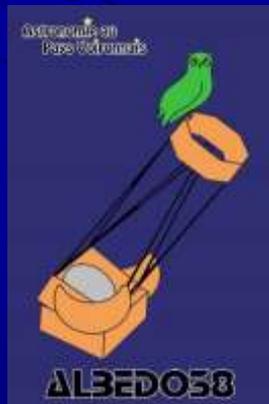


Module 3

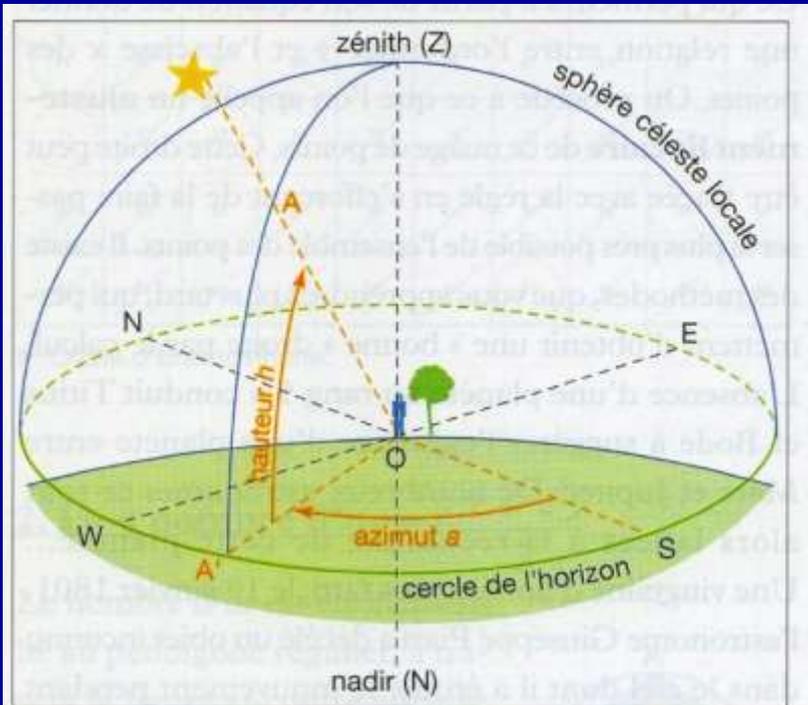
Coordonnées Horizontales et Coordonnées Horaires



J-L Mainardi
Albédo 38- Février 2015

Les Coordonnées Horizontales d'un astre

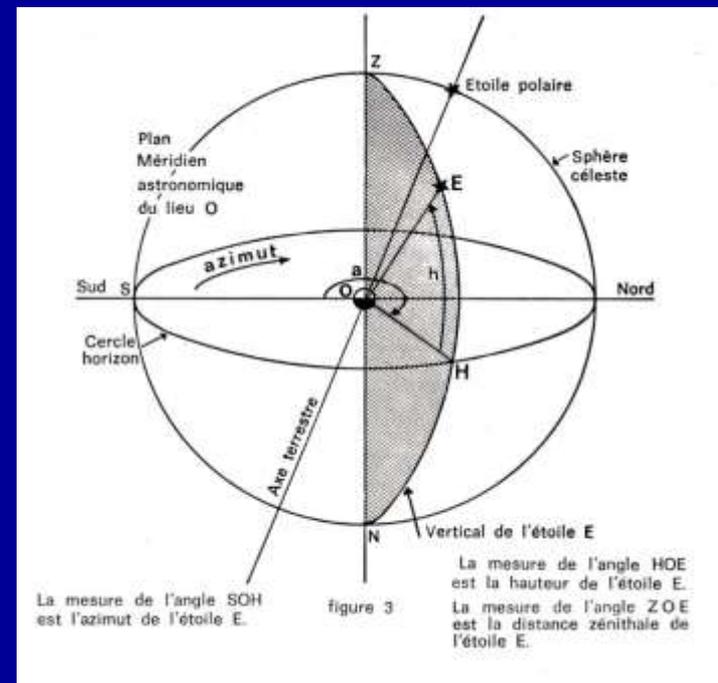




► Figure 1

Les coordonnées horizontales de l'astre sont :

- l'**azimut**, noté a , angle qui définit A' dans le plan de l'horizon, à partir du sud (S) du lieu d'observation, dans le sens rétrograde ;
- la **hauteur**, notée h , qui est la mesure de l'angle $\widehat{AOA'}$, comptée de 0° à 90° de l'horizon vers le zénith.



