L'ASTROLABE

Larousse en 7 volumes 1905

ASTROLABE (ass – du gr. *astron,* astre, et *lambanein*, pendre) n. m. Instrument dont on s'est servi autrefois pour relever la position des astres et déterminer leur hauteur au-dessus de l'horizon : *Les Chinois avaient des* ASTROLABES *et des sphères avant que nous sussions lire*. (Volt.)
– Encycl. Les anciens attribuaient l'invention de *l'astrolabe* à l'astronome grec Hipparque, qui vivait au II^{e} siècle avant notre ère. Il y en avait plusieurs variétés, que l'on appelait astrolabe de mer et astrolabe armillaire. Par la suite, Ptolémée employa le même mot pour désigner une sorte de mappemonde. C'est dans ce sens que ce mot a été employé par presque tous les auteurs du XVI^{e} et du XVII^{e} siècles.

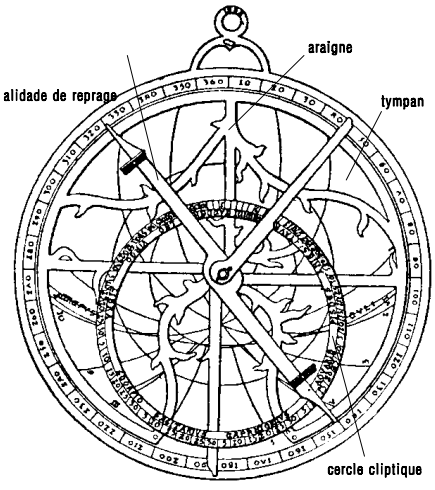
I - Présentation de l'astrolabe planisphérique.

L'aspect du ciel au-dessus de l'horizon dépend :
– de l'heure d'observation, à cause du mouvement diurne de la Terre,
– de la date, à cause du déplacement annuel de la Terre autour du Soleil,
– et de la latitude du lieu.

L'astrolabe est à la fois
- un instrument servant à mesurer la hauteur des astres pour déterminer l'heure ou l'orientation,
- et un instrument de calcul permettant de déterminer les directions des astres, leurs heures de lever et de coucher, la latitude du lieu d'observation etc...

Il est constitué de deux disques concentriques :
– l'un appelé ***araignée***, est une représentation de la ***sphère céleste***
– l'autre appelé ***tympan*** est une représentation du ***lieu d'observation terrestre*** ; il comporte des éléments caractéristiques de ce lieu dont les positions dépendent de la latitude :
l'horizon avec ses quatre points cardinaux,
le méridien,
et le Zénith.

Une réglette appelée ***alidade de repérage***, complète cet ensemble. La réglette et l'araignée peuvent tourner librement autour d'un axe perpendiculaire au centre du tympan.



Astrolabe planisphèrique de Regiomontanus (1468)

Au dos de l'astrolabe est tracé un cercle qui permet de mesurer les hauteurs grâce à une ***alidade de visée***.

L'astrolabe comporte deux projections stéréographiques :
– celle du *système fixe de coordonnées locales* (azimut, hauteur) sur le ***tympan*** portant les courbes de même hauteur et de même azimut
–• celle de la *sphère céleste avec les coordonnées équatoriales* (ascension droite et déclinaison), placée sur l'***araignée*** mobile autour du pôle Nord.

La réalisation de l'astrolabe demande donc de faire correspondre les points d'une sphère à ceux d'un plan, c'est le problème des projections. Voir le texte sur les *Projections de la sphère céleste*.

