2 LE CIEL ÉTOILÉ

Alpha du Centaure est un système de deux étoiles formé d'une étoile ayant une magnitude de 0,01 et d'une étoile ayant une magnitude de 1,33. À l'œil nu, on ne peut pas voir les étoiles séparément et voit le système comme s'il s'agissait d'une seule étoile. Quelle est la magnitude totale de ce système ?

scienceblogs.com/startswithabang/2011/03/28/do-you-know-your-nearest-star/

Découvrez comment résoudre ce problème dans ce chapitre.

2.1 LES CONSTELLATIONS

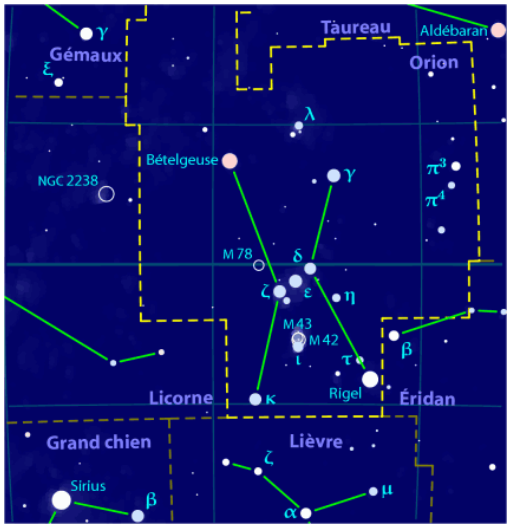
Qu'est-ce qu'une constellation ?

On pourrait penser qu'il y a beaucoup d'étoiles dans le ciel, mais, dans les meilleures conditions, on peut voir, à l'œil nu, environ 6000 étoiles dans le ciel. Comme un observateur ne peut voir qu'une seule moitié du ciel à la fois, il peut voir environ 3000 étoiles en même temps dans le ciel. Évidemment, il y a beaucoup plus d'étoiles, mais il faut utiliser un télescope pour les voir.

Pour faciliter le repérage des étoiles et des autres objets dans le ciel, on les a regroupés en constellations. Le ciel est ainsi séparé en 88 constellations. Une constellation regroupe des étoiles qui sont dans la même région du ciel et il y a des frontières très précises qui délimitent les constellations.

Sur l'image de droite, on voit la région du ciel qui fait partie de la constellation d'Orion. On peut voir (en pointillé jaune) les limites de cette constellation.

Les constellations ne couvrent pas toutes des régions de même grandeur dans le ciel, elles sont de tailles très variables.



commons.wikimedia.org/wiki/File:Orion_constellation_map-fr.png

Les constellations portent souvent des noms évocateurs comme le Lion, la Grande Ourse, le Taureau ou l'Aigle. Généralement, ces noms ne signifient pas grand-chose, car il est pratiquement impossible de voir l'objet, l'animal ou le personnage en question dans les étoiles de la constellation.

Par exemple, l'image de gauche montre la partie du ciel qui fait partie de la constellation du Taureau. Pas évident d'y voir un taureau.

L'étoile rouge la plus brillante (Aldébaran) est censée être l'œil du taureau…

www.astrosurf.com/astro-clic/les_constellations.htm

Quelques constellations remarquables

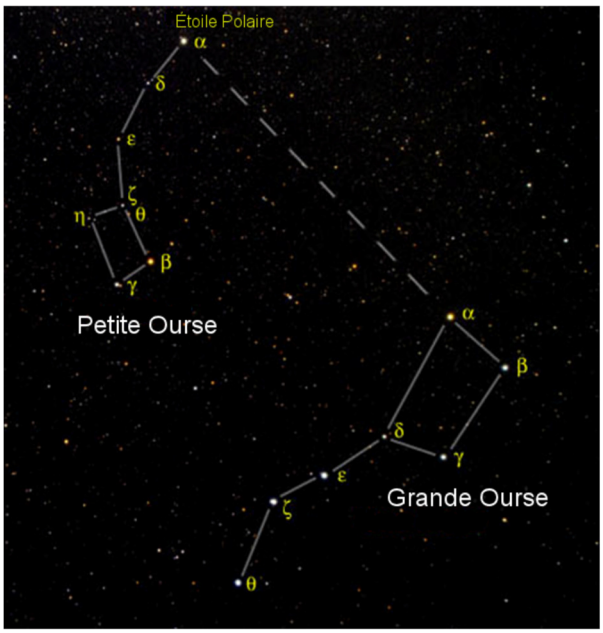
Il peut être utile de reconnaitre quelques constellations qu'on peut voir dans le ciel du Québec.

Tout au long de l'année, on peut voir la Grande Ourse et la Petite Ourse. Ces constellations sont dans la région du ciel montrée sur la figure de droite.

Pas facile de voir les ourses…

www.allthesky.de/various/umaumi.html

C'est un peu plus facile à voir si on trace les lignes suivantes.



www.allthesky.de/various/umaumi.html

Les étoiles les plus brillantes de la Grande Ourse dessinent une forme qui ressemble davantage à un chaudron qu'à une ourse, mais bon… La Petite Ourse est plus difficile à repérer, car il y a peu d'étoiles brillantes dans cette constellation. Les étoiles un peu plus brillantes de cette constellation dessinent aussi un genre de chaudron. Au bout de la poignée de ce chaudron, on retrouve Polaris (l'étoile Polaire). Cette étoile est plus facile à trouver en partant des deux étoiles qui forment le côté opposé à la poignée du chaudron de la Grande Ourse (α et β sur la figure) et en prolongeant la ligne qui relie ces deux étoiles comme sur la figure. Cette ligne arrive sur Polaris.

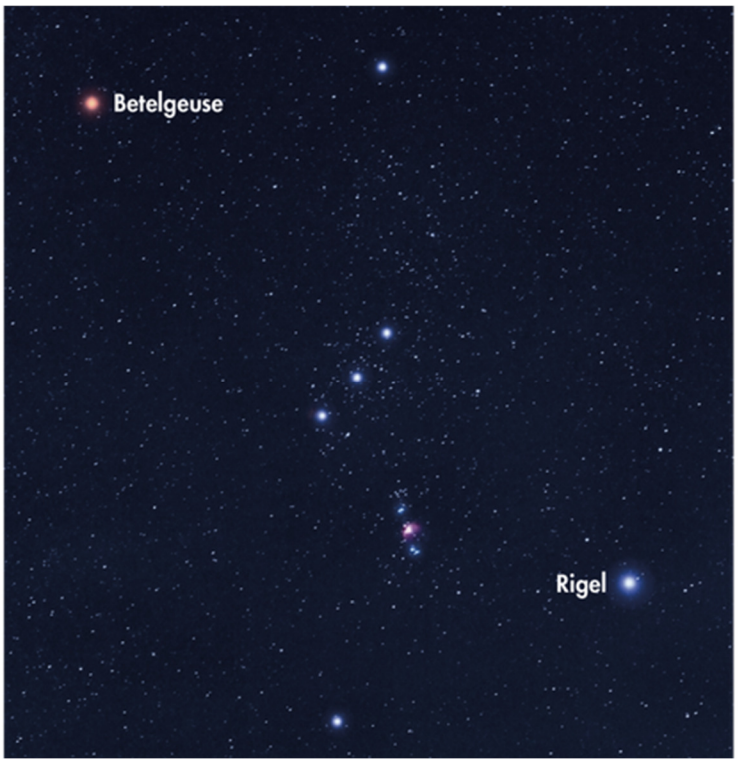
Sachez qu'il y a une autre constellation, la constellation du Serpent, qui passe entre la Grande et la Petite Ourse.

Voici maintenant la constellation de Cassiopée.

starregistration.net/constellations/cassiopeia-constellation.html

Elle se reconnait par le genre de W que forment les étoiles les plus brillantes de la constellation.

