



# Les cartes tournantes du ciel

Pierre Causeret

Tous les observateurs du ciel utilisent ou ont utilisé une carte tournante qui affiche le ciel visible, à cet endroit (latitude donnée) et à cet instant (jour et heure donnée). Ces quelques pages vont essayer d'en expliquer le fonctionnement.

Il est pratique d'imaginer les étoiles sur une sphère entourant l'observateur. Cela correspond à ce que l'on observe, même si ce n'est pas la réalité puisque les distances des étoiles sont très variées (Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel après le Soleil est située à 8,6 années de lumière alors que Deneb de la constellation du Cygne est à plus de 3000 années de lumière...).

Pour représenter cette sphère céleste, il existe une solution très simple : le globe céleste. Malheureusement c'est un peu encombrant et ça n'est pas facile à fabriquer. De plus, il faudrait se placer au centre pour retrouver le ciel vu de la Terre et comme on est obligé de rester à l'extérieur, les constellations sont vues à l'envers !



Ce globe céleste, daté de 1144, est de Yunus Ibn al-Husayn (photo musée du Louvre).

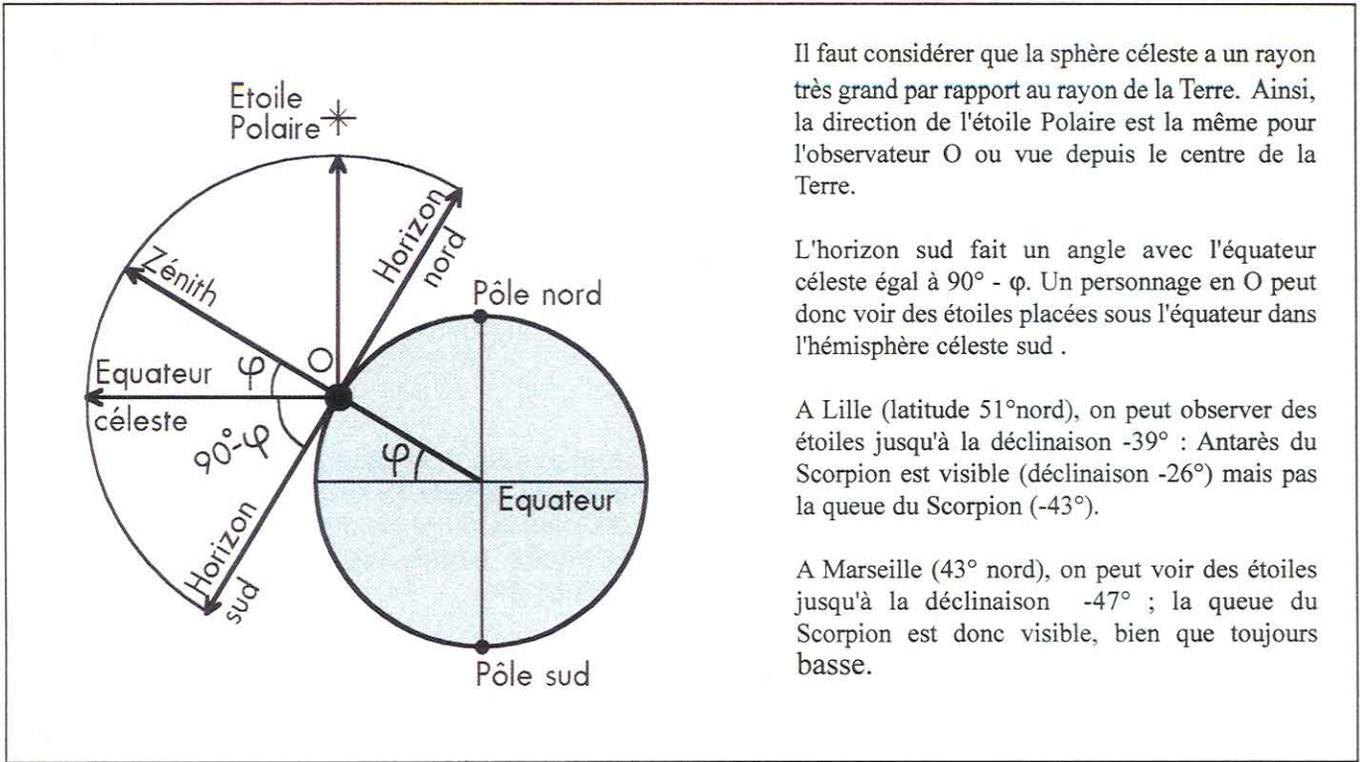
Pour réaliser une carte plane, il faut mettre la sphère à plat, ce qui n'est pas facile. Mais il n'est pas nécessaire de représenter toute la sphère céleste puisque, à nos latitudes, on ne voit jamais certaines parties du ciel situées dans l'hémisphère sud.

## Quelle partie du ciel peut-on voir ?

Un jour donné, à une heure donnée, on observe une demi sphère céleste. Depuis chez moi, je vois toujours l'étoile Polaire côté nord. En direction du sud, je peux voir des étoiles situées sous l'équateur céleste, à une déclinaison négative. Rappelons que la déclinaison est, pour les étoiles, l'équivalent de notre latitude sur Terre, et se mesure de  $-90^\circ$  (pôle sud céleste) à  $+90^\circ$  (pôle nord céleste), le plan de référence étant l'équateur céleste.

Habitant à une latitude  $\varphi$  de  $47^\circ$  nord, je peux observer à l'horizon sud des étoiles situées à une déclinaison de  $-43^\circ$  ( $90^\circ - 47^\circ = 43^\circ$ ).

