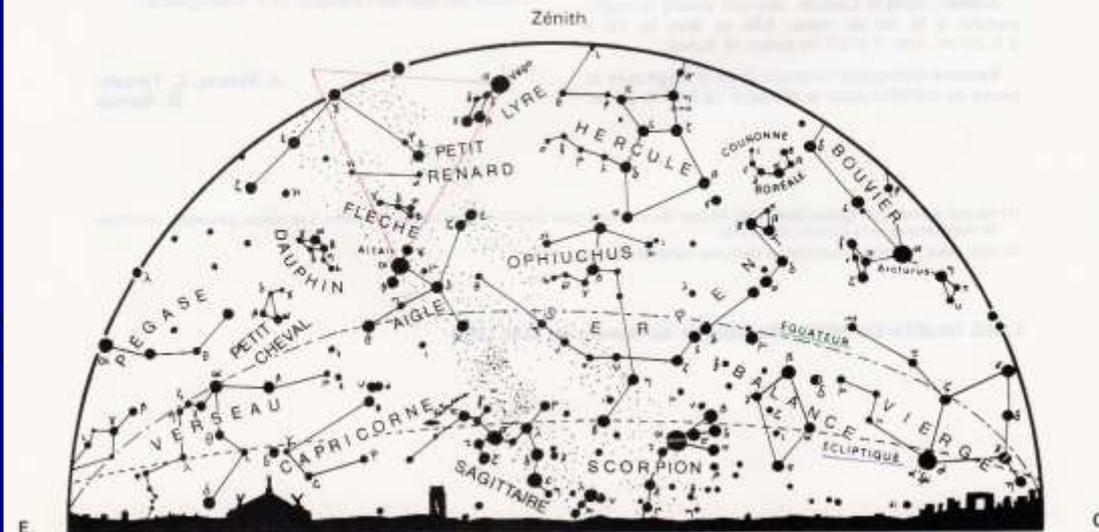


**Mai**



M. Tallon

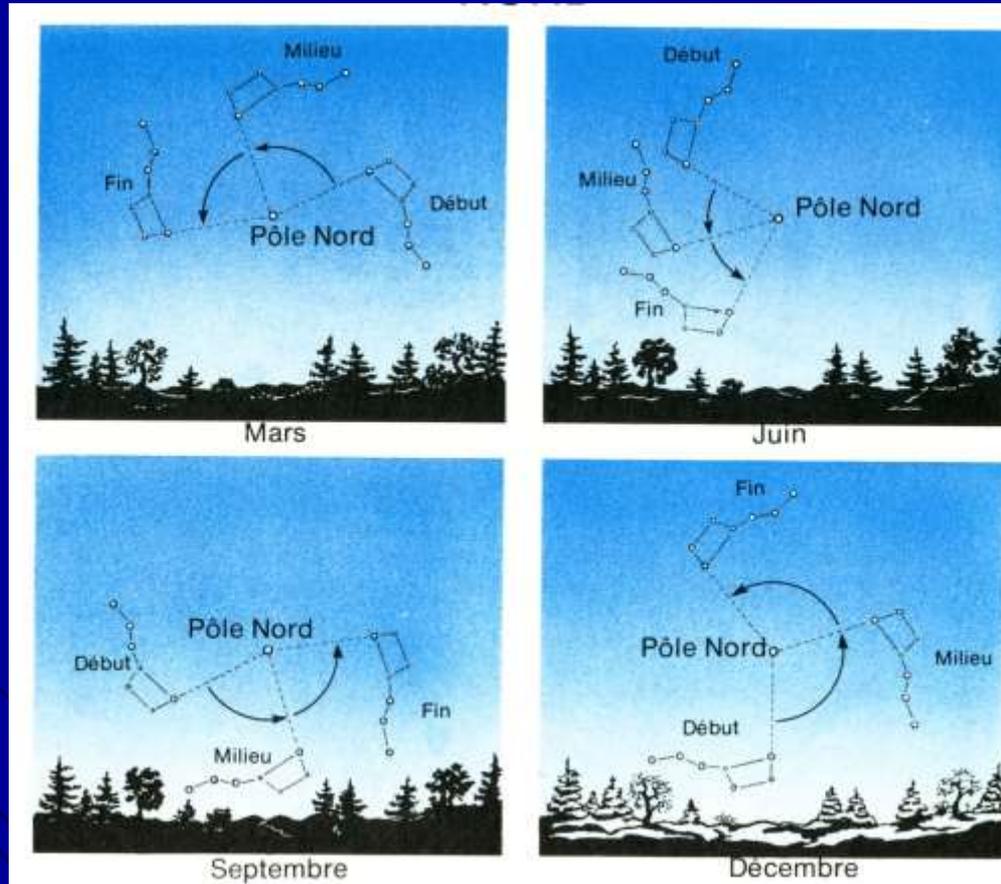
Le ciel d'août 1990, le 1<sup>er</sup> vers 21 h UT, le 16 vers 20 h UT  
 En haut, côté nord ; en bas, côté sud.  
 La position de Saturne est donnée pour le 9 août.