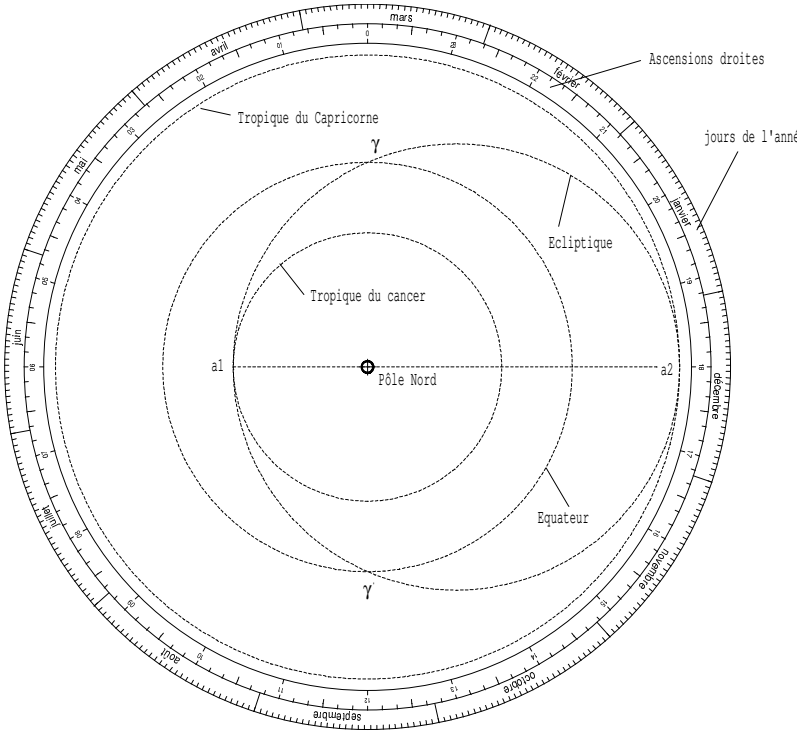
II - Description.

La dimension de l'astrolabe est laissée au choix du constructeur. La précision est fonction de la grandeur des cercles gradués. Mais les contraintes des matériaux utilisés limitent souvent l'astrolabe à tenir sur une feuille A4. Pour s'affranchir des dimensions, nous supposerons que *le rayon de l'équateur sur la sphère céleste est pris pour unité*. Tout autre astrolabe sera une homothétie centrée sur le pôle, avec le grandissement désiré.

Les plans de projection peuvent être regardés par dessus ou par dessous.

Avec l'astrolabe étudié ici, la projection de la sphère céleste se regarde par dessus, ce qui impose le sens des graduations des ascensions droites, des dates (sens direct) et des heures solaires (sens rétrograde).

L'araignée



C'est la projection de la sphère céleste.

Elle doit tourner autour du pôle Nord et ne dépend pas du lieu considéré.

On y représente :

– le *pôle Nord*

– l'*équateur*, cercle de rayon unité

– les *tropiques* de déclinaison ±23°27', le tropique du Capricorne limite au Sud la sphère céleste de l'araignée.

– les *principales étoiles* facilement repérables (voir liste en annexe),

– l'*écliptique*, cercle tangent aux cercles des tropiques coupant l'équateur en deux points diamétralement opposés γ et γ'.

Le bord externe de l'araignée est gradué en ascension droite et en jours de l'année.

La direction du point γ est aligné sur le zéro des ascensions droites (21 mars).

La graduation des jours permet de placer le Soleil tout au long de l'année sachant qu'il se trouve sur l'écliptique et aligné avec la date du jour.

Cercles et points remarquables sur l'araignée :

– le *pôle Nord,* centre de l'araignée

– les *cercles d'égale déclinaison* qui se projettent comme des petits cercles centrés sur le pôle. Un cercle correspondant à la déclinaison δ aura un rayon valant $Oe = \tan\frac{90° - \delta}{2}$

Cercles de déclinaison

δ	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°
R	0,0875	0,1763	0,2679	0,3640	0,4663	0,5774	0,7002
δ	10°	0°	-10°	-20°	-30°	tropique du Cancer	tropique du Capricorne
R	0,8391	1,0000	1,1918	1,4281	1,7321	0,6563	1,5238

- le *cercle écliptique* tangent au tropique du Cancer en a_1 (α = 6 h 00, δ = + 23°27') et au tropique du Capricorne en a_2 (α = 18 h 00, δ = - 23°27') ; son rayon vaut

$$R = (Oa_1 + Oa_2) / 2 = (1,5238 + 0,6563) / 2 = 1,090$$

et son centre est situé dans la direction 18h00 à une distance du centre de l'araignée égale à

$$Oa_2 - R = (1,5238 - 1,090) = 0,4338$$

- les *points γ et γ',* intersections de l'équateur et de l'écliptique (directions 0h et 12h).