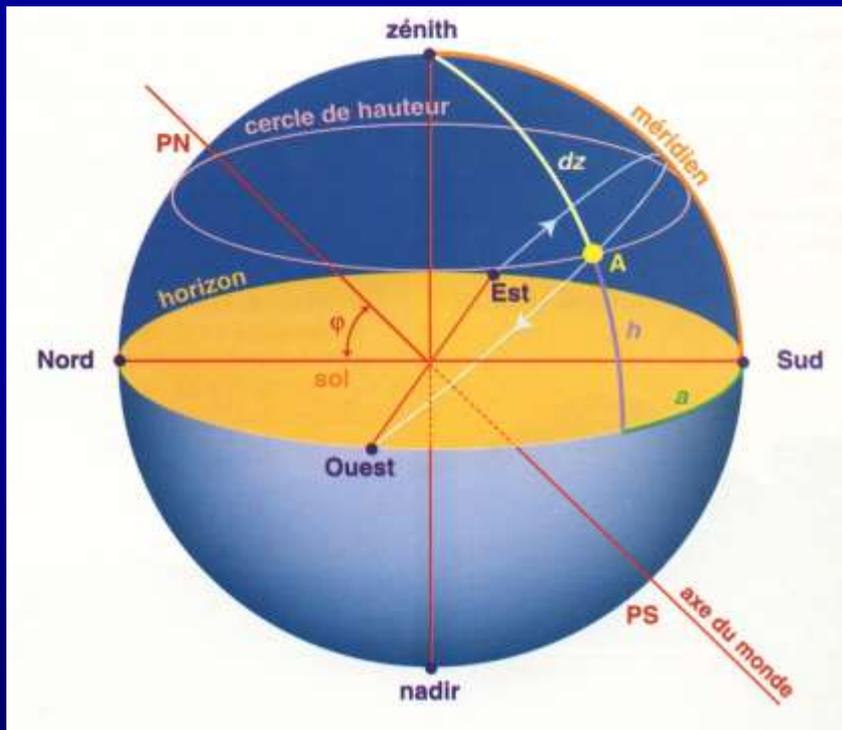
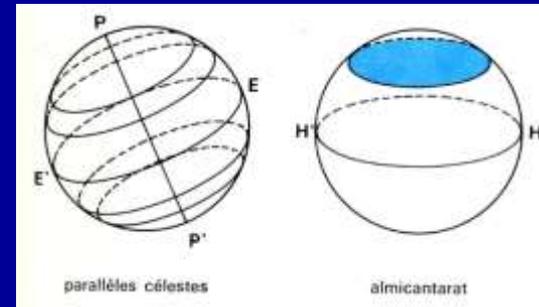
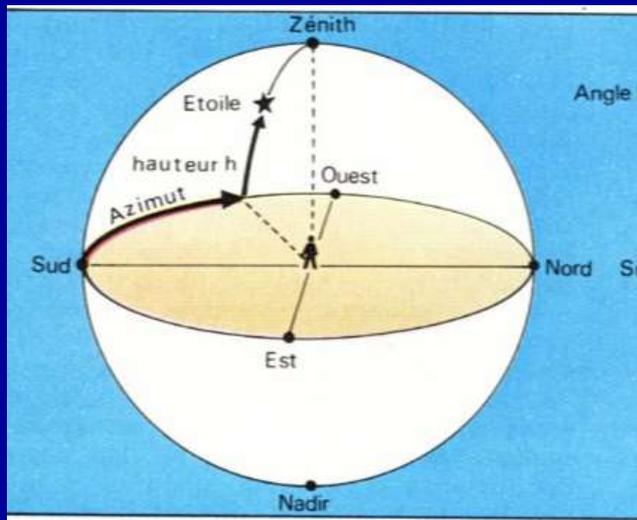
La mesure de l'angle SOH est l'azimut de l'étoile E.

figure 3

La mesure de l'angle HOE est la hauteur de l'étoile E. La mesure de l'angle ZOE est la distance zénithale de l'étoile E.

Coordonnées horizontales :

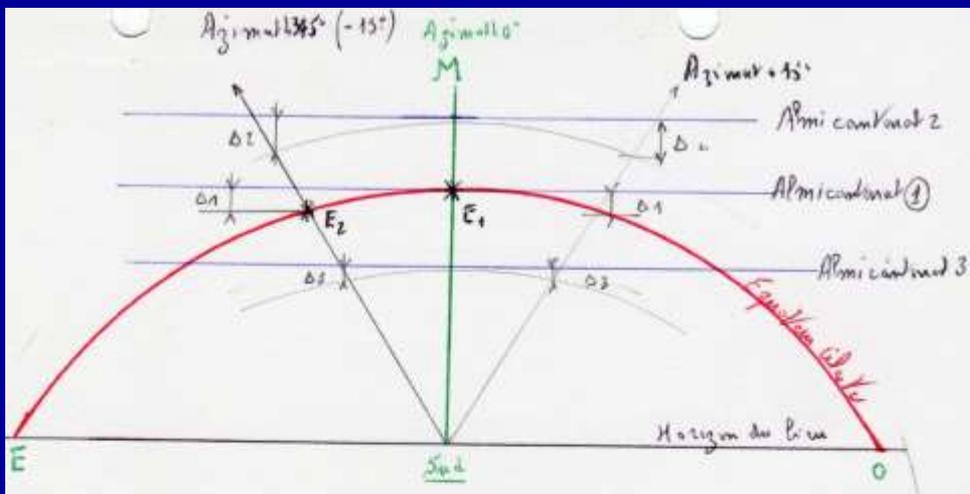
- **Azimut compté à partir du Sud**
- **Hauteur sur l'horizon (ou encore altitude)**



- Le cercle de hauteur(ou d'altitude) s'appelle **Almicantarat** (remplace les parallèles célestes de déclinaison δ)
- La hauteur se mesure sur le vertical de l'astre (remplace l'ascension droite)

Pourquoi avoir créer les Coordonnées Horizontales ?