M. Tallon

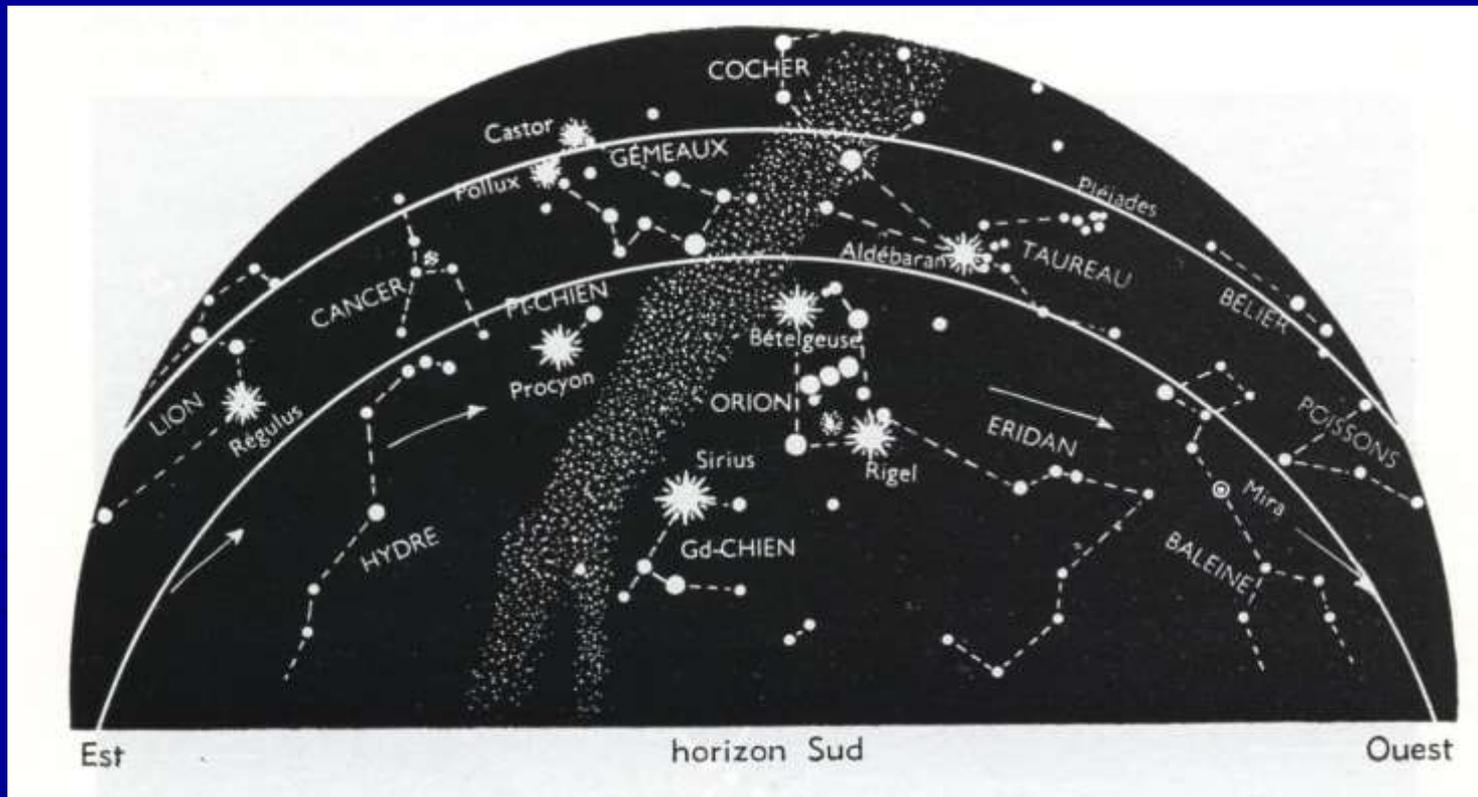
# Aout

# Le défilement de la voûte céleste au cours de l'année autour du Pôle Nord