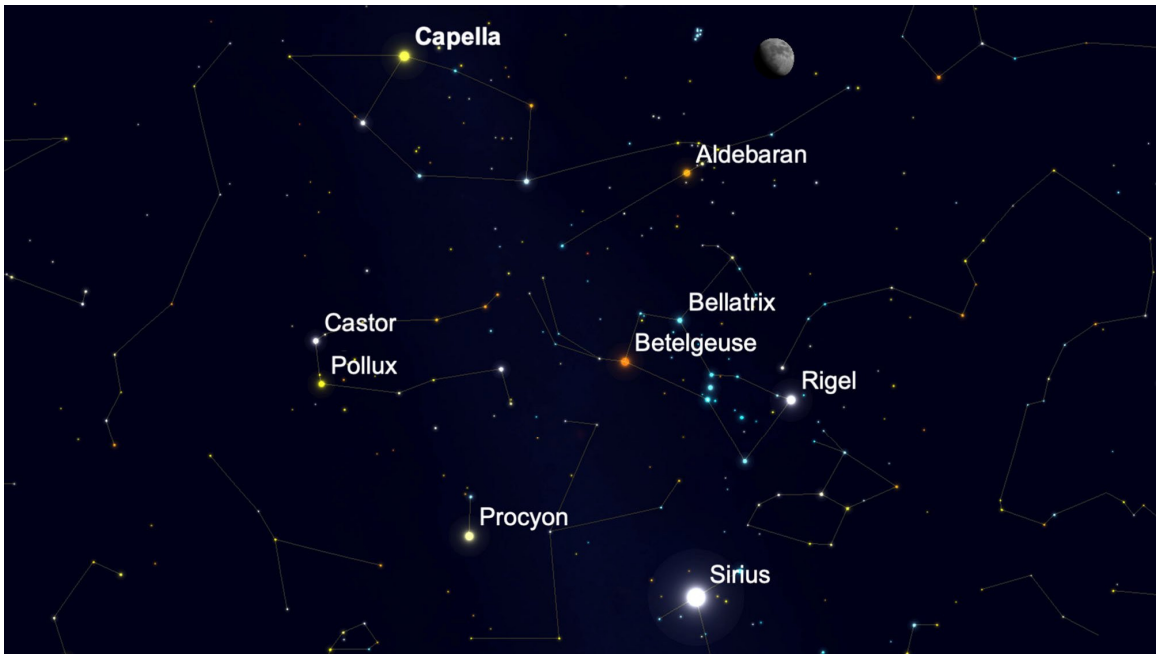
L'hiver, on peut voir la magnifique constellation d'Orion.



www.skyatnightmagazine.com/advice/skills/orion-constellation-best-targets-observe/

Il y a deux étoiles très brillantes dans cette constellation : Bételgeuse dont nous reparlerons souvent et Rigel.

Pas très loin d'Orion, on retrouve plusieurs étoiles brillantes dont l'étoile la plus brillante du ciel : Sirius.



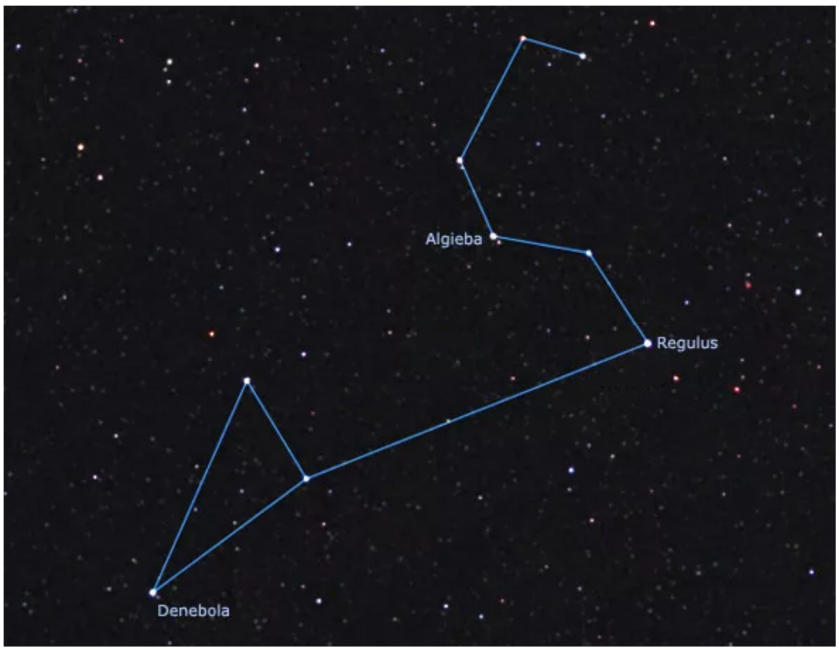
45secondes.fr/comment-voir-le-grand-hexagone-des-etoiles-dhiver-brillantes-ce-week-end/

La constellation du Scorpion est peut-être une des rares qui ressemble à l'animal.

utahsadventurefamily.com/find-antares-and-the-scorpius-constellation-scorpio/

Elle est cependant difficile à voir à partir du Québec. On peut la voir l'été au sud, près de l'horizon, mais il manque une partie de la queue du scorpion.

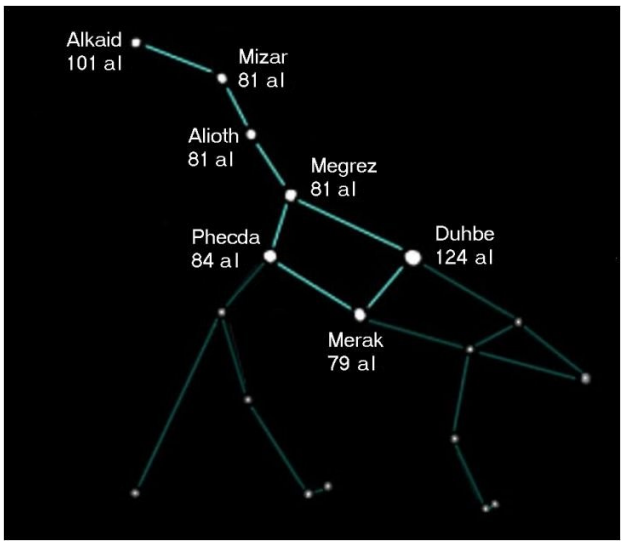
On peut aussi déceler une forme de lion dans la constellation du Lion



www.space.com/5182-leo-lion.html

Les constellations ne sont pas un vrai regroupement d'étoiles

Même si les étoiles d'une constellation forment un regroupement dans le ciel, cela ne veut pas dire que ces étoiles forment un véritable groupe d'étoiles. En effet, voici ce qu'on obtient si on mesure la distance des étoiles de la Grande Ourse.



www.pinterest.com/missjoseyposey/ursa-major/

Les distances sont données en années-lumière. Une année-lumière est la distance parcourue par la lumière, qui se déplace à 299 792,458 km/s, en une année. Cette distance est donc

$$d = vt$$

$$d = 299\,792,458 \frac{km}{s} \cdot \left(1an \cdot 365,25 \frac{jours}{an} \cdot 24 \frac{h}{jour} \cdot 60 \frac{min}{h} \cdot 60 \frac{s}{min}\right)$$

$$d = 9\,460\,700\,000\,000 km$$

Si une étoile est à 101 al, cela veut dire que ça prend 101 ans pour que la lumière voyage de l'étoile jusqu'à nous. Cela signifie aussi que la lumière qu'on reçoit aujourd'hui de cette étoile est partie de celle-ci il y a 101 ans et qu'on voit donc l'étoile telle qu'elle était il y a 101 ans. Plus on observe quelque chose de lointain, plus on le voit tel qu'il était dans le passé. Plus tard, on verra que l'objet le plus lointain qu'on peut voir à l'œil nu dans le ciel est à 2,5 millions d'années-lumière. On voit donc cet objet tel qu'il était il y a 2,5 millions d'années. Réciproquement, s'il y a des extraterrestres qui vivent à 101 al de nous et qu'ils regardent la Terre avec un télescope, ils voient la Terre telle qu'elle était il y a 101 ans.

Revenons maintenant à notre constellation de la Grande Ourse. Avec les distances, on voit maintenant que ces étoiles ne sont pas véritablement ensemble. Bien que ce soit possible à l'occasion que des étoiles soient à la même distance, comme c'est le cas pour Mizar et Alioth dans la Grande Ourse, les étoiles des constellations sont généralement à des distances différentes et elles ne sont donc pas vraiment près les unes des autres. Elles forment une constellation simplement parce qu'elles sont dans la même direction vue de la Terre. Si on regardait les mêmes étoiles à partir d'une autre planète tournant autour d'une autre étoile, les constellations seraient toutes différentes.

Les constellations ne correspondent donc pas à des structures réelles. Elles ne sont qu'une séparation arbitraire du ciel qui nous aide à nous repérer.

