





Pour un réglage, il suffit de mettre l'heure trouvée en face de la date. Par exemple sur la figure 1 :  
Le 5 juillet à 23 h 10 min.

### En résumé :

- 1/ Afficher la date revient à tenir compte du mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil.
- 2/ Afficher une heure revient à tenir compte du mouvement de rotation et la Terre sur elle-même et en même temps de la longitude du lieu d'observation.

Nous sommes en présence de trois éléments : Une date puis une heure qui donnent une position instantanée de la voûte étoilée. Il est évident qu'il est possible de «jongler» avec ces trois éléments. Par exemple, situer une étoile au sud donne du même coup une position instantanée de l'ensemble de la voûte céleste. L'heure de l'événement apparaît alors en face de la date.

Une fois le réglage effectué, la ligne de l'horizon (courbe délimitée sur ce modèle par la surface verte translucide) découvre la portion de ciel visible à l'instant donné.

Il est aisé de comprendre l'utilité d'une telle carte. Elle permet de préparer à l'avance une veillée d'observation en indiquant quelles seront les étoiles visibles. Pour l'exemple cité plus haut, les constellations du Sagittaire et du Scorpion seront visibles au sud, Pégase à l'est etc... Par contre pour cet instant, il est inutile de préparer l'observation d'une planète qui se situerait dans la constellation du Taureau. Cette dernière est sous la ligne de l'horizon.

Vous avez peut être remarqué que contrairement aux boussoles, l'est et l'ouest semblent inversés si on positionne le nord de l'horizon vers le haut. En fait il s'agit d'une carte du ciel et non du sol. Si cette dernière est tenue face au ciel au dessus de la tête, tout rentre alors vite dans l'ordre.

Jusqu'à présent, nous avons évoqué un lieu d'observation par sa longitude. Il est facile de comprendre qu'une personne située à Paris n'observera pas le même ciel étoilé qu'à Sydney par exemple.

La latitude est l'angle au centre (mesuré sur le méridien du lieu) entre l'équateur et le lieu.

Généralement une carte du ciel réglable est tracée (du moins son horizon) pour une latitude donnée. La petite carte qui nous sert ici d'exemple est calculée pour la latitude moyenne de la France.

Pourquoi un tel détour par les cartes du ciel réglables ? tout simplement parce que ces dernières sont les descendantes de l'astrolabe.

Les premières traces de cet instrument remontent peut-être à deux grandes figures de l'astronomie antique : Hipparque de Rhodes, astronome et mathématicien grec du II<sup>ème</sup> siècle avant J-C et Claude Ptolémée, astronome, mathématicien et géographe grec du II<sup>ème</sup> siècle de notre ère. Les derniers astrolabes ont été réalisés (sous des versions plus spécialisées) jusque au XVIII<sup>ème</sup> siècle.

Faisons à présent un parallèle entre la carte du ciel réglable (si facile à utiliser) et l'astrolabe. Nous retrouvons sur les deux schémas (figure 2) les mêmes repères.

Sur les schémas suivants, c'est un astrolabe simplifié qui sert de modèle. En général, les graduations sont de cinq en cinq degrés au-dessus de l'horizon (au lieu de 10 en 10 comme ici) et l'araignée comporte plus de 10 étoiles.

Certains éléments changent de nom et de forme mais le principe demeure : l'astrolabe permet de déterminer la position des astres (relativement à l'horizon local) pour une heure et une date données ou, inversement, déterminer l'heure pour une date et une position des astres données.