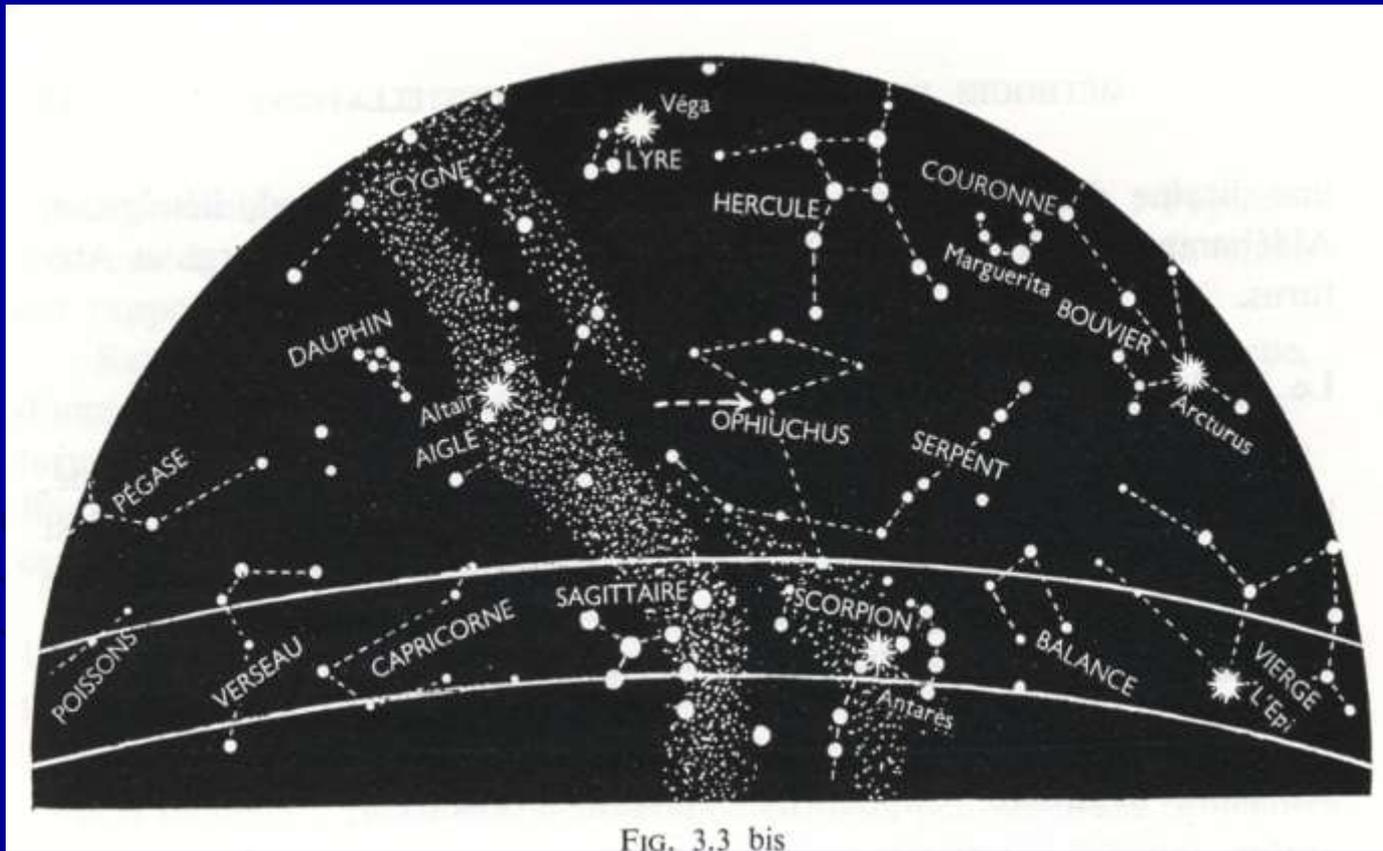


→ Le trajet de la Grande Ourse autour du Pôle Céleste en un an suite à la rotation de la voûte céleste