2.2 LA NATURE DES ÉTOILES

Ce ne fut pas facile d'identifier ce qu'est exactement une étoile. Ce ne sont que des points lumineux et elles restent de simples points lumineux même avec les meilleurs télescopes.

Des points sur la sphère céleste

En regardant le ciel, on peut très bien imaginer que les étoiles sont toutes à la même distance autour de la Terre. Si c'était le cas, les étoiles seraient toutes sur une sphère entourant de la Terre.

C'est d'ailleurs ce qu'avaient imaginé les astronomes de l'Antiquité qui n'avaient aucun moyen de déterminer la distance des étoiles. Ainsi, dans les premiers modèles d'univers, les étoiles étaient fixées à une sphère entourant la Terre. Cette sphère portait le nom de *sphère céleste*. Dans certains modèles d'univers, les étoiles étaient des points lumineux fixés sur cette sphère. Dans d'autres modèles, les étoiles étaient de petits trous dans cette sphère qui permettaient de voir ce qu'il y avait de l'autre côté de la sphère. Comme on pensait que le monde des Dieux se trouvait de l'autre côté de la sphère, on affirmait qu'on voyait ce monde très lumineux à travers les trous dans la sphère céleste.

en.quetes.free.fr/archives/la_mer/articles/florent_lamerlenord.htm

D'autres soleils

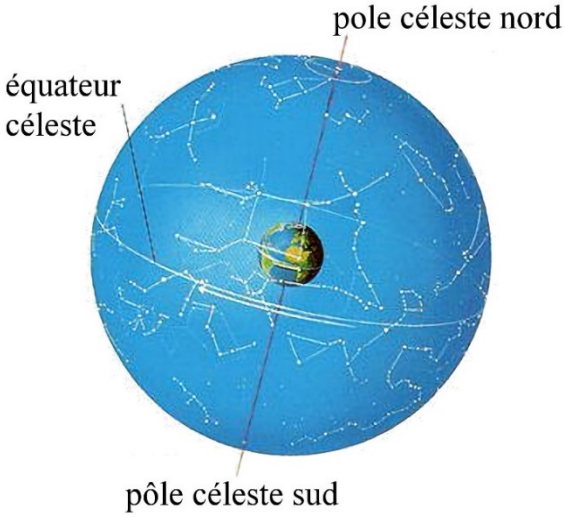
Un peu plus tard, on trouve une façon de mesurer la distance des étoiles (une méthode qu'on verra dans un chapitre ultérieur). Dès 1550 environ, cette méthode permet d'affirmer que les étoiles sont à plus de 0,3 al de la Terre. Cela signifie une chose : si les étoiles sont si éloignées et qu'on les voit quand même, c'est qu'elles doivent être très lumineuses. Elles doivent en fait être presque aussi lumineuses que le Soleil. Cela amène certains à conclure que les étoiles doivent être d'autres soleils. Les observations durant les siècles suivants ont effectivement confirmé que les étoiles sont comme le Soleil (mais pas exactement identiques au Soleil).

On voit donc apparaitre, à la fin du 16e siècle, l'idée que l'univers est infini et parsemé d'étoiles et que le Soleil n'est qu'une étoile parmi toutes ces étoiles. Ces idées, très controversées à l'époque, sont défendues principalement par Thomas Digges (1546-1595) et Giordano Bruno (1548-1600). (En fait, l'idée d'un univers infini n'était pas entièrement nouvelle puisque Nicolas de Cuse (1400-1464) l'avait émise auparavant. Ses arguments étaient cependant théologiques puisqu'il affirmait que l'univers devait être infini parce que la puissance de Dieu est infinie.)

À la fin du 17e siècle, presque tous acceptent l'idée que les étoiles étaient de nature identique au Soleil et plus personne ne croyait en l'existence de la sphère céleste.

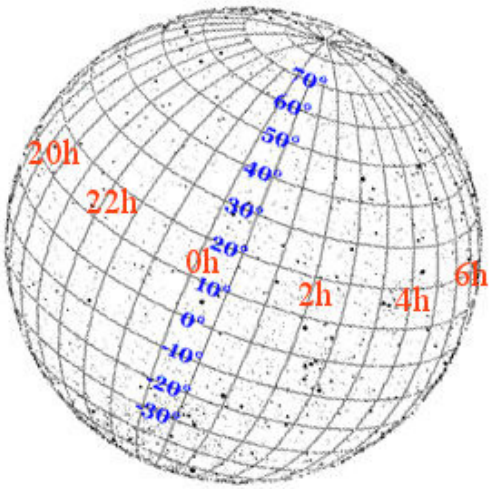
2.3 LA POSITION DES ÉTOILES

La sphère céleste reste cependant une abstraction très utile pour noter la position des étoiles. Pour donner la position, on trace des lignes sur cette sphère. Premièrement, on prolonge l'axe de la rotation de la Terre. Les deux points de croisement entre cet axe et la sphère sont les pôles célestes. Près du pôle céleste nord, on retrouve l'étoile Polaris.



À mi-chemin entre ces deux pôles, on retrouve l'équateur céleste. L'équateur céleste est en fait l'intersection entre la sphère céleste et le plan de l'équateur de la Terre.

Pour déterminer la position d'une étoile, on utilise premièrement l'équivalent de la latitude sur la sphère céleste. Cela veut dire qu'on donne l'angle entre l'équateur céleste et l'étoile. On obtient alors la *déclinaison* de l'étoile. La valeur est positive si l'étoile est dans l'hémisphère nord et elle est négative si l'étoile est dans l'hémisphère sud. Cet angle est donné en degrés, minutes et secondes. Une minute est 1/60e de degré et une seconde est 1/60e de minute.



nightinfocus.wordpress.com/tag/declination/

On utilise ensuite l'équivalent de la longitude. Pour y arriver, on doit utiliser un méridien de référence. Sur Terre, c'est le méridien passant par l'observatoire de Greenwich au Royaume-Uni qui sert de référence. Dans le ciel, le méridien de référence est celui passant par le point vernal, dont nous verrons la définition plus tard. On trace ensuite 23 autres méridiens uniformément séparés pour obtenir 24 méridiens appelés *heures*. Ces méridiens portent les valeurs de 0 h (référence), 1 h, 2 h, 3 h et ainsi de suite jusqu'à 23 h. L'espace entre ces méridiens est ensuite séparé par 60 autres méridiens appelés *minutes.* L'espace entre ces minutes est séparé ensuite également par 60 autres méridiens appelés *secondes.* La position mesurée avec ces méridiens s'appelle *l'ascension droite*.

Ainsi, la position de Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel, est

Ascension droite	6 h 45 min 8,9173 s
Déclinaison	-16° 42′ 58,017″

(′ est le symbole des minutes et ″ est le symbole des secondes.)

2.4 LE NOM DES ÉTOILES

Il existe plusieurs façons de nommer les étoiles.

Des noms particuliers

Les étoiles les plus brillantes du ciel ont reçu un nom particulier, souvent un nom dérivé de celui que leur avaient donné les Arabes au Moyen-Âge.

Les étoiles les plus brillantes portent des noms comme Sirius, Canopus, Arcturus, Véga, Rigel, Procyon, Achernar, Bételgeuse, Hadar, Capella, Altaïr, Aldébaran, Antarès, Pollux, Fomalhaut et Deneb. Seulement 313 étoiles ont un nom officiellement reconnu par l'union astronomique internationale.

En ordre de brillance dans la constellation (Désignation de Bayer)

Dans cette façon de nommer les étoiles, introduite par Johann Bayer en 1603, on classe les étoiles de la constellation en ordre de brillance et on les associe ensuite à l'ordre alphabétique grec.