- Ce système de coordonnées s'appelle aussi coordonnées Alt-azimutales. Ce système de coordonnées est simple et local.
 - Les montures qui suivent ces coordonnées sont plus simples et n'ont besoin que d'être horizontales et ne faire que des mouvements horizontaux ou verticaux
 - Les montures des télescopes modernes (et des Dobson) sont alt-azimutales et donc en rapport avec ces coordonnées.
 - Inconvénients :
 - les coordonnées Horizontales d'un objet dépendent de l'heure et du lieu d'observation
 - Le suivi par un instrument est beaucoup moins simple qu'avec une monture équatoriale
 - En pose ,sur une monture Alt-azimutale il y a rotation du champ donc la photo longue pose nécessite un dérotateur de champ positionné au niveau de l'oculaire ou bien d'ajouter des poses courtes
- ➔ ces coordonnées sont peu utiles pour l'Astronome Amateur



→ l'azimut de 345° peut être reproduit sur la monture Dobson

δ	Δ
-30°	+1°15'
-15°	+1°30'
0°	+2°
+15°	+2°30'
+30°	+4°

← Partie se déplace par altimètre à Regulus etc
 ← le Dobson se déplace selon l'almicantarat

Tableau de "glissement du champ oculaire" par d'un déplacement en Azimut de la monture Dobson
 (valable pour un déplacement en azimut de 15°)

Problème : avec une monture Dobson , comment évolue le champ oculaire quand on se déplace en azimut ?

Exemple:

Regulus : $\delta \# = +12^\circ$

M65/66 : $\delta \# +13^\circ$

Ecart AD entre les deux : # 1 heure soit 15°

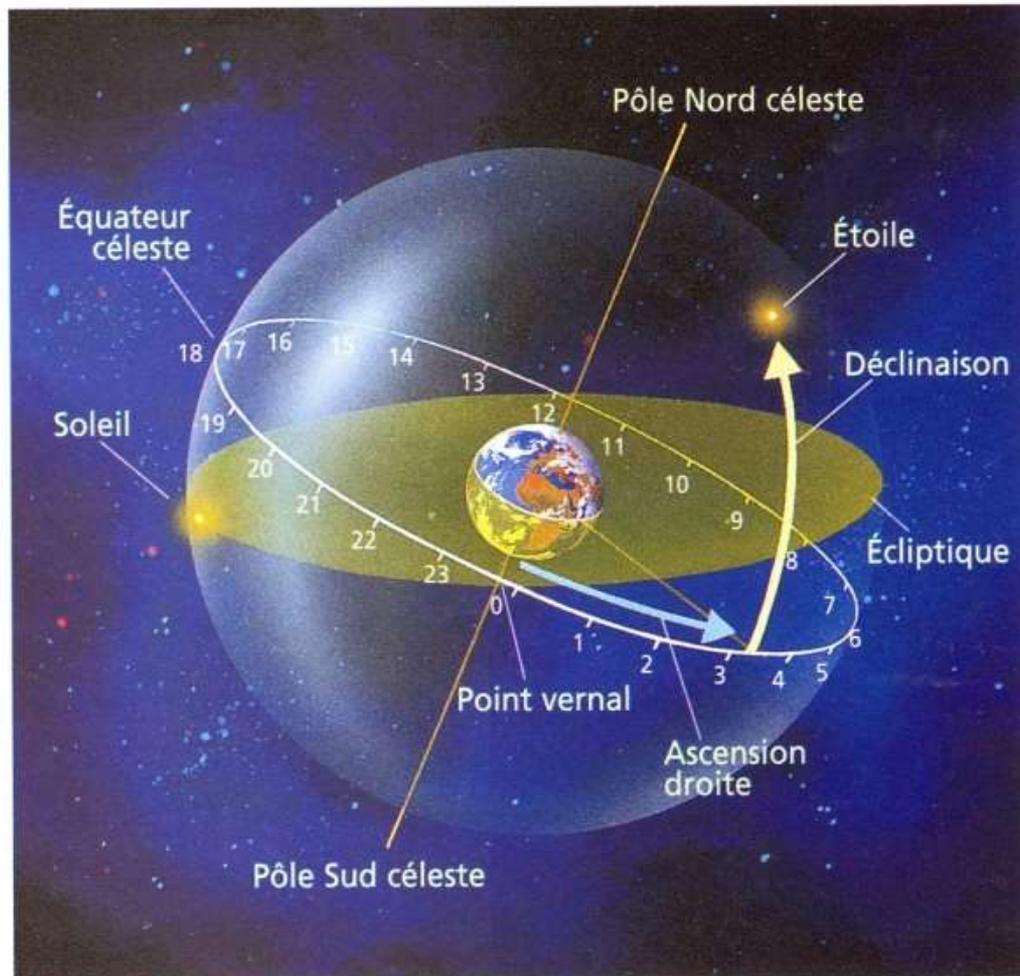
Je vise Regulus passant au méridien avec le Dobson - je me déplace vers l'Est d'un azimut de -15°

→ Je dois baisser ma hauteur de visée d'environ $2^\circ30'$ pour observer M65/M66