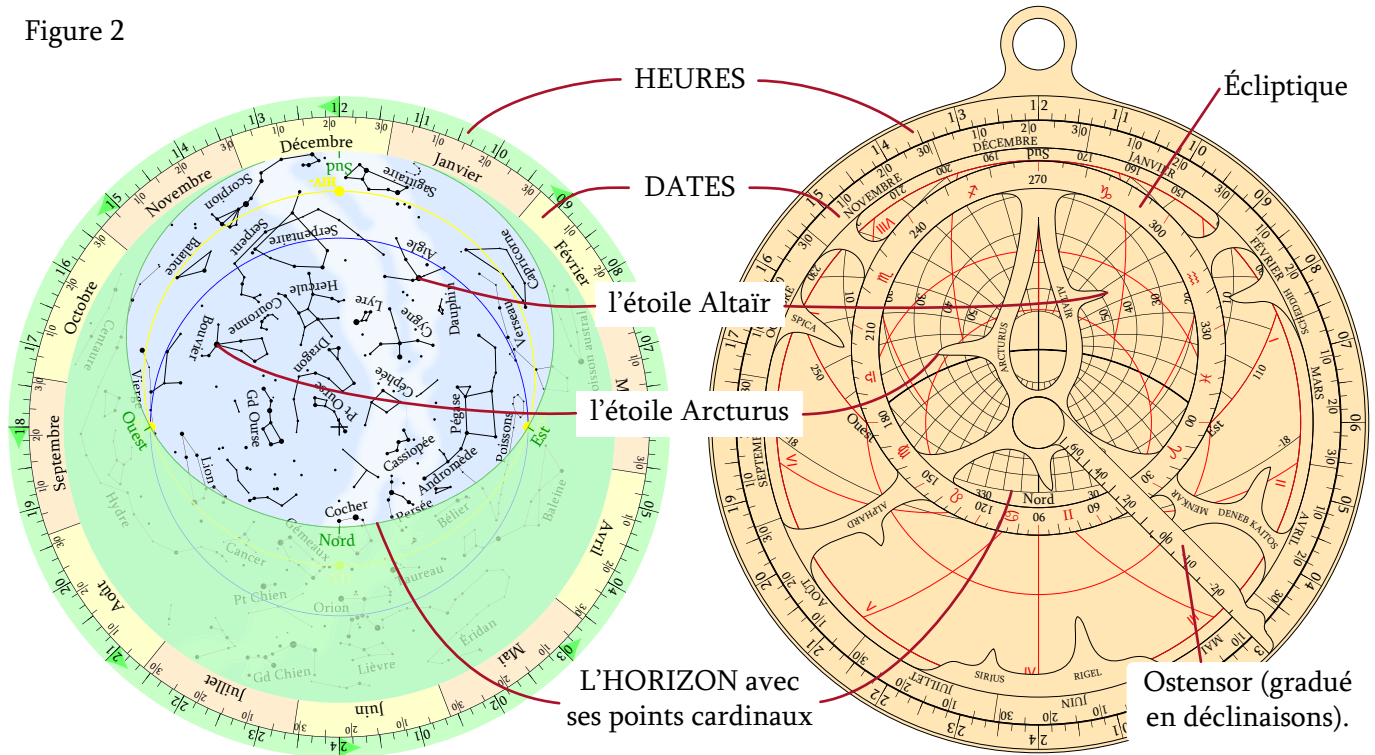
### Les deux principales différences :

1/ L'horizon est tracé sur le fond qui se nomme le tympan. A l'origine, il était dans une cavité nommée mère. Bien évidemment, le tympan doit être celui de la latitude de l'observateur. Les astrolabes possédaient, dans la mère, un empilement de plusieurs tympanes de latitudes différentes pour étendre géographiquement l'usage de l'instrument. Le gros avantage de l'horizon est, qu'à présent, il possède en plus un réseau de lignes d'égales hauteurs au-dessus de l'horizon (les almucantarats) ainsi qu'un réseau de lignes d'égaux azimuts relativement au nord (au sud sur les instruments d'époque). Une carte du ciel réglable permet, au mieux, de déterminer que telle constellation se situe vers l'est par exemple alors que l'astrolabe permet de préciser la hauteur apparente et l'azimut d'une étoile. Sur le tympan apparaît aussi une ligne - 18° qui permet de fixer l'heure des crépuscules.

2/ La carte du ciel proprement dite est devenue le rète ou araignée, pièce mobile ajourée. On y trouve un échantillonnage d'étoiles positionnées au bout de petits index.



Figure 2



L'écliptique est la projection sur la sphère céleste du plan de l'orbite terrestre. Il représente concrètement le trajet apparent annuel du Soleil. Il est décentré car l'axe de rotation de la Terre, matérialisé par l'axe de l'instrument, est incliné sur ce plan de l'écliptique. Sa graduation est de 5 en 5 degrés de longitude écliptique.