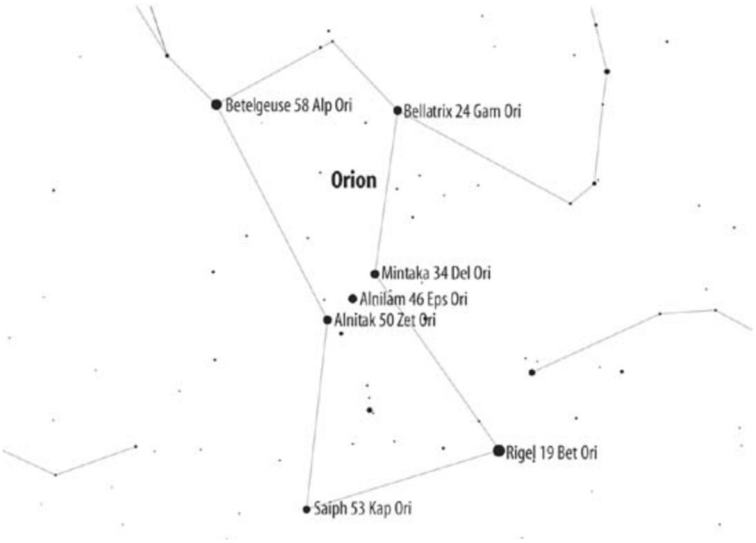
α	alpha	ν	nu
β	bêta	ξ	xi
γ	gamma	ο	omicron
δ	delta	π	pi
ε	epsilon	ρ	rhô
ζ	dzéta	σ	sigma
η	êta	τ	tau
θ	thêta	υ	upsilon
ι	iota	φ	phi
κ	kappa	χ	khi
λ	lambda	ψ	psi
μ	mu	ω	oméga

L'étoile la plus brillante de la constellation du Centaure est donc α *du Centaure*. La deuxième plus brillante est β *du Centaure*, la troisième plus brillante est γ *du Centaure*, et ainsi de suite. Parfois, on utilise le nom de la constellation en latin, ce qui donne α *Centauri,* β *Centauri*, γ *Centauri* et ainsi de suite. (En anglais, on utilise toujours ces noms en latin.)

Il y a cependant de nombreuses exceptions. Par exemple, l'étoile la plus brillante de la constellation d'Orion, Rigel, est β *d'Orion*, la deuxième plus brillante de la constellation du Grand Chien est ε *du Grand Chien* et la deuxième plus brillante de la constellation du Scorpion est… λ *du Scorpion* !

En ordre d'ascension droite dans la constellation (Désignation de Flamsteed)

Dans cette façon de nommer les étoiles, introduite par Flamsteed en 1712 (mais qui n'a été véritablement utilisée qu'à partir de 1783), chaque étoile de la constellation reçoit un numéro. Le numéro est donné en ordre d'ascension droite. Cela revient à assigner un numéro en donnant le numéro 1 à l'étoile la plus à droite dans la constellation et le dernier numéro à l'étoile la plus à gauche. (Ce numéro dépend du nombre d'étoiles considérées dans la constellation. Pour Orion, par exemple, il y en a 75.) Voici les numéros de quelques étoiles importantes d'Orion.



flylib.com/books/en/3.311.1.31/1/

On voit bien que les numéros augmentent à mesure qu'on va vers la gauche.

Le nom de l'étoile est simplement le numéro suivi du nom de la constellation. Ainsi, Rigel est *19 d'Orion* ou *19 Orionis*.

L'attribution des numéros utilisée actuellement a été faite par Joseph Jérôme de Lalande en 1783 et 2554 étoiles furent ainsi numérotées. On l'utilise souvent pour les étoiles qui n'ont pas de désignation de Bayer. Par contre, elle est rarement utilisée pour les étoiles qui ont une désignation de Bayer.

Un système de numérotation identique, mais couvrant un plus grand nombre de constellations et plus d'étoiles par constellation a été fait en 1875 par Gould. Il s'agit de la désignation de Gould. On la note avec un numéro suivi d'un G. Par exemple, Rigel est *50 G d'Orion*, ou *50 G Orionis* dans la désignation de Gould. Elle est rarement utilisée.

Numéro de catalogue

De nombreux catalogues d'étoiles ont été faits depuis qu'Hipparque a fait le premier catalogue il y a près de 2000 ans. On désigne souvent les étoiles par le numéro de l'étoile dans le catalogue.

On identifie le nom du catalogue avec une abréviation. Les plus courantes sont

HD	Henry Draper (1918-1924, 225 300 étoiles)
HR	Harvard Revised (1908, 9096 étoiles)
BD	Bonner Durchmusterung (1859-1903 325 000 objets)
SAO	Smithsonian Astrophysical Survey (1966, 258 997 étoiles)
HIP	Hipparcos (1997, 100 000 étoiles)

Les numéros du catalogue BD sont un peu particuliers. Un numéro comme +35° 455 signifie que c'est l'étoile 455 du catalogue pour les étoiles se situant entre 35° et 36° de déclinaison.

Ainsi, l'étoile Bételgeuse porte aussi les noms suivants :

- α d'Orion ou α Orionis
- 58 d'Orion ou 58 Orionis (Flamsteed)
- 152 G d'Orion ou 152 G Orionis (Gould)
- HR 2061
- BD +7° 1055
- HD 39 801
- SAO 113271
- HIP 27 989

Ne croyez pas les sites internet qui vous disent que vous pouvez payer pour donner votre nom ou le nom de votre amoureux ou amoureuse à une étoile. Ces sites n'ont aucun lien avec l'union astronomique internationale qui donne les noms aux objets. Pour un montant d'argent, ils vont vous envoyer un beau certificat qu'ils ont fait eux-mêmes et qui n'a aucune valeur.

Les étoiles variables

Les étoiles variables sont des étoiles dont l'intensité n'est pas constante. La variation peut être périodique ou irrégulière. Évidemment, nous reviendrons plus tard sur les différentes

variantes d'étoile variable et sur les causes de telles variations. Pour l'instant, examinons simplement comment on nomme ces étoiles.

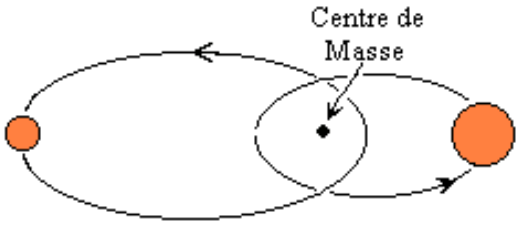
La première étoile variable découverte dans une constellation porte le nom de R suivi du nom de la constellation. Ainsi, la première étoile variable découverte dans la constellation de la Lyre porte le nom de *R de la Lyre* (ou *R Lyrae*). On utilise ensuite la suite des lettres de l'alphabet (S, T, U, V, W, X, Y et Z). Ensuite, on double les lettres pour faire RR, RS, jusqu'à RZ, puis SS, ST, jusqu'à SZ, puis TT, TU et ainsi de suite. Une fois arrivé à ZZ, on retourne au début de l'alphabet pour faire AA, AB jusqu'à AZ, BB, BC jusqu'à BZ, pour aller finalement jusqu'à QZ. (On n'utilise pas la lettre J parce qu'il y a possibilité de confusion avec I.) S'il y a d'autres étoiles variables dans la constellation, on va simplement les noter V335, V336, V337… avec le nom de la constellation. (On commence à 335 parce qu'on a pu faire 334 combinaisons avec les lettres.) Ainsi, nous rencontrerons les noms suivants pour des étoiles variables célèbres :

T du Taureau (T Tauri)
T de la Boussole (T Pyxidis)
RR de la Lyre (RR Lyrae)
V838 de la Licorne (V838 Monocerotis)
VY du Grand Chien (VY Canis Majoris)

Notez que certaines étoiles variables sont surtout connues sous leur nom d'étoile variable, comme T Tauri, alors que d'autres étoiles variables sont surtout connues sous un autre nom, comme Polaris.

Les étoiles multiples

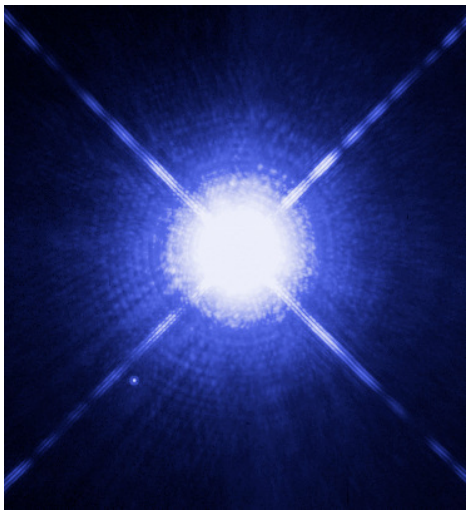
Une étoile double est formée de deux étoiles en rotation autour du centre de masse du système.