Le Tympan

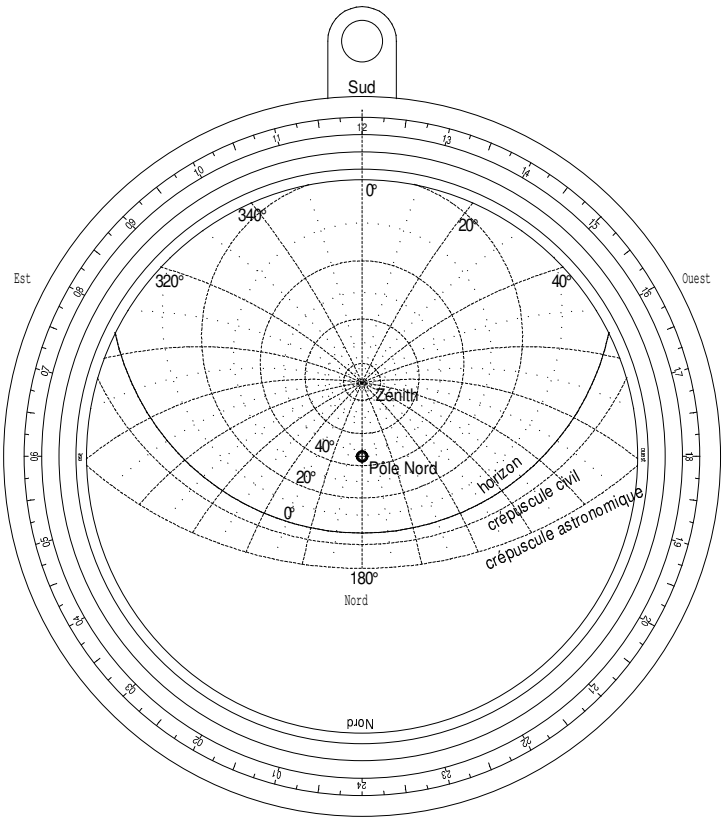
Il comporte la projection sur le plan de l'équateur des éléments propres au lieu d'observation : Zénith, lignes d'azimut et de hauteur.

Son pourtour porte une *graduation en heure* permettant de mesurer les *angles horaires* et d'orienter l'araignée en fonction du mouvement diurne dû à la rotation de la Terre sur elle-même

La projection du *Zénith* tient compte de la *latitude* φ du lieu d'utilisation. Elle est située au dessus du centre du tympan à une distance de la projection du pôle Nord égale à :

$$\tan\frac{90°-\varphi}{2}.$$

Le *Nadir* (utile pour la construction mais en dehors du tympan) est à $\tan\frac{90°+\varphi}{2}$ en dessous du centre.



Les *lignes d'égal azimut* sont des cercles passant par les projections du Zénith Z et du Nadir Z'. Leurs centres sont sur la médiatrice du segment ZZ' à une distance de la ligne Nord-Sud égale à D (pour connaître les valeurs de D voir l'annexe « Construction de l'astrolabe ».

Les cercles projections des *cercles d'égale hauteur* ont leurs centres situés sur la ligne Nord-Sud, à une distance de la projection du pôle égale à d_c (voir l'annexe « Construction de l'astrolabe »).

La *ligne horizon* correspond à h = 0. Les *points cardinaux* y sont représentés.