# Les constellations du zodiaque en Hiver



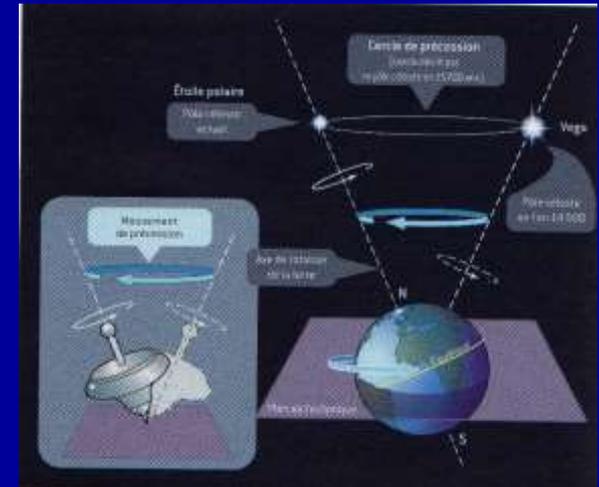
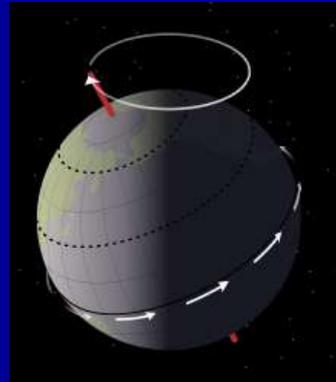
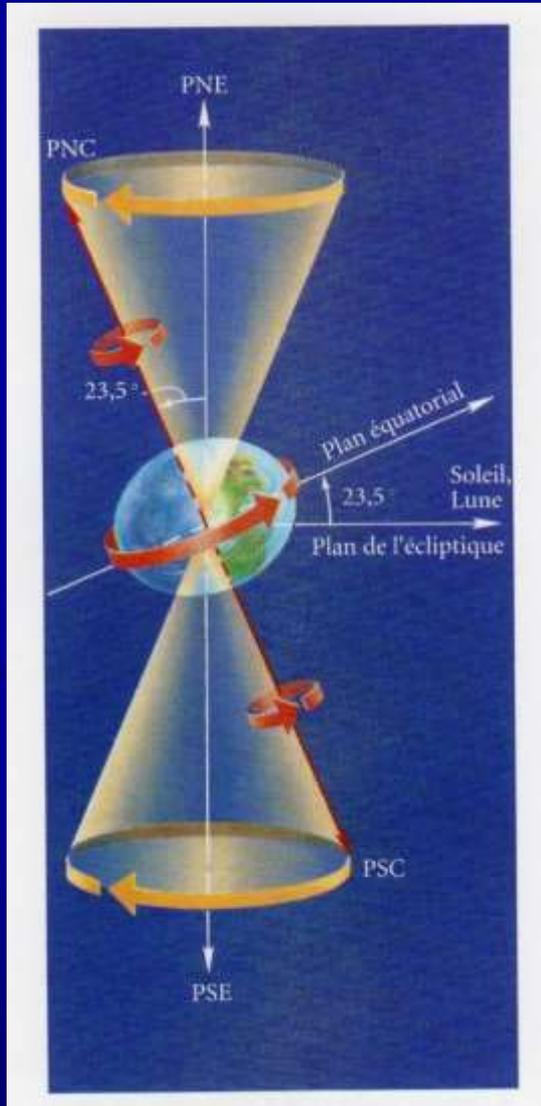
# Les constellations du zodiaque en Eté



**3<sup>ème</sup> mouvement :**  
**Le mouvement de Précession des**  
**Equinoxes**  
**(Période 25700 ans)**



# Explication du phénomène



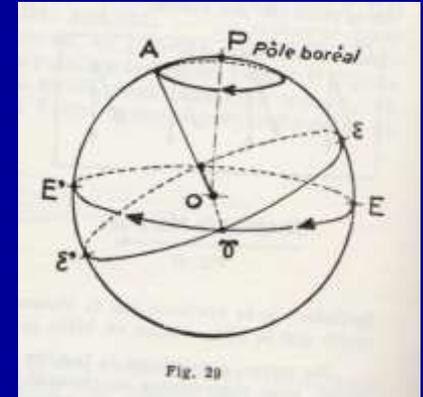
- Angle de 23,5° entre le plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre) et le plan de l'équateur terrestre

-Présence d'un bourrelet équatorial sur le globe terrestre

-action gravitationnelle du Soleil sur le bourrelet pour ramener le plan de l'équateur dans le plan de l'écliptique → apparition d'un "effet Toupie" car la Terre tourne : l'axe NS de la Terre décrit un cône

# Conséquences astronomiques de la Précession des Equinoxes

Le soleil revient couper l'équateur céleste 20 minutes avant d'avoir fait un tour complet de  $360^\circ$  sur l'écliptique (mais c'est l'équateur céleste qui bouge et non pas l'Ecliptique !)