C'est un peu ce qu'on aurait obtenu avec le Système solaire si Jupiter avait eu une masse 100 fois plus grande. Jupiter serait alors une étoile et nous serions dans un système avec deux étoiles. L'animation suivante vous montre le comportement d'un système d'étoile double.
https://www.youtube.com/watch?v=erKViZx8Qsc

De tels systèmes d'étoiles doubles ne sont pas rares. Il y a encore beaucoup d'incertitudes, mais on estime que la proportion des étoiles qui font partie d'un système multiple est entre 1/2 et 2/3. Certains vont même jusqu'à 85 %.

Les systèmes peuvent même être composés de plus de 2 étoiles. On connait de nombreux systèmes formés de 3 ou de 4 étoiles. Il y a des systèmes qui ont encore plus d'étoiles. QZ Carinae est un système de 9 étoiles ! Ce sont les *systèmes multiples*.

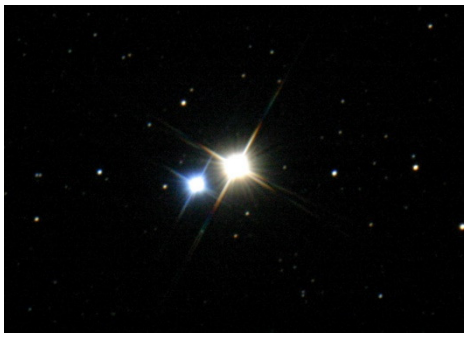


Généralement, les composantes d'une étoile multiple sont désignées par des lettres majuscules qui suivent le nom de l'étoile. Très souvent, l'étoile la plus brillante est A, la deuxième plus brillante est B et ainsi de suite.

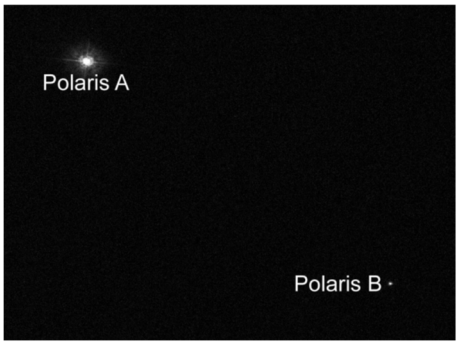
Par exemple, Sirius est en fait une étoile double. Sur cette image du télescope spatial Hubble (à gauche), on peut voir Sirius A, qui est l'étoile la plus brillante, et Sirius B, qui est la petite étoile très peu lumineuse en bas à gauche de Sirius A.

en.wikipedia.org/wiki/Sirius

Un autre système binaire bien connu est Albiréo, formé d'Albiréo A (à droite) et Albiréo B (à gauche).



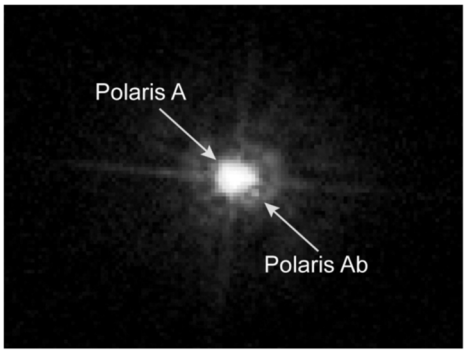
www.astro.princeton.edu/~jeg/sky/pix/albireo.html



Polaris est aussi une étoile multiple.

en.wikipedia.org/wiki/Polaris

Toutefois, Polaris A est aussi une étoile double. Dans ce cas, on a opté pour les noms indiqués sur la figure.



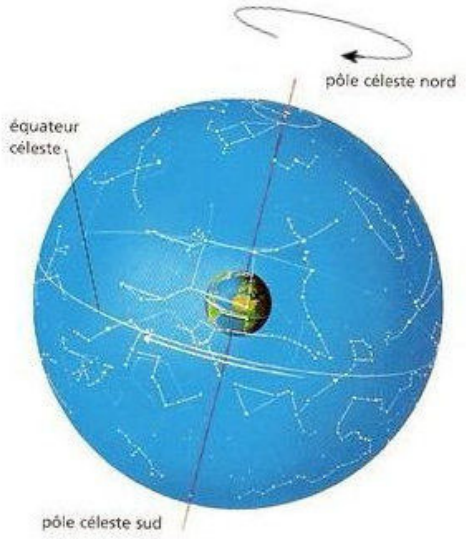
en.wikipedia.org/wiki/Polaris

2.5 LE MOUVEMENT DIURNE

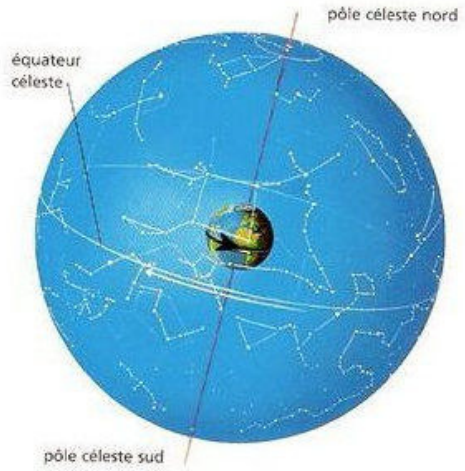
Le mouvement

Si on observe les étoiles pendant toute une nuit. On pourra voir qu'elles se déplacent lentement. On a l'impression que tout le ciel tourne autour de la Terre et qu'il faut 23 heures 56 minutes et 4 secondes (86 164 s) pour qu'il fasse un tour complet. Ce mouvement s'appelle le *mouvement diurne* et la période de ce mouvement s'appelle le *jour sidéral*.

C'est comme si les étoiles étaient toutes fixées sur la sphère céleste et que cette sphère tournait lentement autour de la Terre avec une période de 86 164 s. C'est d'ailleurs ce que pensaient les astronomes de l'Antiquité. Aujourd'hui, on sait que les étoiles sont fixes et que c'est la Terre qui tourne sur elle-même en 23h 56 min 4 s.



Avant le 17e siècle



Après le 17e siècle

Cette rotation de la Terre donne l'impression que les étoiles tournent autour de la Terre.

Vu de la Terre, la rotation de la Terre fait en sorte qu'on a l'impression que toutes les étoiles tournent autour du pôle céleste. Si une étoile était directement située au pôle, elle ne déplacerait pas. C'est ce qu'on peut voir sur cette photo qui montre cette rotation du ciel pendant une période de 2 heures.

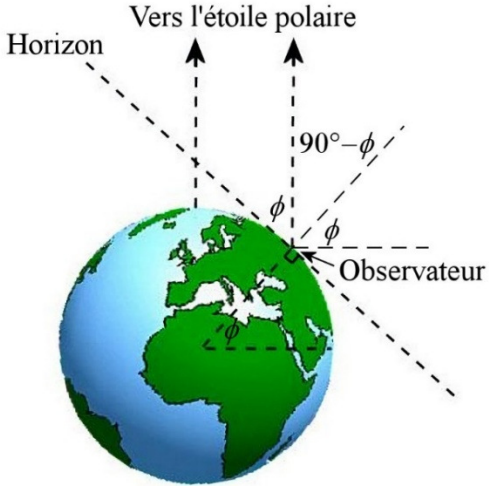
www.astrosurf.com/luxorion/rapport-quel-tel-acheter-monture.htm

(Cette photo est obtenue en laissant l'appareil photographique capturer de la lumière pendant 2 heures.) On voit très bien la rotation du ciel et on remarque facilement la position du pôle céleste nord. Vous pouvez aussi voir ces films qui montrent cette rotation en accéléré.
https://www.youtube.com/watch?v=0Z3cVQcfb-w
https://www.youtube.com/watch?v=0vTMsCQ9RCs
https://www.youtube.com/watch?v=tp6UkqIwVfk

Comme la période est de 23 h 56 min et 4 s et non pas de 24 h. la position des étoiles décale lentement chaque jour. Si on examine le ciel à 23 h un soir, on verra que le ciel n'est pas exactement le même le lendemain à 23 h. On va observer que la sphère céleste aura fait un peu plus qu'un tour (environ 361°) par rapport à la nuit précédente. Si on observe le ciel chaque jour à 23 h, il y aura un décalage de tel décalage de près de 1° qui va s'ajouter chaque jour. C'est pour cela qu'on ne voit pas du tout les mêmes étoiles en été et en hiver. Au bout d'un an, on revient à la même configuration.

