

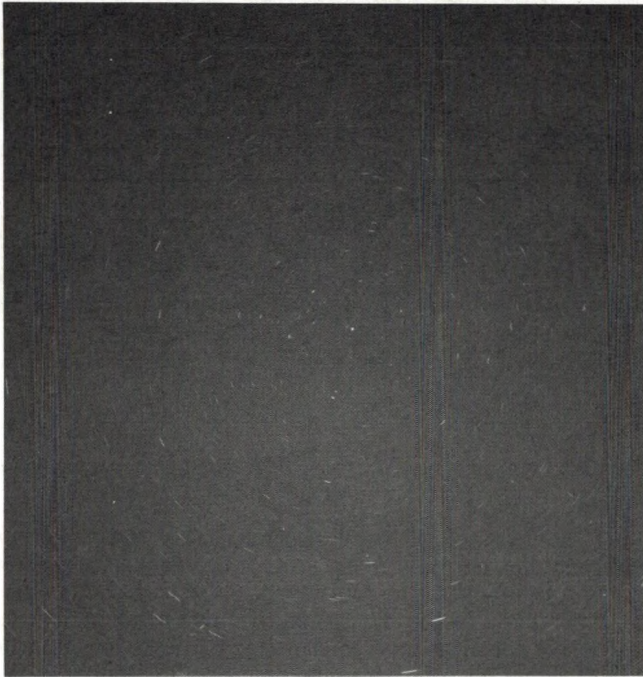
---

## Mouvement du ciel et position du pôle

---

### *La rotation diurne*

Le Soleil, la Lune et tous les astres participent au carrousel général de la voûte céleste. C'est la rotation de notre globe autour de son axe qui imprime ce mouvement apparent. Une photographie de la région du pôle céleste (autour de l'étoile polaire), réalisée avec une pose d'au moins quelques minutes met en évidence ce phénomène de façon très spectaculaire.

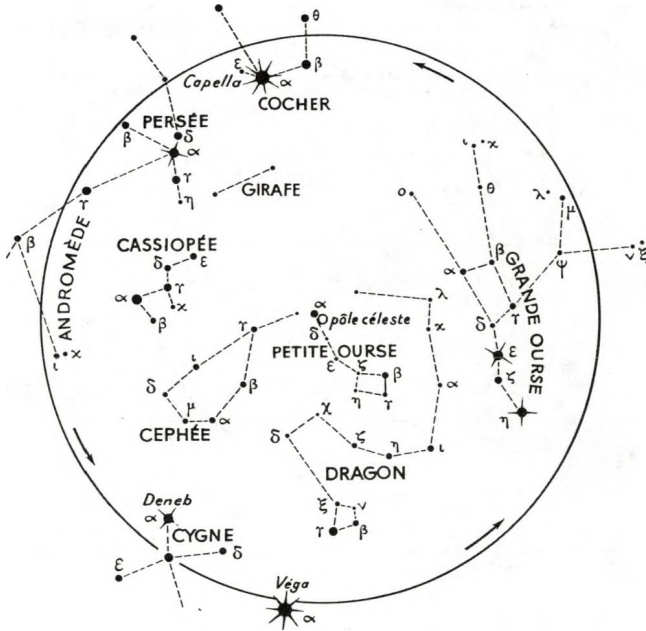


Rotation des étoiles autour du pôle nord. Pose de dix minutes.

L'axe de la Terre, prolongé dans l'espace semble indiquer la direction d'une étoile de deuxième grandeur dans la Petite Ourse, l'étoile polaire. Elle est si proche du pôle qu'un observateur attentif ne peut distinguer son mouvement en