Pour le reste, vous retrouvez les deux principales graduations : calendrier et heures.

L'usage de l'astrolabe est donc très simple. Il suffit, par exemple, de positionner l'index d'une étoile sur l'horizon est pour lire en face de la date l'heure de son lever (en tenant compte, comme pour la carte du ciel, des corrections d'heures). Vous pouvez aussi procéder de même avec une position du Soleil le long de l'écliptique.

Il est tentant de déterminer la position du Soleil sur l'écliptique à partir du calendrier à l'aide de l'ostensor. Le résultat obtenu ainsi est la position du Soleil moyen. Pour une détermination de l'heure de jour, c'est la position du Soleil vrai qu'il faut afficher sur l'écliptique (vous pouvez obtenir la longitude écliptique du Soleil en consultant des éphémérides). La lecture de l'heure s'effectue toujours sur le calendrier moyen, ce qui permet de ne pas tenir compte de l'équation du temps.

Pour augmenter la précision, on peut apporter une correction dans le cycle quadriennal du calendrier grégorien (un jour supplémentaire à introduire entre le 28 février à 24 h et le 29 février à 0 h pour les années bissextiles) plus la fraction de jour écoulée. Ces dernières remarques ne se justifient que pour des instruments de grande taille.

La rotation du rète simule le mouvement apparent des astres. Pour explorer les nombreuses possibilités de l'astrolabe, nous allons imaginer un point de cette sphère céleste simplifiée. Prenons pour exemple un point de l'écliptique correspondant à la position du Soleil pour un jour donné. Lorsqu'on fait tourner le rète, ce point va décrire, sur le tympan, un cercle concentrique à l'axe des pôles (en bleu sur la figure 3).

Chaque fois que ce point passe par une ligne du tympan, un événement se produit. A chaque position du point est rattaché un rayon qui permet de lire l'heure de l'événement. Attention, normalement, on recherche l'heure en regard de la date prise sur le calendrier du rète (ce dernier a été retiré sur le croquis pour mieux voir la trajectoire du point sur le tympan). Cette date tombe approximativement en face du point lorsqu'il s'agit du Soleil (l'équation du temps peut entraîner un décalage) mais peut être diamétralement opposée dans le cas des étoiles.







### Dans la pratique il est bien entendu que :

1/ L'heure affichée est en U.T. et il est tenu compte de la longitude. L'heure trouvée est en temps civil local et il sera tenu compte de la longitude pour obtenir l'heure U.T.

2/ Pour un travail avec le Soleil, c'est sa longitude qui permet de le situer sur l'écliptique. Sinon il faut tenir compte de la valeur de l'équation du temps pour le jour d'observation.

3/ La latitude du tympan est bien celle du lieu d'observation.

Si on confronte les résultats obtenus avec des calculs, l'erreur ne dépasse guère quelques minutes.

L'utilisateur doit tenir compte du fait que la précision varie notablement selon l'azimut ou la hauteur de l'astre considéré.

Par exemple, pour descendre des cercles de hauteur  $30^\circ$  à  $20^\circ$  (figure 3). A un point suivant l'arc (A) correspond un secteur de 2 h 38 min, alors qu'à un point suivant l'arc (B) correspond un secteur de 1 h.

Une approximation de  $1^\circ$  sur la hauteur mesurée entraîne une erreur sur la lecture de l'heure nettement supérieure dans le cas de l'arc (A).

Sur le tympan se trouve aussi (en rouge) un réseau de domification qui permet de déterminer les maisons astrologiques.

Le tracé est ici celui selon Régiomontanus (cas le plus fréquent sur les astrolabes). Quelle que soit la technique utilisée, Placidius, Campanus... l'horizon et le méridien demeurent communs, donc rien ne change au niveau de l'ascendant, de l'occident, des milieux et fond de ciel. A une position donnée, le réseau va indiquer les cuspidés des maisons du zodiaque. Sur certains modèles d'astrolabes, une correspondance signe et longitude écliptique se trouve autour de la rose des vents au dos.