→ le point vernal  $\gamma$  se déplace chaque année de  $50,3''$  d'arc dans le sens des Ascensions Droites décroissantes, soit  $1^\circ$  en 72 ans soit  $360^\circ$  en 25700 ans

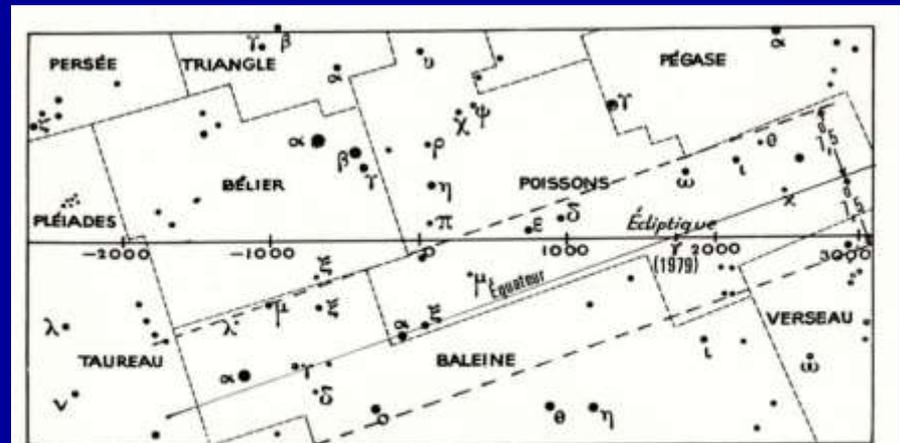
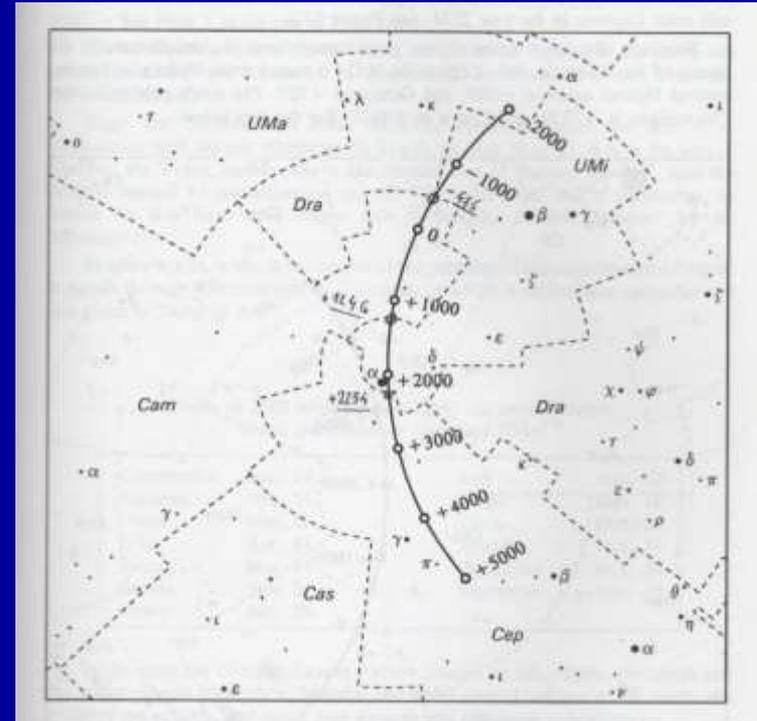
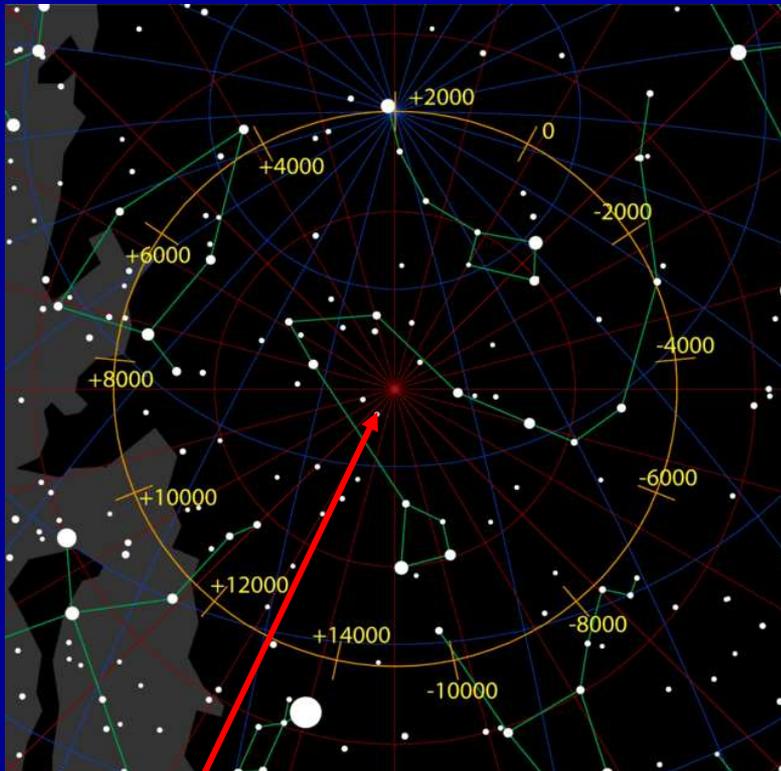