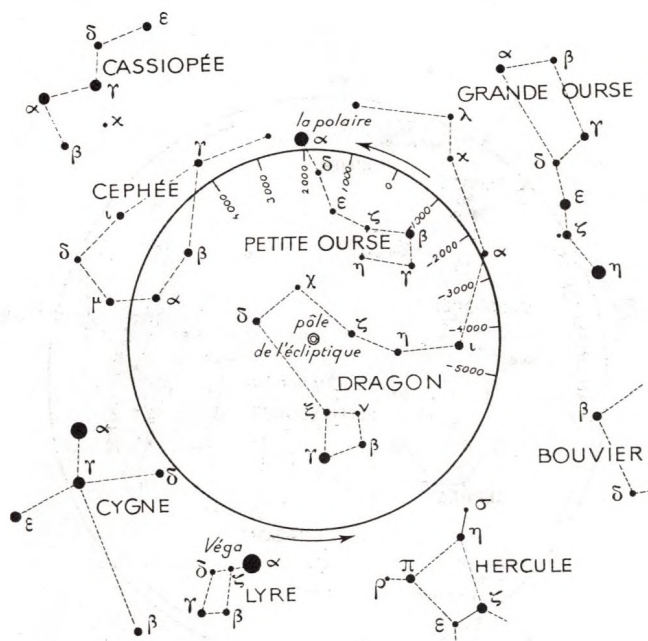
quelques heures. A moins qu'il ne dispose d'un télescope fixe. Il verra alors que peu à peu l'étoile polaire sortira du champ de visée. Ce mouvement est décelable aussi sur une photographie à longue pose, comme celle que nous avons présentée.

Si l'on s'écarte du pôle, les cercles décrits par les astres dans leur mouvement diurne seront de plus en plus larges, jusqu'à passer par un maximum pour les objets situés près de l'équateur. Auparavant on se sera aperçu que l'on ne peut plus voir l'entièreté du mouvement. A partir d'une certaine distance au pôle les étoiles descendent sous l'horizon pendant une partie de leur trajectoire. Elles se couchent et se lèvent une fois par jour, comme le Soleil. Les étoiles proches du pôle, qui ne se couchent jamais sont appelées *circumpolaires*. La carte ci-jointe montre quelles sont les étoiles circumpolaires brillantes dans nos régions. Un habitant du pôle nord ne verrait que des étoiles circumpolaires. Il aurait le pôle au-dessus de lui et les étoiles resteraient toujours à la même hauteur au-dessus de l'horizon. Par contre, près de l'équateur, l'étoile polaire serait à l'horizon et il ne resterait pratiquement pas d'astres circumpolaires.



**Carte des étoiles circumpolaires pour la latitude de Paris.**  
(*Astronomie Populaire*, éd. Flammarion, 1955.)

Pourquoi l'étoile polaire n'est-elle pas exactement sur le pôle? Cela aurait été un hasard extraordinaire. En fait on devrait plutôt se demander pourquoi elle en est aussi proche. Il y a mille ans elle était d'ailleurs beaucoup plus loin. Il se fait que l'axe de la Terre n'est pas fixe. Il est animé lui-même d'un mouvement très lent qui le fait pointer successivement vers tous les points d'un cercle que l'on peut tracer sur une carte céleste. Le cercle complet est décrit en 26.000 ans. Sur le dessin de l'*Astronomie Populaire* on peut voir les positions occupées au cours des millénaires. En 2.500 avant JC, le pôle était près de  $\alpha$  du Dragon, en l'an 4.000 de notre ère il ne sera pas très éloigné de  $\gamma$  de Céphée. Véga elle-même était étoile polaire voilà 14.000 ans, et le sera à nouveau dans 12.000...