Les Coordonnées Horaires d'un astre



Rappel Coordonnées Equatoriales

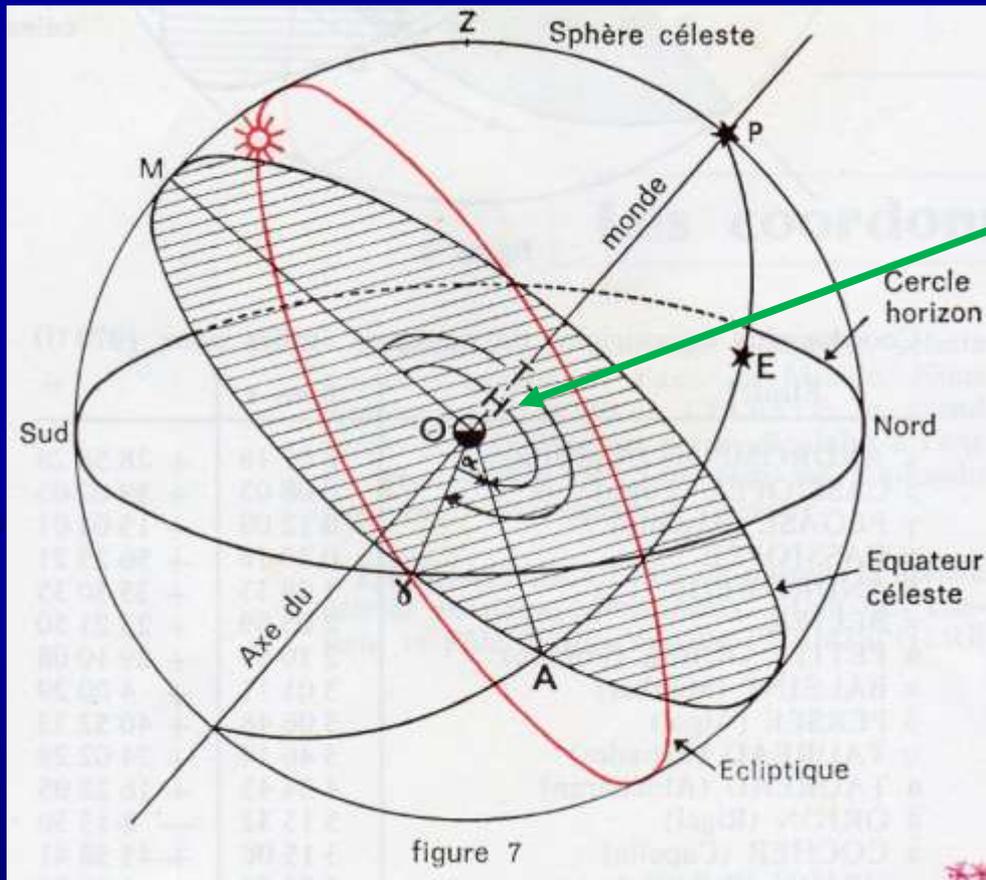


- **Ascension Droite α**
- **Déclinaison δ**

Le système de coordonnées équatoriales est calqué sur celui qui sert aux hommes pour se repérer à la surface du globe. Il prend appui sur une immense sphère – la sphère céleste –, centrée sur la Terre et dont l'équateur et les pôles sont l'exact prolongement des nôtres.

Coordonnées Horaires

Les coordonnées horaires sont une extension des Coordonnées Equatoriales



→ Remplacement de la coordonnée AD α par la coordonnée "Angle Horaire H " comptée à partir du méridien du lieu et toujours comptée sur l'équateur en h , mn et s

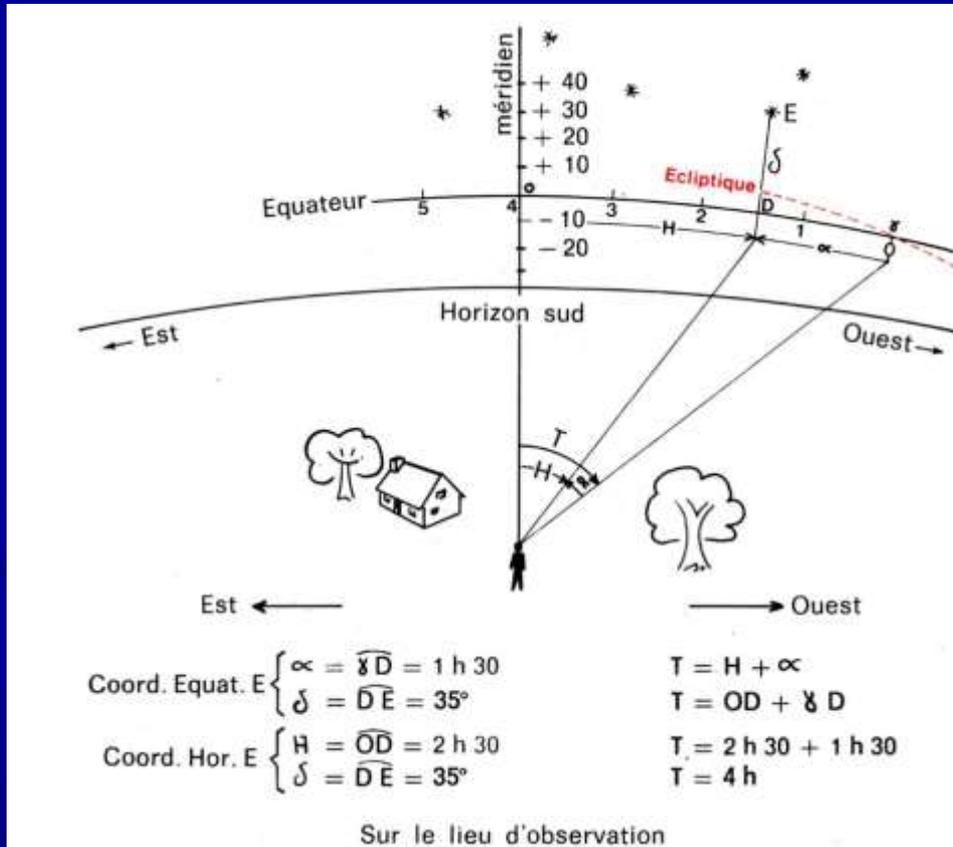
→ On garde la déclinaison δ en $^\circ$

→ On introduit:
Notion de temps Sidéral TSL :

$$\text{TSL} = H + \alpha$$

TSL est l'angle horaire de γ

Sur le terrain comment cela se présente-t-il à une heure donnée?