• **Pour une latitude de 45°46'** (Observatoire de Lyon), valable sur une grande partie de notre région, les positions des points et cercles remarquables sont :

- le *Zénith* : sur l'axe Nord-Sud , à 0,406 du pôle Nord
- le *Nadir* : sur le même axe, à -2,461 du pôle Nord.
- les *cercles d'égale hauteur* , appelés aussi *almuquantarats.*

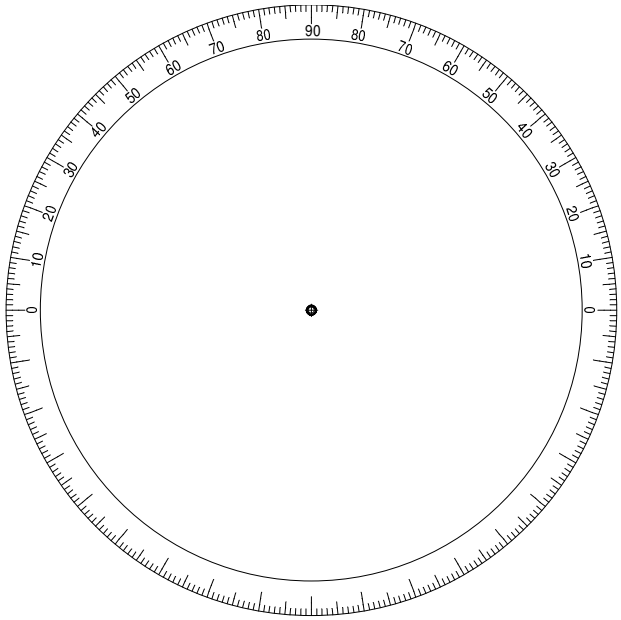
h(°)	90	80	70	60	50	40	30
d_c	0,406	0,410	0,421	0,441	0,471	0,513	0,570
Rayon	0,000	0,102	0,206	0,316	0,434	0,564	0,712
h(°)	20	10	0	-20	-6	-12	-18
d_c	0,659	0,784	0,974	1,863	1,140	1,386	1,719
Rayon	0,888	1,106	1,396	2,509	1,625	1,935	2,334

- les *cercles de même azimut.* La médiatrice du segment ZZ' passe à la distance -1,027 du pôle.

Chaque cercle passe par le Zénith et le Nadir et contient deux azimuts de valeurs *a* et *a*+180° ; par symétrie par rapport à l'axe Nord-Sud on obtient les cercles des azimuts de (360°- *a*) à (360°).

A(°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Rayon	infini	4,127	2,096	1,433	1,115	0,936	0,828	0,763	0,728	0,717
D	0	-5,825	-2,822	-1,779	-1,224	-0,862	-0,593	-0,374	-0,181	0,000

L’envers du Tympan (dos)

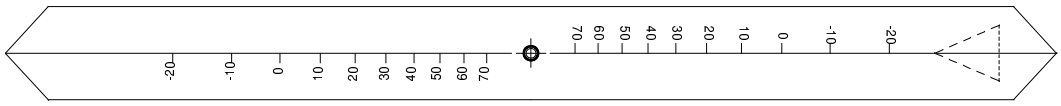


L'envers du tympan comporte un cercle gradué en degré pour mesurer les hauteurs des astres avec une alidade de visée.

Un anneau est situé en haut de l’astrolabe pour le tenir vertical lors de la mesure des hauteurs.

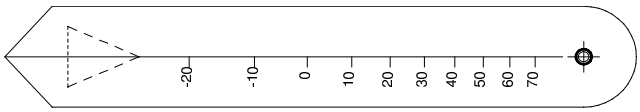
Les alidades

• *l’alidade de repérage* est placée au dessus de l'araignée ; elle est mobile autour d’un axe perpendiculaire au centre du tympan, projection du pôle Nord, et simulant l’axe de rotation de la Terre.
Elle est dessinée sur transparent et porte une graduation, en degrés, qui sert à la mesure de la *déclinaison*.