L'étoile Polaire

On peut voir qu'il y a une étoile qui reste presque toujours à la même place pendant le mouvement diurne. Elle demeure immobile puisqu'elle est tout près du pôle céleste nord, qui est l'endroit où l'axe de rotation rencontre la sphère céleste. Cette étoile est Polaris, l'étoile Polaire. Ainsi, quand on regarde cette étoile, on regarde vers le pôle nord de la Terre. On peut donc facilement trouver la direction du nord en trouvant Polaris dans le ciel.



On peut même trouver notre latitude avec Polaris. L'angle entre l'horizon et l'étoile Polaire correspond à la latitude de l'observateur puisque les angles ϕ sur cette figure sont tous identiques.

Ainsi, avant l'invention de tous les instruments modernes pour déterminer la latitude et la longitude, les navigateurs trouvaient facilement leur latitude en mesurant simplement l'angle entre l'horizon et Polaris. Pour ce faire, ils utilisaient un *sextant,* qui est un appareil qui permet de mesurer précisément l'angle entre deux objets.

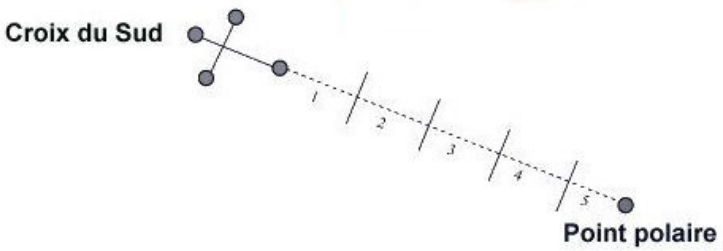
sextantbook.com/2010/01/24/restoring-a-c-platt-drei-kreis-sextant/

Si vous vous dirigez vers le nord, votre latitude augmente, ce qui fait que l'angle entre Polaris et l'horizon augmente. Plus vous allez vers le nord, plus l'angle entre Polaris et l'horizon augmente. Ce changement d'angle entre l'horizon et Polaris quand on se déplace dans la direction nord-sud et le rythme auquel ce changement se fait est aussi une solide preuve de la sphéricité de la Terre.

Dans l'hémisphère sud, il n'y a pas d'étoile brillante près du pôle céleste. Voici une image montrant le mouvement diurne près du pôle sud de la sphère céleste. On remarque qu'il n'y a pas d'étoile très brillante au centre de ce mouvement circulaire.

open.abc.net.au/explore/185739

Même s'il n'y a pas d'étoile brillante à cet endroit, les marins des siècles précédents pouvaient quand même trouver la position du pôle céleste sud pour déterminer leur latitude. Pour y arriver, ils utilisaient, par exemple, la constellation de la Croix du Sud qui pointe directement vers le pôle Sud.

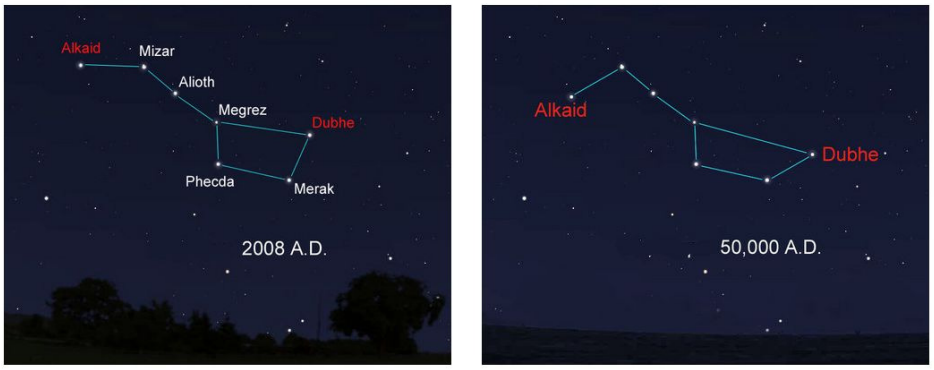


le-blog-de-eric-g.forumactif.com/t438-mise-en-station-dans-l-hemisphere-sud

2.6 LE MOUVEMENT PROPRE

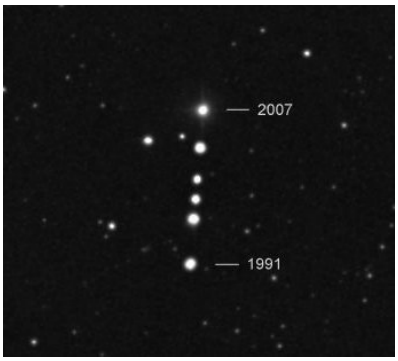
En observant la position des étoiles pendant une très longue période, on se rend compte aussi qu'elles changent très lentement de position les unes par rapport aux autres. Ce phénomène a été découvert par Edmund Halley en 1718 quand il a comparé les positions des étoiles Sirius et Arcturus mesurées à son époque et les positions de ces mêmes étoiles mesurées par Hipparque au 2^{e} siècle av. J.-C. Il remarque alors que ces étoiles se sont déplacées de près de ½° (qui est environ la largeur de la Lune vue de la Terre) par rapport à d'autres étoiles.

Cela signifie que la configuration des étoiles change lentement. Ainsi, la configuration des étoiles de la Grande Ourse sera un peu différente en l'an 50 000.



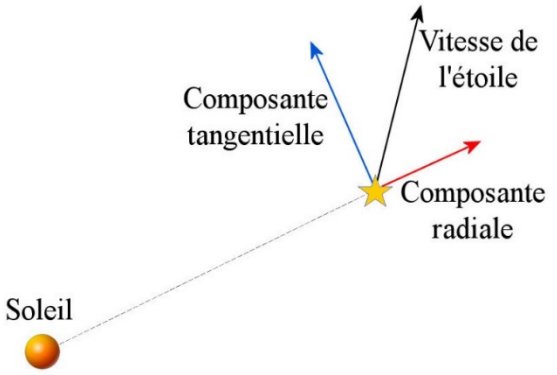
astrobob.areavoices.com/2008/10/19/and-i-thought-youd-never-change/

Vous pouvez également admirer, sur cette image, le mouvement de l'étoile de Barnard par rapport aux autres étoiles entre 1991 et 2007. L'étoile de Barnard est une des étoiles les plus près de la Terre et c'est l'étoile qui a le déplacement angulaire le plus rapide dans le ciel (10,4″ par année, ce qui donne un déplacement égal à la largeur angulaire de la Lune en un peu plus de 170 ans).



www.fornax.pwp.blueyonder.co.uk/barnards_star.html

Ce mouvement propre est dû au déplacement de l'étoile par rapport au Système solaire. Le déplacement angulaire de l'étoile permet même de calculer la vitesse tangentielle des étoiles. La vitesse tangentielle est une des composantes de la vitesse d'une étoile. La figure de droite nous montre les deux composantes de la vitesse d'une étoile : la vitesse radiale et la vitesse tangentielle.



Nous verrons dans un autre chapitre comment on trouve la vitesse radiale.

2.7 LA MAGNITUDE DES ÉTOILES

Les étoiles n'ont pas toutes la même brillance. On peut donc les classer selon leur brillance dans le ciel. Hipparque est un des premiers à faire une telle classification (au 2e siècle av. J.-C.). Dans son catalogue de 850 étoiles, Hipparque classe les étoiles en 6 catégories allant de

étoiles de première magnitude = étoiles les plus brillantes

à

étoiles de sixième magnitude = étoiles les moins brillantes.

Depuis l'arrivée du télescope en 1610, on peut voir des étoiles impossibles à voir auparavant. Le système de magnitude a donc été prolongé pour ajouter des étoiles de 7e, 8e, 9e… magnitude.

Remarquez que la magnitude donne une mesure de la brillance dans laquelle l'étoile est de **moins en moins brillante à mesure que la valeur de la magnitude augmente**.

Par exemple, voici la magnitude de quelques étoiles dans la constellation d'Orion dans cette classification un peu approximative.

Étoile	Magnitude
Rigel (étoile la plus brillante de la constellation)	1
Alnitak (5e étoile la plus brillante de la constellation)	2
Pi d'Orion (9e étoile la plus brillante de la constellation)	3
Mu d'Orion (19e étoile la plus brillante de la constellation)	4
69 d'Orion (48e étoile la plus brillante de la constellation)	5

Aujourd'hui, on a des appareils appelés *photomètres* qui mesurent l'intensité de la lumière qui arrive des étoiles. On pourrait donc croire que les astronomes utilisent maintenant la valeur de l'intensité lumineuse pour indiquer la brillance d'une étoile, mais ce n'est pas le cas. La classification en magnitude a tellement eu de succès que les astronomes continuent de l'utiliser encore aujourd'hui. Toutefois, ils utilisent une version moins subjective dans laquelle on détermine la magnitude à partir de l'intensité de la lumière reçue de l'étoile à l'aide d'une formule de conversion.