Exemple : Etoile E

Coord Equat: $\alpha = 1\text{h}30$

$\delta = +35^\circ$

L'Angle Horaire H de l'étoile est par définition : $H = 2\text{h}30$ (comptée à partir du méridien)

A l'heure donnée, il passe au méridien Sud, l'Ascension Droite $\alpha' = 4\text{h}$

**On a alors : $TSL = H + \alpha$
 $TSL = 1\text{h}30 + 2\text{h}30 = 4\text{h}$**

→ " TSL, le Temps Sidéral Local est l'Angle Horaire du point γ "

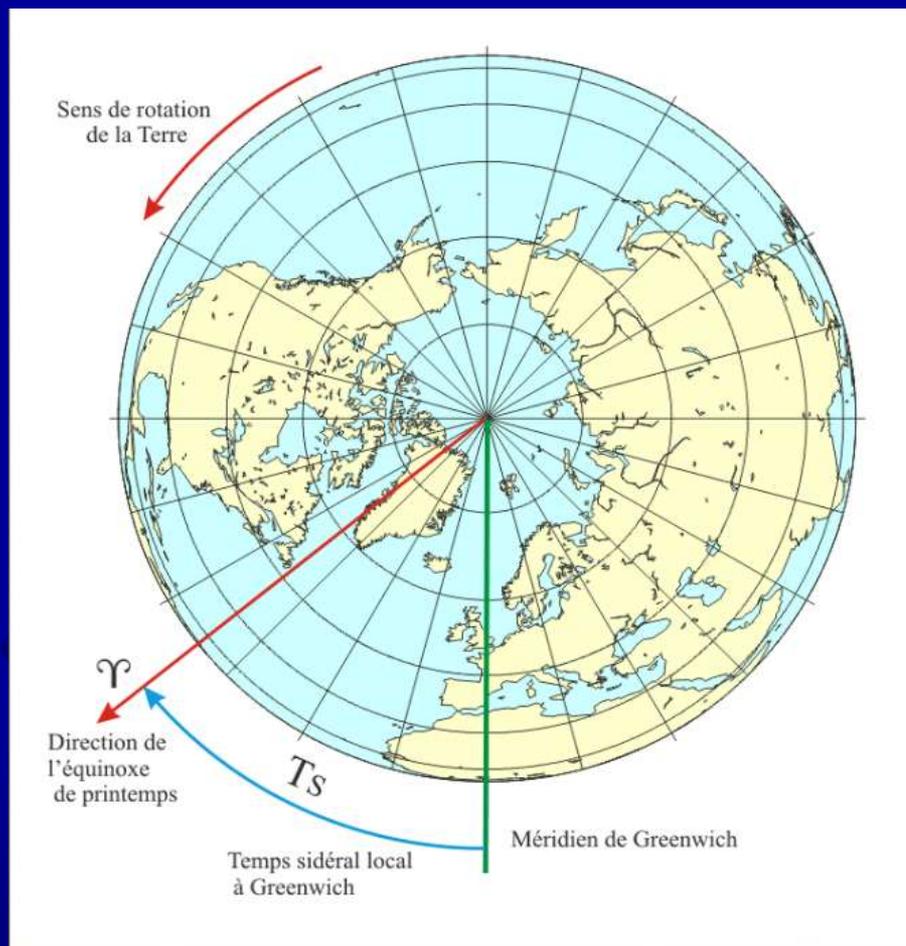
Intérêt des Coordonnées Horaires

- C'est un système de repérage intermédiaire dans lequel le repère équatorial est lié au méridien du lieu d'observation et non plus au point γ

Ce système est caractérisé par le méridien du lieu et un angle en h , m et s qui donne la direction du point γ : le TSL

- L'intérêt est que l'angle TSL peut être relié à un temps d'horloge (pourvu que cette horloge fasse 2 tours de cadrans en 23h 56 mn 4s)
- Connaissant α de l'astre et TSL , on calcule facilement l'angle Horaire H [$H = \text{TSL} - \alpha$] et donc la direction d'observation

Le Temps Sidéral de Greenwich : TSG



Le TSL est un temps local
lié à l'emplacement de
l'observatoire (Longitude)

Il a paru nécessaire aux
astronomes d'avoir un
Temps Sidéral de référence
par rapport auquel chaque
observatoire peut calculer
son TSL .