La ligne médiane sert à repérer sa direction en *ascension droite* sur le cercle gradué placé à la périphérie de l’araignée.

L’alidade à deux branches est prévue pour accueillir le *curseur coulissant « Soleil »*.

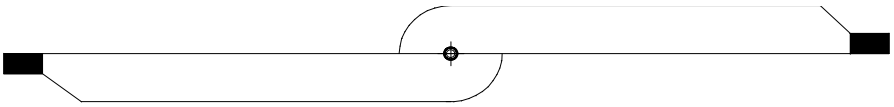


L’alidade à une branche est destinée à accueillir le *curseur coulissant « étoile »*.

Ces curseurs permettent de positionner l’astre sur l’araignée en fonction de ses coordonnées équatoriales.

• *l’alidade de visée* est placée sur l’envers du tympan. Elle permet de viser un astre puis de lire la hauteur de celui-ci sur le cercle gradué en degrés.

Elle ne comporte pas de graduation et peut se construire en bois ou sur un carton fort.



• Des indications sur les tracés complémentaires du dos de l’astrolabe se trouvent en page 6 du fichier **astrolabe_lyon.pdf**.

III – Maniement de l'astrolable .

1 – Mise en place du Soleil :

Placer la ligne médiane de l'alidade portant le Soleil en regard de la date choisie puis faire coulisser le curseur "Soleil" de manière que le centre de celui-ci soit sur l'écliptique.

2 – Simulation du mouvement diurne :

Faire pivoter l'ensemble « araignée + alidade ».

3 – Lecture de l'heure :

La graduation du cercle horaire du tympan, qui se trouve en regard de la ligne médiane de l'alidade donne l'« *heure solaire vraie*» d'un événement.

4 – Calcul de l'écart entre l'heure solaire et l'heure de la montre.

En France, en un lieu de longitude λ le temps légal est lié au temps solaire vrai local par la relation :

$$T_{légal} = T_{solaire\ local} + E + (4\ minutes).\lambda + 1\ (ou\ 2)\ h$$

avec: - λ exprimé en degrés, négatif pour une longitude Est et λ positif pour une longitude Ouest
- E un terme correctif appelé "équation du temps" qui varie au cours de l'année (voir dossier « Mesure du temps »).

A Lyon, $\lambda = 4° 49' 45"$ Est
$\Rightarrow$ $(4\ minutes).\lambda = -\ 20\ mn$ d'où :

$$T_{légal\ en\ France} = T_{solaire\ à\ Lyon} + E - 20\ mn + 1\ (ou\ 2)\ h$$

IV – Quelques exemples d'utilisation de l'astrolabe.

1 – Relever la hauteur d'un astre et trouver l'heure.

A l'aide de l'alidade de visée placée au dos de l'astrolabe,
- viser le Soleil ou une étoile portée sur la carte du ciel (araignée)
- mesurer sa hauteur *h* au-dessus de l'horizon grâce au cercle des hauteurs,
- noter sa position par rapport au méridien (avant ou après).

A partir de ces indications, orienter l'araignée, sur la face avant, de manière à placer l'astre au dessus du cercle de hauteur correspondant, tracé sur le tympan ; choisir le bon côté par rapport à l'axe Nord-Sud, suivant que l'astre a été repérer avant ou après le méridien.

Exemples :

- *Le matin du 22 avril à Lyon, à l'instant où la hauteur du Soleil vaut 30° , quelle est « l'heure solaire » ? Quelle est alors l'indication de la montre en « heure légale française » ?*

- *Dans la nuit du 21 au 22 avril l'étoile Régulus brille à 40° au dessus de l'horizon Sud-Ouest. Quelle heure est-il ?*

2 – Prévoir les heures et directions de lever, passage au méridien et coucher des astres.

Après avoir réglé l'astrolabe pour le jour d'observation, faire tourner l'ensemble (disque + Soleil) pour simuler le mouvement diurne.