On fait une formule de conversion pour que la magnitude obtenue à partir de l'intensité de la lumière donne une valeur de magnitude assez conforme à la classification faite par Hipparque. Par exemple, une étoile de 3e magnitude selon Hipparque a généralement une magnitude entre 2,5 et 3,5. Toutefois, le résultat n'est pas toujours conforme pour des étoiles très brillantes. Dans ce cas, certaines étoiles sont tellement brillantes qu'elles « débordent » de la catégorie des étoiles de première magnitude (qui aurait dû se situer entre des magnitudes de 0,5 et 1,5) et ont des magnitudes inférieures à 0,5. Il n'y a que 9 étoiles qui ont des magnitudes inférieures à 0,5. Sirius est si brillante qu'elle a une magnitude de -1,47.

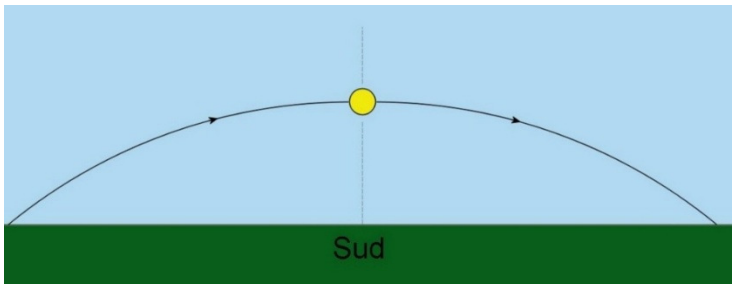
Voici ce qu'on obtient pour la magnitude apparente de quelques étoiles.

Étoile	Magnitude apparente m_V
Sirius (étoile la plus brillante)	-1,47
Véga (5e étoile la plus brillante)	0,03
Bételgeuse (9e étoile la plus brillante)	0,50
Fomalhaut (18e étoile la plus brillante)	1,16
Polaris (48e étoile la plus brillante)	2,01
Étoile de Barnard (5e étoile la plus près)	9,54
Limite de visibilité (œil nu)	6
Limite de visibilité (meilleur télescope)	34

(Notez que Polaris est une étoile variable et que sa magnitude varie de 0,05 avec une période de 3,97 jours.)

2.8 LE MOUVEMENT DU SOLEIL DANS LE CIEL

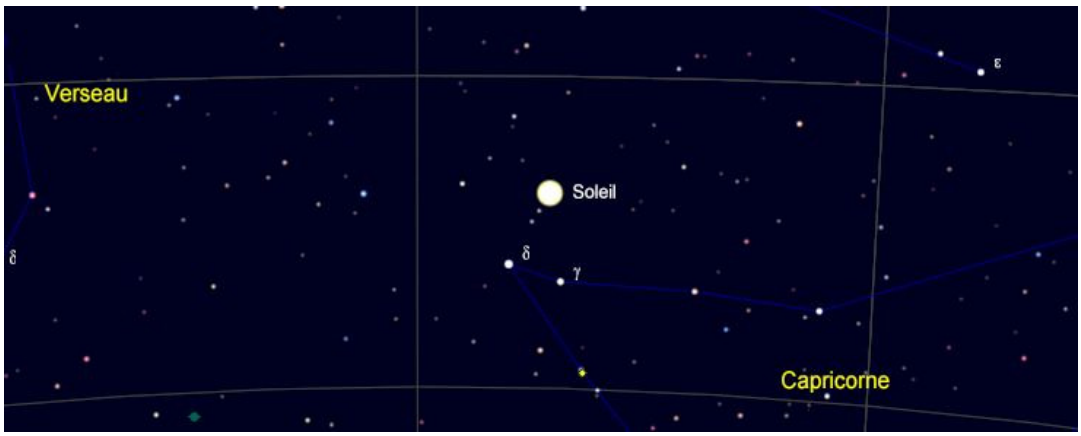
Vue de la Terre, on a l'impression que le Soleil tourne autour de la Terre. Tout comme pour les étoiles, le Soleil suit le mouvement diurne des étoiles généré par la rotation de la Terre. On voit donc le Soleil se lever à l'est, être directement vers le sud à midi (pour un observateur situé à une latitude supérieure à 23° de latitude nord) et se coucher à l'ouest chaque jour.



L'écliptique

Toutefois, le Soleil ne suit pas exactement le même mouvement que les étoiles. Le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre est un peu plus lent que celui des étoiles. Alors que les étoiles prennent 23 h 56 min et 4 s pour faire le tour de la Terre, le Soleil fait ce mouvement en 24 h (en moyenne). La période de 23 h 56 min et 4 s est le *jour sidérale*, et la période de 24 h est le *jour solaire*.

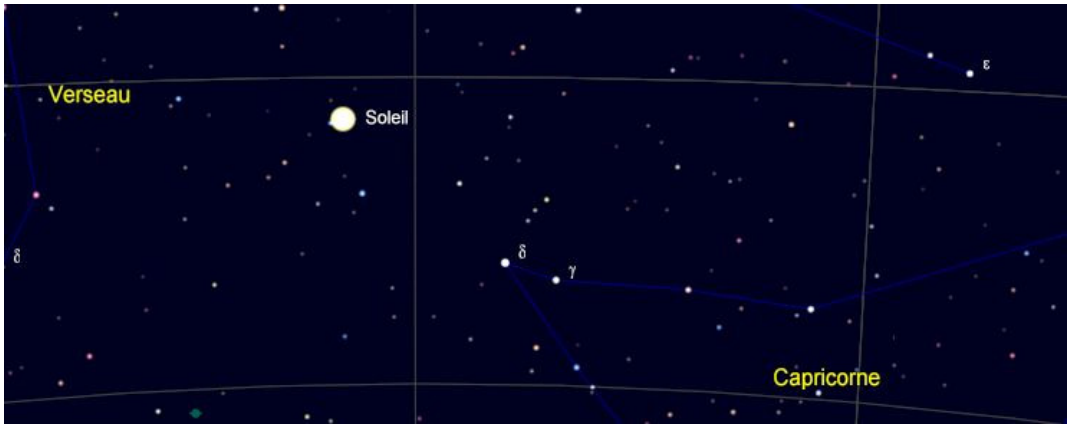
Comme Soleil est un peu plus lent que les étoiles, la position du Soleil dans le ciel par rapport aux étoiles change lentement. Ce n'est pas évident de voir ce changement de position puisqu'on ne voit pas les étoiles en même temps que le Soleil, mais on peut la trouver en faisant quelques calculs pour déterminer quelles sont les étoiles qui sont près de la position du Soleil dans le ciel. On peut aussi déduire devant quelle constellation se retrouve le Soleil. Par exemple, voici ce qu'on pourrait voir le 11 février de chaque année si on pouvait voir les étoiles en même temps que le Soleil.



Fait avec le programme *Cartes du ciel*

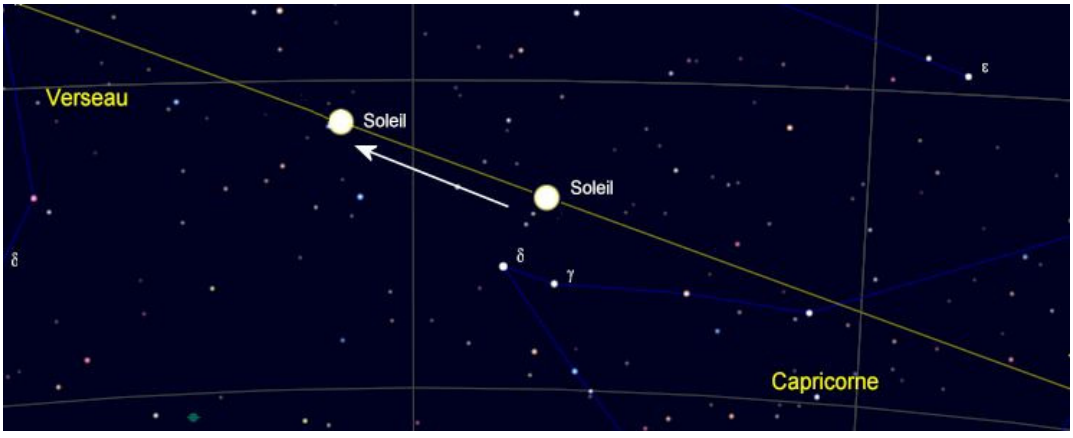
À ce moment, le Soleil est devant la constellation du Capricorne. Le Soleil n'est pas physiquement près des étoiles de la constellation du Capricorne puisque les étoiles sont loin derrière le Soleil. Le Soleil est simplement aligné avec la constellation.