On a choisi comme référence le
TSL de l'observatoire de
Greenwich

Et on a appelé ce temps sidéral
de référence :

le TSG

(Temps Sidéral de Greenwich)

Articulation TSG / TSL

- C'est la position en Longitude de l'observatoire qui va permettre de passer du TSG au TSL par la relation :

$$\text{TSL} = \text{TSG} + \text{Correction de Longitude}$$

NB= la longitude géographique est comptée à partir du méridien de Greenwich

Ex : Réaumont = Longitude 5 °31' 48 "E = 5,5306° E

ces 5,5306 ° correspondent à un temps de :

$$5,5306^\circ \times 60 \text{ min} / 15^\circ = 22 \text{ min}$$

Comme il s'agit d'une Longitude Est , cela correspond à un temps en avance de 22 min sur celui de Greenwich donc pour Réaumont :

$$\text{TSL} = \text{TSG} + 22 \text{ min (en Temps TU)}$$

- Par ailleurs Il faut bien remarquer que le TSG correspond à l'Angle Horaire H du point γ pour l'Observatoire de Greenwich

SOLEIL. - FÉVRIER 1990

Jour		Date Julienne à 12 h UT	Position du Soleil à 0 h UT			A Paris (UT)		
du mois de la semaine de l'année	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UT		Ascension droite	Déclinaison	Lever	Passage au méridien	Coucher	
		h m s	h m s	° '	h m	h m	h m	
1	J	7924	8 43 46	20 57 17	-17 14	7 23	12 4,2	16 46
2	V	7925	8 47 43	21 1 22	16 57	7 21	12 4,4	16 48
3	S	7926	8 51 39	21 5 26	16 40	7 20	12 4,5	16 50
4	D	7927	8 55 36	21 9 29	16 22	7 18	12 4,6	16 51
5	L	7928	8 59 32	21 13 31	16 4	7 17	12 4,7	16 53
6	M	7929	9 3 29	21 17 32	15 46	7 16	12 4,7	16 55
7	M	7930	9 7 25	21 21 33	15 27	7 14	12 4,8	16 56
8	J	7931	9 11 22	21 25 32	15 9	7 12	12 4,8	16 58
9	V	7932	9 15 19	21 29 31	14 50	7 11	12 4,9	17 0
10	S	7933	9 19 15	21 33 29	14 30	7 9	12 4,9	17 1
11	D	7934	9 23 12	21 37 27	14 11	7 8	12 4,9	17 3
12	L	7935	9 27 8	21 41 23	13 51	7 6	12 4,9	17 5
13	M	7936	9 31 5	21 45 19	13 31	7 4	12 4,9	17 6
14	M	7937	9 35 1	21 49 14	13 11	7 3	12 4,8	17 8
15	J	7938	9 38 58	21 53 8	12 50	7 1	12 4,8	17 9
16	V	7939	9 42 54	21 57 2	12 30	6 59	12 4,7	17 11
17	S	7940	9 46 51	22 0 55	12 9	6 57	12 4,7	17 13
18	D	7941	9 50 48	22 4 47	11 48	6 56	12 4,6	17 14
19	L	7942	9 54 44	22 8 38	11 27	6 54	12 4,5	17 16
20	M	7943	9 58 41	22 12 29	11 5	6 52	12 4,4	17 18
21	M	7944	10 2 37	22 16 20	10 44	6 50	12 4,3	17 19
22	J	7945	10 6 34	22 20 9	10 22	6 48	12 4,2	17 21
23	V	7946	10 10 30	22 23 58	10 0	6 46	12 4,0	17 23
24	S	7947	10 14 27	22 27 46	9 38	6 44	12 3,9	17 24
25	D	7948	10 18 23	22 31 34	9 16	6 42	12 3,8	17 26
26	L	7949	10 22 20	22 35 21	8 54	6 41	12 3,6	17 27
27	M	7950	10 26 17	22 39 8	8 31	6 39	12 3,4	17 29
28	M	7951	10 30 13	22 42 54	- 8 9	6 37	12 3,2	17 31

Les Ephémérides donnent
le Temps Sidéral de Greenwich
(TSG) à 0 h TU
chaque jour de l'année

Exemple d'application du Temps Sidéral

→ *Détermination de l'heure de passage de Jupiter au méridien de Réaumont dans la nuit du 12 au 13 Février:*

Données : Géographie: Longitude Réaumont = 5,5306° E

soit + 22 min d'avance / Greenwich (voir précédemment)

Ephémérides AD de Jupiter le 13/2: AD Jup $\alpha = 9\text{h } 18\text{ min}$

Ephémérides TSG à 0 h TU le 13/2 : 9 h 30 min 41 s # 9 h 31 min

On veut observer Jupiter lors de son passage au méridien : H de Jupiter = 0 h

→ application de la relation $TSL = H + \alpha$: $TSL = \alpha = 9\text{h } 18\text{ min}$

→ *Jupiter passera au méridien quand $TSL = 9\text{h}18\text{ min}$ à Réaumont*

Par ailleurs on a la relation liant les temps de Réaumont et de Greenwich : $TSL = TSG + 22\text{ min}$

D'où $TSG = TSL - 22\text{ min}$ soit $TSG = 9\text{h } 18\text{ min} - 22\text{ min} = 8\text{ h } 56\text{ min}$

→ *Jupiter passera au méridien de Réaumont quand $TSG = 8\text{ h } 56\text{ min}$*

Or $TSG = 9\text{ h } 31\text{ min}$ à 0h TU donc il faut donc retirer 35 min de temps, mais on observe en temps Civil : Temps Civil Réaumont = TU + 1H

d'où Jupiter passera au méridien de Réaumont le 13/2 à l'heure civile :

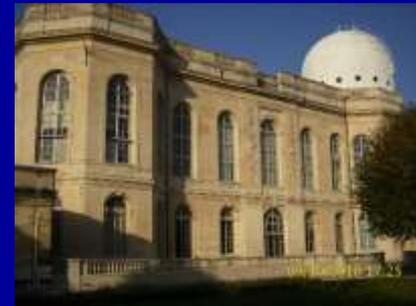
0h TU - 35 min + 1h = 0 h 25 min

Pour éviter ces calculs les observatoires ont une horloge TSL



Horloges de la coupole Arago

Horloges de Temps moyen et de Temps sidéral local à l'Observatoire de Paris
L'horloge TSL fait 2 tours de cadran en 23h 56 min 4s