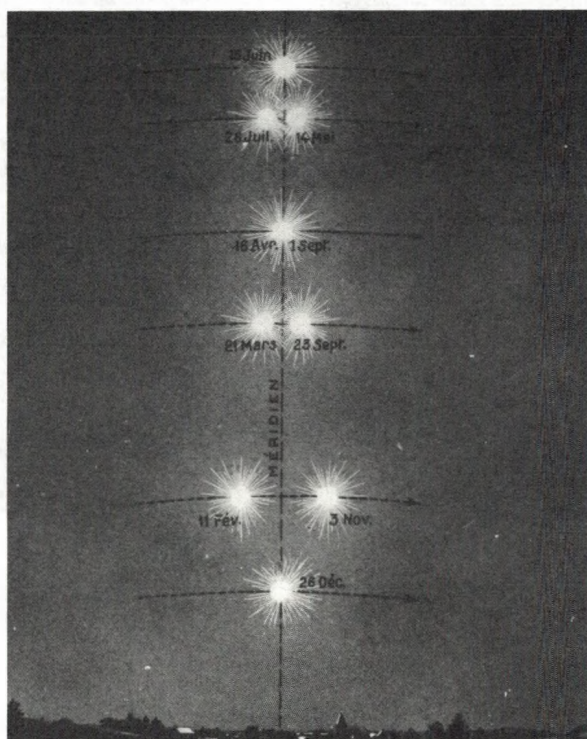
Trajectoire apparente du pôle nord sur la voûte céleste. On voit que l'étoile polaire est proche du pôle vers l'an 2000,  
(Astronomie Populaire, éd. Flammarion, 1955.)

Le mouvement du ciel constitue une horloge gigantesque qui de tous temps à servi à régler la vie sur Terre par l'alternance des jours et des nuits. Pour mesurer plus finement l'heure de la journée, l'homme a inventé le cadran solaire.

### Le cadran solaire

Dans un cadran solaire on utilise simplement le mouvement de l'ombre d'un bâton pour évaluer l'heure. Si le soleil suivait toujours le même chemin dans le ciel, l'ombre passerait régulièrement au même endroit tous les jours à la même heure. On conçoit donc qu'il suffirait de tracer des marques correspondant à chaque heure pour avoir une horloge précise, économique et indérégable (sauf par mauvais temps). Les problèmes surgissent lorsque l'on se rend compte que le Soleil n'a pas une trajectoire fixe. En été il est très haut dans le ciel, en hiver il est très bas. Les ombres ne passeront donc pas au même endroit. De plus, on peut constater que tantôt il est en avance et tantôt en retard sur son mouvement

«moyen». Cet écart peut atteindre plus de 16 minutes d'avance en novembre et 14 de retard en février. Le dessin suivant nous montre ainsi que le Soleil se trouve à des positions très différentes à midi, à divers moments de l'année.



Position du Soleil à midi, à différentes époques de l'année.  
(*Astronomie*, éd. Larousse, 1948.)

On peut tenir compte de ces complications. C'est ainsi qu'est née toute une technique des cadrans solaires, la *gnomonique*. Nous n'allons pas rentrer dans les détails de ce sujet qui fera, espérons-le, l'objet de discussions plus détaillées dans notre bulletin.

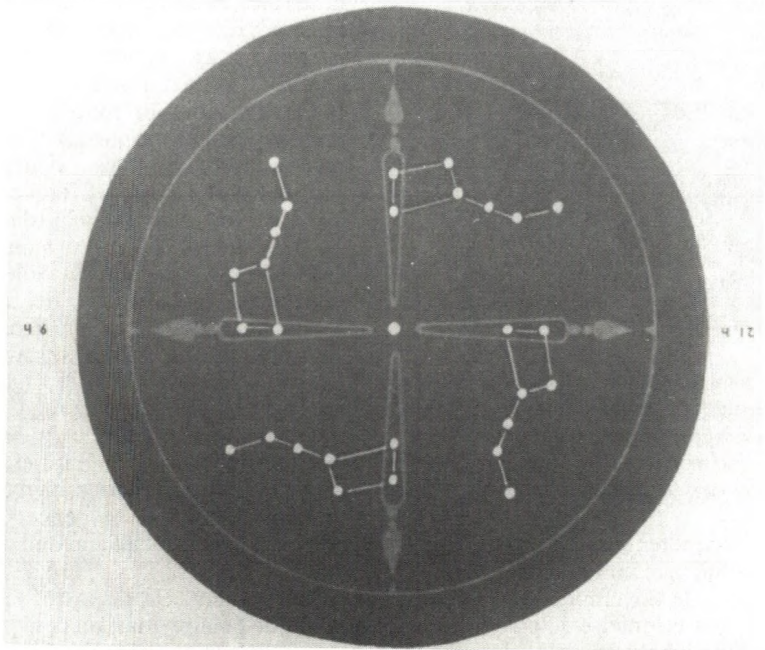
### *Un cadran stellaire*

Un défaut incontestable du cadran solaire est de ne pouvoir donner l'heure pendant la nuit. Pour déterminer les quarts à bord des navires de l'époque de Magellan et Colomb, on utilisait un «cadran stellaire».