- Pour le Soleil, lorsqu'il apparaît sur le bord Est de l'horizon, la ligne médiane de l'alidade de repérage permet de lire, sur le cadran horaire du tympan, l'heure solaire de son lever ; de même pour l'heure du coucher sur le bord Ouest. Il est facile ensuite d'en déduire la durée du jour (et de la nuit).

• Pour les étoiles, les mêmes observations peuvent être faites, mais c'est toujours l'alidade portant le Soleil qui donne l'heure.

Opérer à différentes périodes de l'année. Observer pour le Soleil et pour les étoiles le changement ou l'invariabilité

– des directions sur l'horizon des lever et coucher,

– des heures de lever et coucher, ainsi que de la durée du passage au dessus de l'horizon.

Exemples :

Lieu : Lyon Date : 25 décembre

étoile	lever	passage au méridien	coucher	durée du passage au dessus de l'horizon
Régulus instant azimut (Az) hauteur (Alt)				
Sirius instant azimut (Az) hauteur (Alt)				
Soleil instant azimut (Az) hauteur (Alt)				

Lieu : Lyon Date : 21 mars

étoile	lever	passage au méridien	coucher	durée du passage au dessus de l'horizon
Régulus instant azimut (Az) hauteur (Alt)				
Sirius instant azimut (Az) hauteur (Alt)				
Soleil instant azimut (Az) hauteur (Alt)				

Comparer aux valeurs données dans le calendrier de la Poste.

3 – Prévoir, pour un instant donné, les coordonnées locales d'une étoile dont les coordonnées équatoriales sont connues :

Relever dans un catalogue d'étoiles les coordonnées équatoriales (α et δ) de l'étoile choisie. Utiliser l'alidade à une branche pour localiser l'étoile sur l'araignée.

Noter la date et l'heure d'observation. Régler la position de l'alidade portant le Soleil en fonction de la date et l'orientation de l'araignée en fonction de l'heure.

Exemple : étoile Algénib dans la constellation de Pégase (α = 00 *h 14mn* et δ = 15°05')

Lieu : Lyon Date : 21 avril à « minuit solaire »

azimut	hauteur	ascension droite d'un point passant dans le demi-méridien Sud	angle horaire de l'étoile Algenib	heure légale

4 - Identifier une étoile observée dans le ciel.

Régler l'astrolabe en fonction de la date et de l'heure de l'observation.

Mesurer les coordonnées horizontales (azimut et hauteur) de l'étoile et repérer sa position par rapport au tympan.

Utiliser l'alidade à une branche pour repérer, sur l'araignée, les coordonnées équatoriales de l'étoile. Ces coordonnées serviront à identifier l'étoile dans un catalogue.

*Exemple :*le 22 avril à 22 « heures légales », une étoile brille au dessus de l'horizon de Lyon

hauteur	azimut	heure solaire	ascension droite	déclinaison	nom
27°	325°				

5 - Trouver l'heure et la durée des crépuscules.

Exemple : heure de début et fin du crépuscule astronomique à Lyon

	21 mars	21 juin	23 septembre	22 décembre
début				
fin				
durée				

6 - Trouver le temps sidéral.

Régler l'astrolabe en fonction de la date et de l'heure de l'observation.

Repérer la position du point γ : son angle horaire, qui par définition est le temps sidéral, est égal à l'ascension droite d'un point de la sphère céleste qui passe au méridien du lieu d'observation.

Exemple : A Lyon, le 21 juin à 24 « heures solaires », quel est le temps sidéral ?

7 - Trouver le temps des prières.

Exemple : à quelle « l'heure solaire », le 22 avril à Lyon , la longueur de l'ombre d'un homme est-elle égale à sa propre hauteur ? Quelle est alors l'indication de la montre en « heure légale française » ?