A condition d'avoir le tympan de la bonne latitude, un simple réglage de l'heure locale de naissance face à la date permet d'obtenir l'ascendant et la domification d'un thème. En fait, l'instrument ne fait que déterminer une position apparente actuelle de la voûte étoilée qui différera de la position traditionnelle.

Au dos de l'instrument se trouvait traditionnellement un calendrier zodiacal qui ne se justifie pas ici car un calendrier moyen se trouve sur la face. Ce choix est dicté par une plus grande facilité d'utilisation.

Le dos (figure 4) est muni de l'alidade qui avec ses

deux pinnules trouées permet d'effectuer des visées de hauteur apparente (ou distance zénithale pour le Soleil).

On opère en visée directe pour les étoiles ou en projetant le rai de lumière du premier trou sur le second pour le Soleil. La lecture s'effectue sur les deux quarts de graduations qui occupent la partie supérieure du limbe.

Le carré des ombres (avec un report des graduations sur le demi limbe-inférieur) correspond en fait aux tangentes et cotangentes et permettait de déterminer la hauteur d'un édifice par son ombre portée ou de déterminer la distance d'un repère à partir d'une base connue.

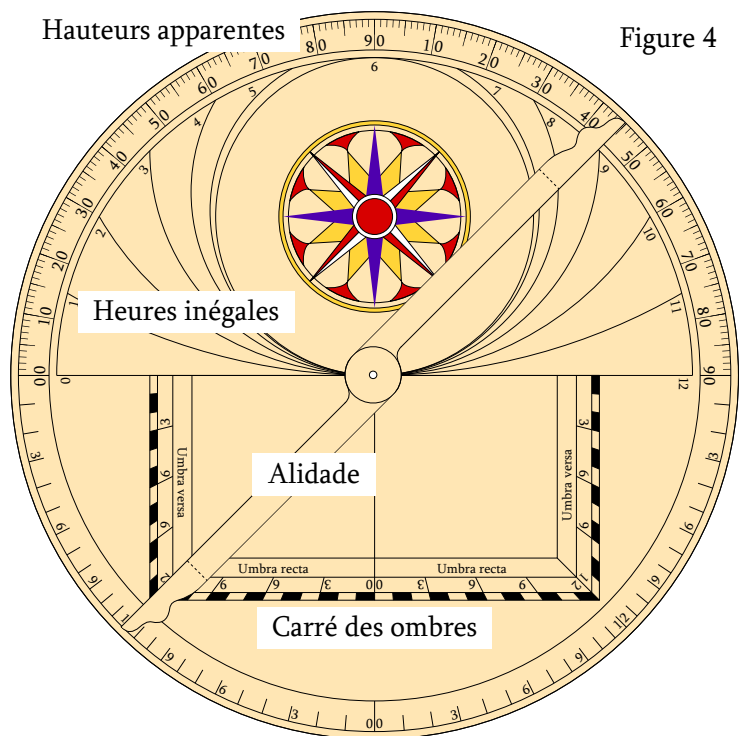