Bien sûr aucune étoile ne projette d'ombre suffisamment distincte pour permettre d'appliquer le principe du cadran solaire. La luminosité des étoiles se combine en une clarté diffuse du ciel nocturne et ne crée aucune ombre nette.

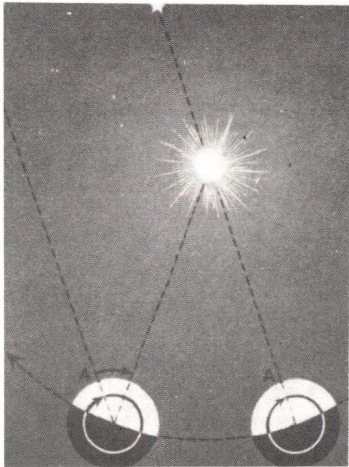
Seuls quelques rares objets projettent une ombre: la Lune naturellement, Vénus, et, plus faiblement, Jupiter. Les mouvements de la Lune et des planètes sont complexes, ne se reproduisent pas régulièrement d'année en année. Ces astres ne sont pas toujours visibles. Il est donc clair qu'un cadran lunaire ou vénusien serait peu pratique.

Pour comprendre le principe d'un cadran stellaire, il suffit de regarder le mouvement d'une constellation comme la Grande Ourse au cours d'une nuit. Avec un peu de patience on s'aperçoit qu'elle décrit un arc de cercle autour de l'étoile polaire. En vingt-quatre heures elle sera revenue à sa position de départ.



**Positions successives de la Grande Ourse, le 15 juillet, à des heures différentes (de jour comme de nuit...).**  
(Illustration de J. Polgreen dans *Astronomie* de R.W. et G. Ames, éd. Simon and Schuster, 1955.)

Ce mouvement est très régulier puisque c'est simplement celui de la Terre qui se répercute sur la voûte du ciel. En une heure la Grande Ourse décrit un vingt-quatrième de tour, soit 15 degrés. L'angle dont tourne la constellation permet donc la mesure du temps. Il suffirait donc de tenir à bout de bras un rapporteur, centré sur l'étoile polaire, pour calculer l'heure.



**Jour solaire et jour sidéral.** Par suite du mouvement de la Terre autour du Soleil, la position apparente des étoiles par rapport à celui-ci se modifie de jour en jour. (*Astronomie*, éd. Larousse, 1948.)

En pratique cela est un peu plus compliqué. Tout d'abord il faut assurer un certain éclairage pour lire les graduations. Ensuite nous avons vu que l'étoile polaire n'est pas exactement le centre de rotation du ciel. Elle est à environ 50 minutes d'arc du pôle nord (près de deux fois le diamètre de la Lune). Elle participe donc elle aussi au mouvement général et décrit un cercle de cent minutes de diamètre. Finalement, le tour complet ne s'effectue pas en vingt-quatre heures, mais en vingt-trois heures et cinquante-six minutes. C'est ce qu'on appelle un jour sidéral (du latin «sidus», pour étoile). Le temps des étoiles n'est pas celui du Soleil. La différence quotidienne de quatre minutes ne paraît pas énorme, mais s'accumulant au fil des semaines et des mois, elle suffit à faire gagner un jour par ans au temps sidéral. Chaque mois, ce sont deux heures que les étoiles grignotent au soleil. Les cartes centrales de notre bulletin mensuel mettent cela bien en évidence.