Fig. 59. — Positions successives du point vernal.

Le déplacement est figuré, de -2000 à +3000, au travers des constellations zodiacales (Taureau, Bélier, Poissons, Verseau). La position, pour l'année 1979, est repérée par la lettre  $\gamma$ .

# Impact sur le déplacement du Pôle Nord céleste



**Polaris sera le plus proche du Pôle céleste N en 2102 (28 ` d'arc au lieu de 40 ` aujourd'hui)**

**Pôle Nord de l'Ecliptique**

**[ NGC 6543 -NP du Pôle de l'Ecliptique: L'oeil de Chat -mv = 8,8]**



# Impact sur les Coordonnées Equatoriales

- La grille de repérage des étoiles est rattachée au point vernal :  
→ Si le point vernal bouge par rapport à la voûte céleste , la grille bouge et donc les coordonnées équatoriales bougent !

- Les Coordonnées Equatoriales sont donc "dépendantes du temps"( et les catalogues qui donnent ces coordonnées doivent indiquer l'année de référence)

→ Avec le temps: les AD augmentent

les Déclinaisons peuvent augmenter ou diminuer (par ex si  $0h < AD < 6h$  alors Decl augmente)

Ex : Aldebaran 1950 AD = 4h33m03s et Décl= +16°25'

2000 AD = 4h35m55s et Décl = +16°31'

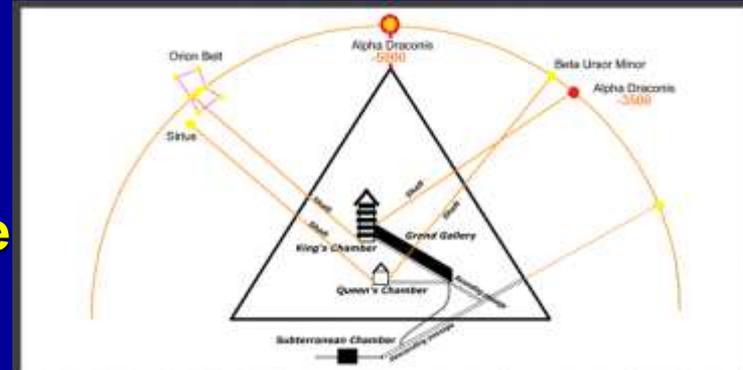
Regulus 1950 AD = 10h 05m43s et Décl = +12°13'

2000 AD = 10h 08m22s et Décl = + 11° 58'

# Autres Impacts de la Précession

- Les 12 signes Zodiacaux sont rattachés au point vernal (le signe du Bélier commence quand le soleil est au point vernal) : les signes zodiacaux bougent avec le point vernal et donc se désolidarisent de la voûte céleste
  - ➔ explication du glissement des signes zodiacaux par rapport aux constellations zodiacales
- La constellation d'Orion (6h d'AD) qui est actuellement à sa position la plus au Nord va voir sa déclinaison baisser et en l'an 15000 elle sera juste au ras de l'horizon.  
(Il y a 6000 ans la Croix du Sud était visible de la France !)

- Au temps des Egyptiens (-3000 AD) l'étoile Polaire était Alpha Draconis et les Pyramides ont été orientées vers elle



# La prochaine fois:

## Module 3

### Coordonnées Locales

### Temps Sidéral

### Mise en station d'un télescope

(principes)