Lunette de la coupole Arago

→ Pour pointer un astre au méridien on attend que le temps TSL corresponde au α de l'astre

Pour éviter les calculs les astronomes amateurs peuvent acheter une montre :



**Le Nec plus Ultra
pour l'astronome
amateur :**

“Montre Arnold and Son”

- bracelet en alligator
- boîtier en or rose

**27000 €
(30500 USD)**

**[Si on est plusieurs
à commander on a peut-être
une remise !] 😊**

**Remarque : si nos moyens
financiers sont plus modestes,
on peut acheter une application
“Temps Sidéral ” pour
smartphone**

Quand le TSL est - il égal au Temps Civil de la montre pour un lieu donné ?

Lieu = Greenwich

Le temps TU est le TC de Greenwich (et du Royaume Uni) durant l'hiver - L'été le TC anglais est en avance de 1h sur le temps TU

Le 22 Septembre les éphémérides donnent : TSG à 0hTU = 0h 0min 0s
mais TC= 1h- Il faudra donc attendre que le TSG soit de 1h
pour que TSG=TSL greenwich = 1h ce qui aura lieu le 7 octobre

Lieu = Réaumont (Voiron)

Pour Réaumont : TSL= TSG + 22mn

et TC = TU+ 2 h (avant fin octobre)

On veut TSL =TC → TSG + 22 min = TU+ 2 h

Or les éphémérides donnent le TSG pour 0h TU

On fait TU = 0h cela donne TSG = 2h – 22 min = 1h 38 min

→ On recherche dans les éphémérides la date pour laquelle on aura
TSG = 1h 38 min à TU = 0 h → date = 16 octobre

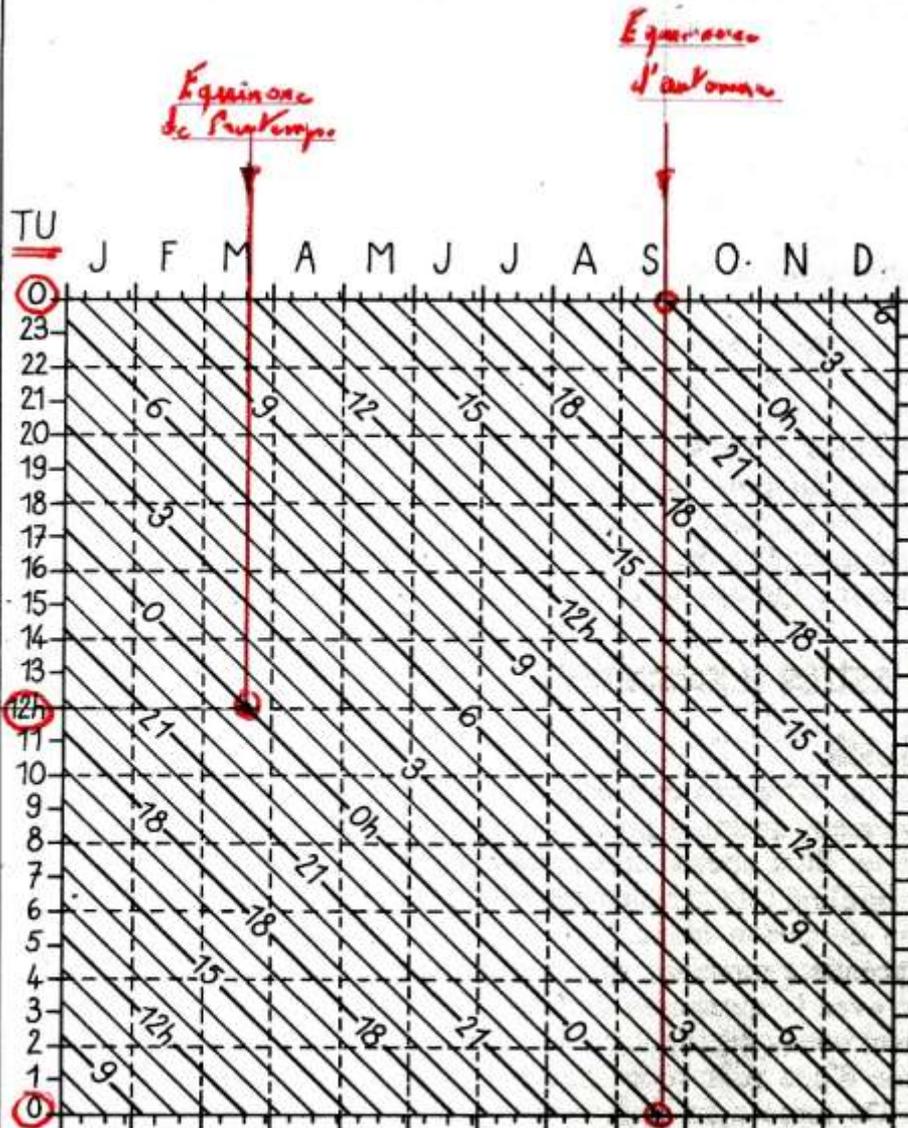


Diagramme permettant de déterminer instantanément le temps sidéral local suivant l'heure (TU) et l'époque de l'année.