On peut tenir compte assez simplement de ces effets dans un appareil un peu plus évolué que notre rapporteur. La photo et les schémas ci-joints, tiré de *Sky & Telescope* de novembre 1984 montrent un tel instrument. Un dispositif optique assure la visée précise du pôle (on vise en fait l'étoile polaire, mais un petit prisme corrige de l'écart au pôle). Les graduations ne sont pas en vingt-quatrièmes de 360° (de 15° en 15°), mais sont légèrement agrandies pour tenir compte de la différence entre temps sidéral et temps civil. Vingt-quatre heures civiles font ainsi presque 361°.

Il ne suffit pas de mesurer un angle, c'est-à-dire un intervalle de temps, mais il nous faut une référence: il faut connaître l'heure à laquelle la constellation passe exactement au-dessus du pôle (on dit au «méridien»). Cela est bien connu des astronomes, et on peut en tenir compte au moyen de cercles gradués concentriques au rapporteur et que l'on règle de jour en jour. La photo montre comment la mesure s'effectue en pratique. Un fil à plomb permet de bien aligner l'appareil avec le méridien. Le choix d'une étoile de la Grande Ourse n'est pas obligatoire. L'idéal est même de prévoir l'utilisation avec des étoiles différentes selon l'heure ou la saison. Ainsi E.L. Merritt qui a réalisé l'instrument que nous montrons emploie des étoiles de la Grande et de la Petite Ourse ainsi que de Cassiopée.



Soyons réalistes, l'utilisation de ce cadran stellaire n'est pas des plus commodes. Heureusement ce n'est pas le seul appareil utilisé pour mesurer le temps des étoiles. Dans un numéro ultérieur de *Sky & Telescope* (Feb. 84), H.R. Mills décrit un gadget astucieux, utilisant le fait que la ligne joignant les étoiles Caph ( $\beta$  de Cassiopée) et Phecda ( $\gamma$  de la Grande Ourse) passe pratiquement par le pôle nord (à  $1^{\circ}26'$ ). La direction entre les deux étoiles sera la gigantesque aiguille de notre horloge.

Cette aiguille sera réalisée en un matériaux transparent comme le Plexiglas. On aligne la direction 0-12 du cadran selon la verticale, et on vise l'étoile polaire au moyen du tube central. Il suffit alors de diriger la pointe de l'aiguille vers Caph. Remarquons que l'autre extrémité sera automatiquement alignée sur Phecda. Pour une utilisation confortable de l'appareil il est souhaitable de le fixer sur une monture stable (trépied d'appareil photo ou de lunette, par exemple). L'heure sidérale est lue directement sur les graduations du cadran. Connaissant le temps sidéral on peut alors calculer le temps du soleil.



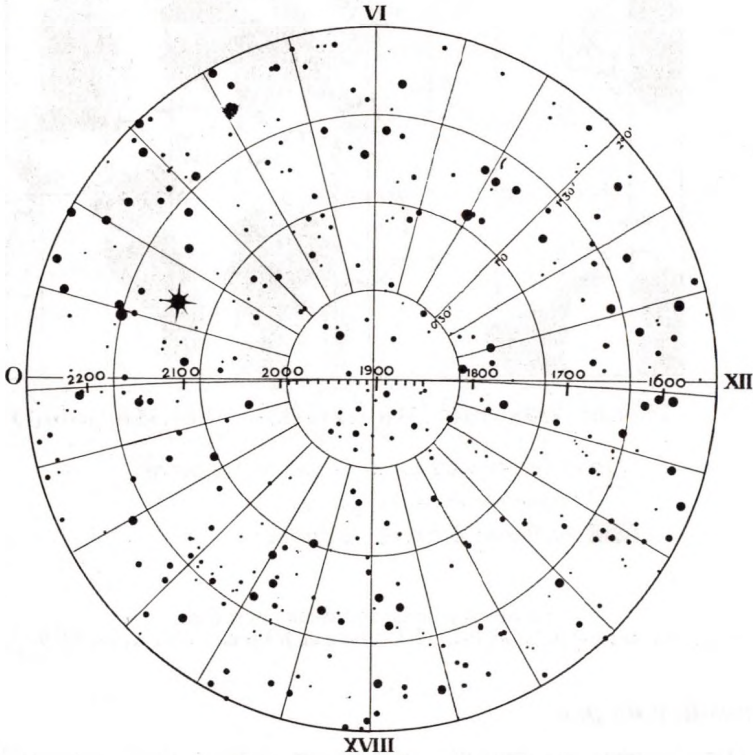
Le nomogramme ci-dessus permet de réaliser cette conversion très aisément. On trace un trait rectiligne entre la date (échelle de droite) et le temps sidéral mesuré (échelle de gauche). L'échelle centrale donne l'heure locale moyenne, qu'il faudra ensuite corriger d'une heure en hiver et de deux en été, car notre temps légal prend quelques libertés avec le Soleil. Les puristes verront le besoin d'une correction supplémentaire selon le lieu d'observation. En effet le temps solaire varie avec la longitude, alors que le temps civil est le même, conventionnellement, pour tout un *fuseau horaire*.