La position du Soleil une semaine plus tard, le 18 février, montre bien que le Soleil a changé de position par rapport aux étoiles.

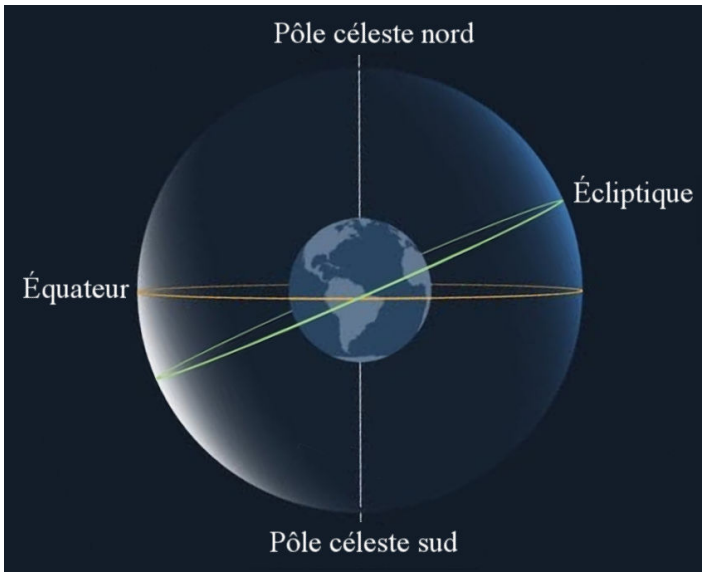


À cette date, le Soleil est maintenant devant la constellation du Verseau (ce n'est pas évident, car la frontière entre les constellations n'est pas indiquée, mais le Soleil est bien devant la constellation du Verseau à ce moment).

Si on note la position du Soleil par rapport aux étoiles, on remarque que le Soleil suit en fait une trajectoire très précise dans le ciel. Cette trajectoire porte le nom d'*écliptique*. Chaque jour, le Soleil se déplace de près d'un degré sur l'écliptique. Sur la figure suivante, on peut voir le déplacement du Soleil le long de l'écliptique entre les 11 et 18 février.



Voici une image qui montre l'ensemble de cette trajectoire du Soleil sur la sphère céleste. On voit que l'écliptique est un cercle qui entoure la Terre et qu'il est incliné par rapport à l'équateur. L'angle d'inclinaison est de 23° par rapport à l'équateur.



Chaque année, le Soleil revient à la même position sur l'écliptique après avoir fait un tour complet sur l'écliptique. Tous les 11 février de chaque année, le Soleil est devant la constellation du Capricorne, à la position montrée sur la figure du 11 février. (En fait, ce n'est pas exactement vrai comme on le verra dans un autre chapitre, mais la différence est minime.)

Les constellations du zodiaque

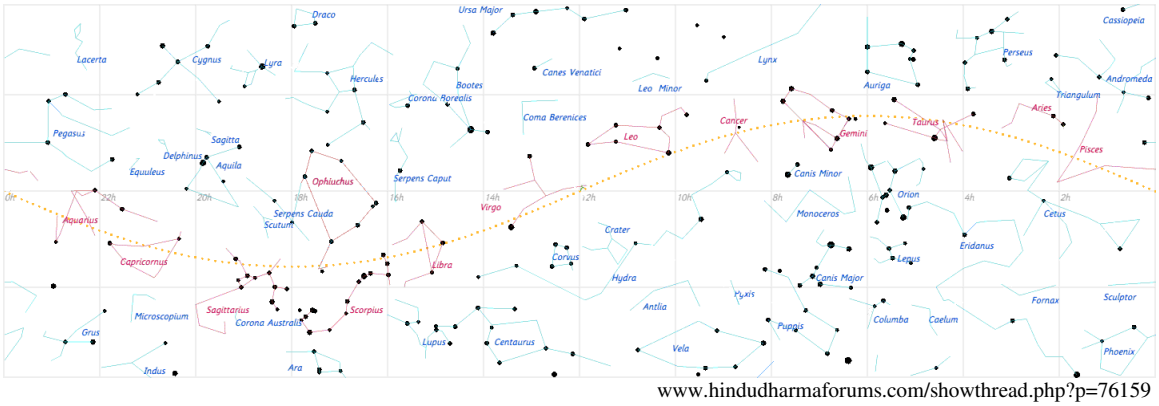
En suivant l'écliptique, le Soleil passe devant seulement 13 constellations. Voici ces constellations ainsi que les dates pendant lesquelles le Soleil est devant chacune de ces constellations.

Constellation	Date
Capricorne	19 janvier – 15 février
Verseau	16 février – 11 mars
Poissons	12 mars – 18 avril
Bélier	19 avril – 13 mai
Taureau	14 mai – 20 juin
Gémeaux	21 juin – 20 juillet
Cancer	21 juillet – 9 aout
Lion	10 aout – 16 septembre
Vierge	17 septembre – 30 octobre
Balance	31 octobre – 22 novembre
Scorpion	23 novembre – 30 novembre
Serpentaire	1er décembre – 17 décembre
Sagittaire	18 décembre – 18 janvier

(Ces dates peuvent varier d'un jour parce que l'année ne dure pas un nombre entier de jours et qu'il y a parfois des années bissextiles.)

On reconnait plusieurs noms dans cette liste. Ce sont, à l'exception du Serpentaire, les 12 signes du zodiaque de l'astrologie. D'ailleurs, ces 13 constellations portent le nom de *constellations du zodiaque*.

Voici une carte montrant la trajectoire du Soleil (écliptique, en pointillée) devant ces constellations.



www.hindudharmaforums.com/showthread.php?p=76159

Cela signifie donc que le Soleil ne peut pas être devant n'importe quelle constellation. Il est impossible que le Soleil se retrouve devant la constellation d'Orion ou de la Grande Ourse puisque ce ne sont pas des constellations du zodiaque.

Ce mouvement du Soleil sur l'écliptique est connu depuis très longtemps. Déjà en Mésopotamie, plusieurs millénaires av. J.-C., on pouvait calculer la position du Soleil dans le ciel pour n'importe quelle date.

L'année sidérale

On sait que le Soleil revient à la même position par rapport aux étoiles chaque année. En fait, ce temps nécessaire pour que Soleil revienne exactement au même endroit dans le ciel porte le nom d'*année sidérale*. La durée exacte de l'année sidérale est

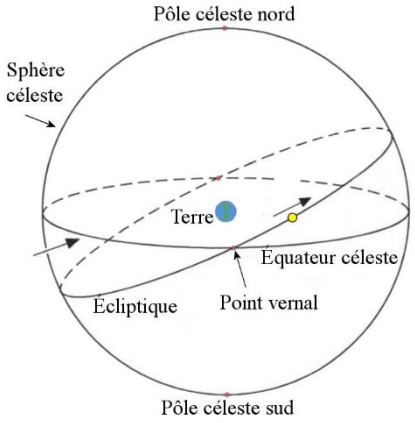
$$1a_{sid} = 31\,558\,149,8s$$
$$1a_{sid} = 365,2565654\,j$$
$$1a_{sid} = 365\,j\;6h\;9m\;9,8s$$

Le point vernal

L'écliptique rencontre l'équateur céleste à deux endroits.

Un de ces points de rencontre correspond à la position du Soleil au début de l'automne. Comme le Soleil est à cette position aux environs du 21 septembre, ce point est dans la constellation de la Vierge.

L'autre point de rencontre correspond à la position du Soleil au début du printemps. Comme le Soleil est à cette position aux environs de 21 mars, ce point est dans la constellation des Poissons. Ce point dans le ciel porte le nom de *point vernal*. C'est ce point qui sert d'origine à la mesure de l'ascension droite (l'équivalent de la longitude) pour déterminer la position des étoiles.



astronomie.skyrock.com/3011572425-Voute-celeste-Sphere-celeste.html