On trouve ce genre d'abaque pour déterminer le TSL quand on n'a pas la montre donnant le TSL

A 12 h TU , le 20 Mars
 Le cercle d'AD passant au méridien est AD= 0h
 A environ cette même heure le Soleil passe au méridien (Sud)
 On en déduit que le soleil ,le 20 Mars, a pour Ascension Droite $\alpha = 0$ h

→ question:
 Est-ce surprenant ?

Abaque précisément valable pour Greenwich

Relation Coordonnées Horaires- Coordonnées Horizontales

- Il existe 3 expressions permettant de passer d'un système de coordonnées à un autre mais la relation suivante est la plus utile :

$$(\sin z) \cdot (\sin a) = \cos(\delta) \cdot (\sin H)$$

Dans cette relation, les inconnues sont :

Coordonnées Horaires : Déclinaison δ et angle Horaire H

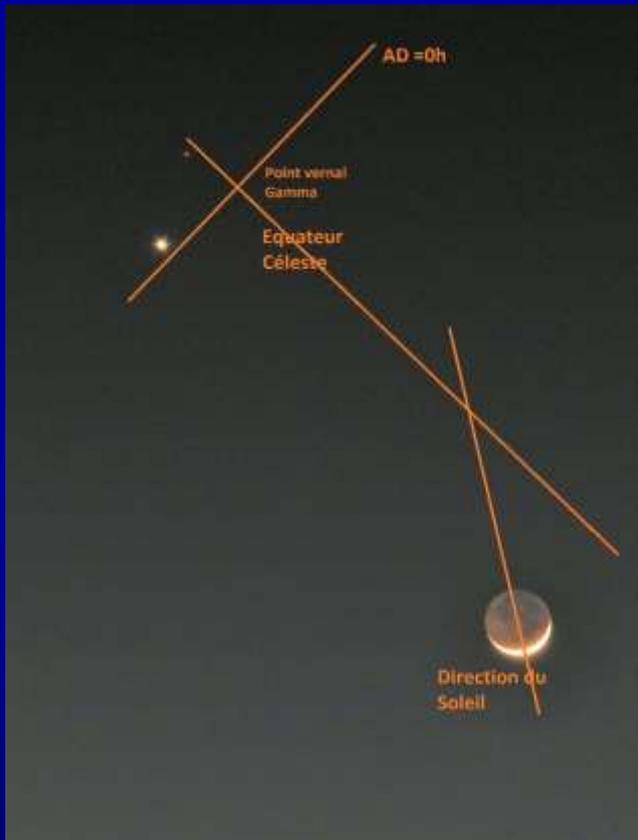
Coordonnées Horizontales : distance zénithale z et
azimuth astronomique a

Rappel: la distance zénithale z est égale à $z = 90^\circ - h$ avec
 h = hauteur de l'astre sur l'horizon du lieu (en $^\circ$)

- Cette relation permet de calculer l'angle horaire H de l'astre quand on connaît sa déclinaison δ et qu'on a mesuré son azimuth astronomique a et sa hauteur h sur l'horizon

Exemple : Rapprochement Venus-Mars du 20 Février 2015

Calcul de l'angle Horaire H et du TSL



Pointage sur Vénus:

mesuré à la boussole : $a = 72^\circ$

mesuré au clinomètre : $h = 15^\circ$

d'où $z = (90^\circ - 15^\circ) = 75^\circ$

**On assimile Vénus et le point vernal γ [$\delta = 0^\circ$]
(ils sont très proches)**

Dans la relation précédente cela donne :

$(\sin 72^\circ) \cdot (\sin 75^\circ) = \cos(0^\circ) \cdot (\sin H)$

soit: $0,96593 \times 0,95106 = 1 \times \sin H$

d'où $\sin H \approx 0,918 \rightarrow H \approx 66,50^\circ$

Converti en h et min ($15^\circ = 1h$) cela donne

$H = 4h 26 \text{ min}$

**\rightarrow Au moment de la photo l'angle horaire H du
point vernal est $H = 4h 26 \text{ min}$**

Et donc le Temps Sidéral Local est :

TSL = 4h 26 min

Photo prise le 20 Février 2015
à Temps Civil TC = 19 h
Reaumont

En résumé ce qu'il faut retenir du TSL

- Le Temps Sidéral Local (TSL) est un angle donné en h , min et sec
 - Il est propre au lieu d'observation et dépend de l'heure de l'observation
 - Il existe une relation liant le TSL, l'ascension droite α et l'angle horaire H d'un astre:

$$\text{TSL} = \alpha + H$$

- Si on prend $\alpha = 0$ h, 0 min 0 sec (point Vernal γ) on a TSL = H
 - le TSL est à chaque instant pour le lieu considéré
l'angle horaire H du point vernal γ
- Si on prend H = 0 h 0 min 0 sec , c'est-à-dire si on regarde au méridien on a : TSL = α
 - le TSL donne , à chaque instant pour le lieu considéré
l'ascension droite α qui passe au méridien
- Le TSL peut être donné à chaque instant par une horloge de temps sidéral : il y a identité entre les heures , min et sec angulaires et les heures, min sec de l'horloge sidérale (2 tours en 23h 56m4s)
 - on transforme un calcul d'angle en lecture d'un temps sur une horloge !

Fin du Module 3

→ Module 4

Le Soleil et l'équation du temps

La Lune et ses mouvements

Les Eclipses