Disons, approximativement, que si l'on se trouve au centre d'un fuseau horaire cette correction supplémentaire sera minime, tandis que si l'on est à la limite entre deux fuseaux elle atteindra une demi-heure. Mais c'est là sans compter avec les réalités de la géographie. Les fuseaux ne sont pas régulièrement espacés et suivent habituellement les contours des états. Heureusement il suffit de calculer une fois pour toutes cette correction. Ainsi pour la région de Liège, dont la longitude est de  $5^{\circ}33'$  vers l'est, on peut trouver qu'elle est de l'ordre de 22 minutes de temps (qu'il faut retrancher). Lorsque l'on a obtenu l'heure locale moyenne à Liège, on y ajoute donc 38 minutes (1 heure moins 22 minutes) en hiver et 1h38 (2 heures moins 22 minutes) en été. Chacun pourra même modifier le nomogramme pour y indiquer l'heure d'été ou l'heure d'hiver de sa région.

### ***La position du pôle***

Dans les deux appareils décrits ci-dessus, la visée s'effectue vers l'étoile polaire, mettant à profit sa proximité du pôle nord. Nous avons vu qu'un écart sensible existait cependant entre la direction de cet astre et l'axe de la Terre. La carte ci-jointe, à très grande échelle, montre les positions successives occupées par le pôle entre 1600 et 2200. L'étoile brillante au-dessus de la graduation 2100 est l'étoile polaire,  $\alpha$  de la Petite Ourse. Les cercles concentriques sont distants de 30 en 30 minutes d'arc. Dans le premier cas envisagé, cet écart est corrigé par un petit prisme qui dévie les rayons lumineux en provenance de l'étoile polaire d'un angle exactement égal à sa distance au pôle, et cela dans la bonne direction. La lunette de visée est donc pointée automatiquement vers le nord vrai, alors que l'on regarde l'étoile polaire. Dans le second cas aucune correction n'est faite car ce qui compte est la direction entre deux autres étoiles, et cette direction n'est que

peu influencée par la façon dont on tient le cadran pointé vers le nord. Rien n'empêcherait cependant d'introduire un prisme ayant la bonne orientation et la bonne ouverture, dans le tube de visée, afin de pointer exactement le nord.



Position du pôle nord parmi les étoiles,  
entre 1600 et 2200. (*Astronomie*, éd. Larousse, 1948.)

Dans chacun des cas cela nous fournit donc un moyen précis de déterminer la direction de l'axe du globe. Or cette direction est fondamentale dans un problème bien particulier des astronomes, la «mise en station» d'un télescope. Pour compenser la rotation du ciel, les télescopes sont entraînés autour d'un axe parallèle à celui de la Terre, par un petit moteur. Il faut être bien attentif au parallélisme de l'axe afin de bien suivre le mouvement des étoiles. L'utilisation d'un dispositif tel que ceux que nous avons décrits peut donc être très utile pour la mise en station initiale d'un instrument d'observation. Cette question sera reprise dans un prochain article décrivant des réalisations pratiques d'amateurs.