V – Bibliographie

λ Mesure du temps et de l'espace
Samuel Cruye et Henri Michel
Bibliothèque des Arts de Paris 1970

λ L'Astrolabe - Histoire, théorie et pratique
Raymond d'Hollander Edité par Le Musée Paul Dupuy et l'Association Française de Topographie

λ L'Astrolabe
Youri Gauthier
Compte-rendu de l'Université d'été du CLEA Formiguères 4-13 juillet 1984, p. A46-A51

λ L'Astrolabe planisphérique
Cécile Schulman
Cahier Clairaut n°47, automne 1989 p. 30-36

λ L'Astrolabe simplifié
Cécile Schulman
Cahier Clairaut n°48, Hiver 1989/90 p. 19-27

Ph Merlin, C Piguet (07/04/99)

Réponses

1 – Relever la hauteur d'un astre et trouver l'heure

- Soleil heure solaire = 8 heures heure légale = 9 heures 39 minutes
- Régulus heure solaire = 23 heures 05 minutes heure légale = 0 heure 45 minutes

2 – Prévoir les heures et directions de lever, passage au méridien et coucher des astres.

Lieu : LYON Date : 25 décembre Heure en « heures légales »

étoile		lever	passage au méridien	coucher	durée du passage au dessus de l'horizon
Régulus	instant	21 h 45 min	4 h 35 min	11 h 24 min	13 h 39 min
	azimut (Az)	252°		107°	
	hauteur (Alt)		56,2°		
Sirius	instant	20 h 20 min	1 h 08 min	5 h 56 min	9 h 36 min
	azimut (Az)	294°		65°	
	hauteur (Alt)		27°		
Soleil	instant	8 h 26 min	12 h 40 min	16 h 54 min	8 h 28 min
	azimut (Az)	125°		235°	
	hauteur (Alt)		21,2°		

Lieu : LYON Date : 21 mars Heure en « heures légales »

étoile		lever	passage au méridien	coucher	durée du passage au dessus de l'horizon
Régulus	instant	16 h 03 min	22 h 53 min	5 h 42 min	13 h 39 min
	azimut (Az)	73°		287°	
	hauteur (Alt)		56°		
Sirius	instant	14 h 46 min	19 h 34 min	0 h 22 min	9 h 36 min
	azimut (Az)	294°		65°	
	hauteur (Alt)		27°		
Soleil	instant	6 h 47 min	12 h 47 min	18 h 47 min	12 h
	azimut (Az)	90°	44°	270°	
	hauteur (Alt)				

3 – Coordonnées locales de l'étoile Algenib (α = 00 *h* 14 *min* et δ = 15°05')

le 21 juin à « minuit solaire » à Lyon.

Azimut	hauteur	ascension droite d'un point passant dans le demi-méridien Sud	angle horaire de l'étoile Algenib	heure légale
257°	9°	18 *heures*	17 *heures* 46 *min*	0 h 41 min le 22 juin

4 – Identifier une étoile observée dans le ciel.

le 22 avril à 22 « heures légales », une étoile brille au dessus de l'horizon de Lyon

hauteur	azimut	heure solaire	ascension droite	déclinaison	nom
27°	325°	21 h 21	13 *heures* 23 *min*	- 11°	Epi (Spica)

5 – Trouver l'heure et la durée des crépuscules.

crépuscule astronomique à Lyon en « heures solaires »

	21 mars	21 juin	23 septembre	22 décembre
début	20 heures	23 heures	20 heures	18 heures
fin	4 heures	1 heure	4 heures	6 heures
durée	8 heures	2 heures	8 heures	12 heures

6 – Trouver le temps sidéral.

A Lyon, le 21 juin à 24 « heures solaires » : 18 « *heures sidérales* » .

7 – Trouver le temps des prières.

longueur de l'ombre d'un homme, le 22 avril à Lyon, égale. à sa propre hauteur :

- h = 45° a = 307° 9 h 40 min (heure solaire) 10 h 20 min (heure légale)
  a = 53° 14 h 20 min 15 h