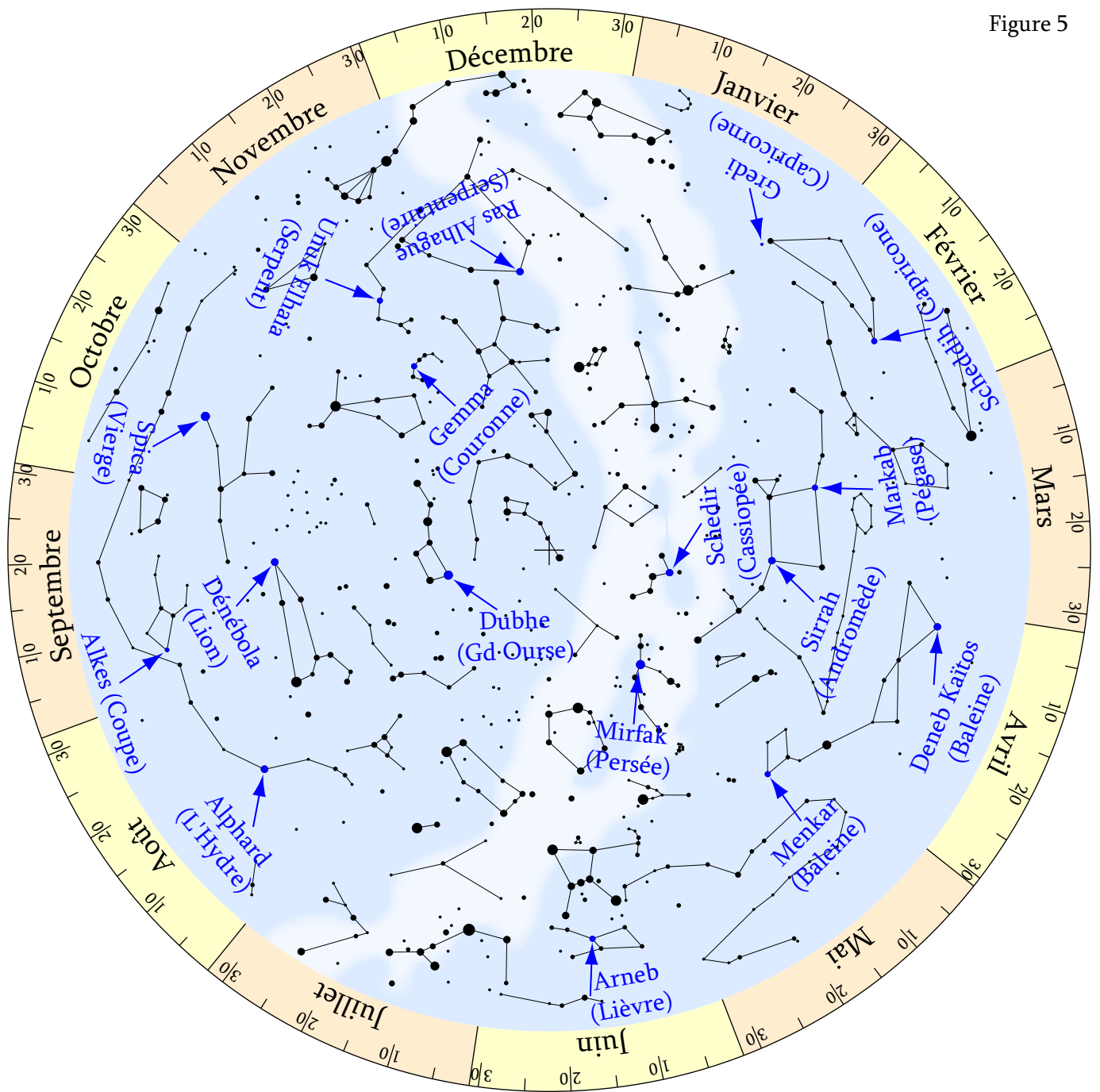
Figure 4

La graduation des heures inégales permettait de trouver l'heure dans ce système. Les heures inégales, dites aussi temporaires, correspondaient à un découpage régulier dans les intervalles du lever et du coucher du Soleil. Elles étaient donc de durées inégales en fonction de la saison.

La carte, (figure 5) permet de situer dans le ciel les étoiles les moins connues.



Figure 5





## Les temps du Soleil :

1/ Le temps solaire vrai est basé sur la position variable du Soleil pendant la journée. En particulier, «midi vrai» (0 heure) marque l'instant où le Soleil est au plus haut de la journée.

2/ Le temps solaire moyen, est le temps solaire vrai, corrigé de ses irrégularités, dues au fait que la Terre décrit une ellipse dans un plan incliné sur l'équateur. La somme de deux effets conduit à une correction nommée «équation du temps».

Le temps solaire moyen = temps solaire vrai  
+ équation du temps.

A midi vrai, le temps solaire moyen sera donc d'environ + 13,6 min en début février, et environ - 16,4 min en début novembre.

Pour éviter que le changement de date se fasse à midi en plein jour, on a introduit le temps solaire civil = temps solaire moyen + 12 heures (donc midi se passe vers 12 h et non 0 h).

3/ Le temps universel permet d'unifier le temps sur la Terre. En effet, les temps vrai, moyen, civil, sont

des temps locaux, correspondant à l'observation du Soleil depuis un certain lieu. Or, il n'est pas midi en même temps à Paris et à New York. On a donc défini un temps «origine», appelé «temps universel» (U.T.) : c'est le temps civil de Greenwich. Pour relier le temps civil local au U.T., il faut le corriger de la longitude.

4/ Le temps légal (celui de nos montres) est égal au U.T. auquel on a ajouté 1 h en hiver et 2 h en été.

La figure 6 récapitule de façon synthétique les opérations à effectuer pour obtenir l'heure correspondant à chaque usage.

La flèche de gauche dirigée vers le bas visualise le déroulement des opérations entre l'heure de la montre et celle d'un cadran solaire. Les signes indiquent les sens de correction. La longitude est à lire sur une carte ou un atlas. Pour la correction de l'équation du temps, la date de l'observation est à prendre en compte.

La flèche de droite décrit le scénario pour obtenir l'heure de la montre à partir de celle lue sur un cadran solaire.

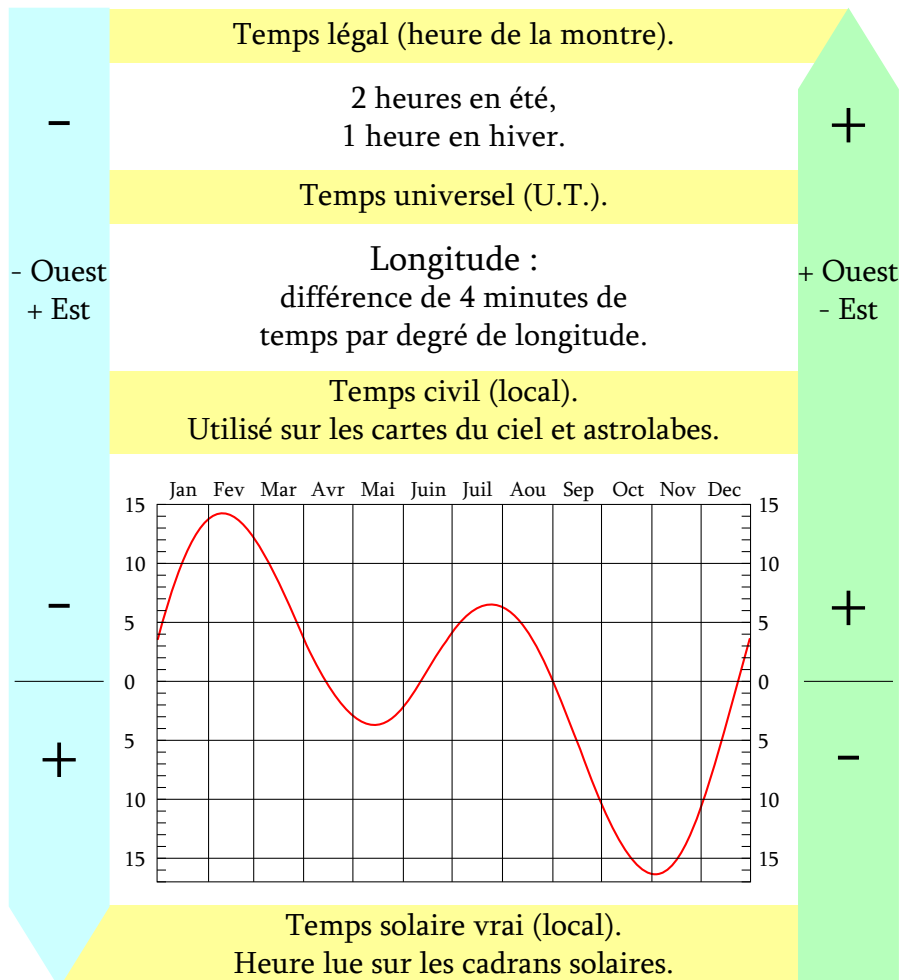


Figure 6