Mais la Terre n'est pas fixe. Elle tourne sur elle-même et orbite autour du Soleil. C'est donc plus de la moitié de la sphère céleste qui est observable au cours de l'année. L'observateur situé à une latitude  $\varphi$  pourra voir tout le ciel sauf la partie en noir du schéma ci-dessous.

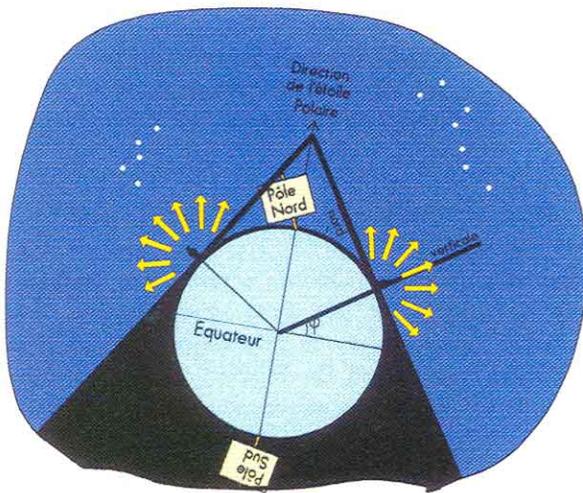


Il faut considérer que la sphère céleste a un rayon très grand par rapport au rayon de la Terre. Ainsi, la direction de l'étoile Polaire est la même pour l'observateur O ou vue depuis le centre de la Terre.

L'horizon sud fait un angle avec l'équateur céleste égal à  $90^\circ - \varphi$ . Un personnage en O peut donc voir des étoiles placées sous l'équateur dans l'hémisphère céleste sud.

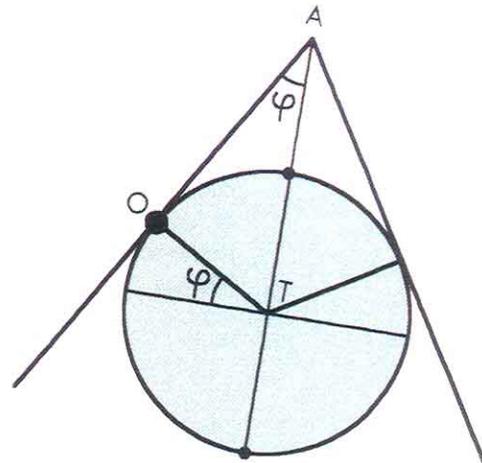
A Lille (latitude  $51^\circ$  nord), on peut observer des étoiles jusqu'à la déclinaison  $-39^\circ$  : Antarès du Scorpion est visible (déclinaison  $-26^\circ$ ) mais pas la queue du Scorpion ( $-43^\circ$ ).

A Marseille ( $43^\circ$  nord), on peut voir des étoiles jusqu'à la déclinaison  $-47^\circ$  ; la queue du Scorpion est donc visible, bien que toujours basse.



On peut calculer que la proportion de la partie toujours invisible de la sphère céleste, située dans le cône d'angle au sommet  $2\varphi$ , est égale à  $(1 - \cos \varphi) / 2$ .

La partie visible est donc égale, en proportion, à  $1 - (1 - \cos \varphi) / 2$  soit  $(1 + \cos \varphi) / 2$ .



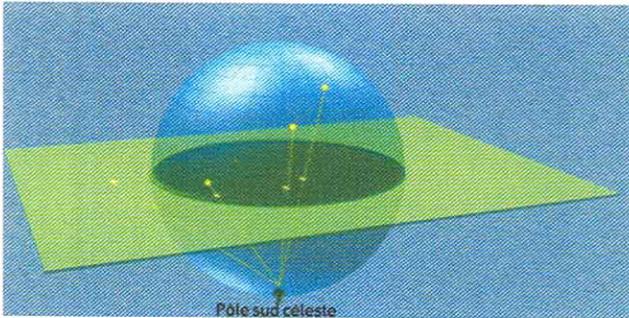
Voici les résultats que l'on obtient pour quelques lieux. Il faut néanmoins préciser que le pourcentage indiqué est le maximum théorique que l'on n'atteint jamais. L'horizon est toujours brumeux et poussiéreux et on peut être satisfait si on ne perd que 5 degrés.

Pour  $\varphi = 47,3^\circ$  (Dijon), on trouve  $(1 + \cos \varphi) / 2 = 0,839$ , ce qui signifie que 83,9 % de la sphère céleste sont visibles au cours de l'année à Dijon.

| Lieu           | Latitude     | % de la sphère céleste visible | Lieu      | Latitude     | % de la sphère céleste visible |
|----------------|--------------|--------------------------------|-----------|--------------|--------------------------------|
| Pôle nord      | $90^\circ$   | 50%                            | Lyon      | $45,8^\circ$ | 84,9%                          |
| Cercle polaire | $66,6^\circ$ | 69,9%                          | Marseille | $43,3^\circ$ | 86,4%                          |
| Lille          | $50,6^\circ$ | 81,7%                          | Ajaccio   | $41,9^\circ$ | 87,2%                          |
| Paris          | $48,8^\circ$ | 82,9%                          | Alger     | $36,8^\circ$ | 90,0%                          |
| Dijon          | $47,3^\circ$ | 83,9%                          | Equateur  | $0^\circ$    | 100%                           |

Pour réaliser notre carte, il faut maintenant mettre à plat toute la partie du ciel visible. Nous ne chercherons pas pour l'équateur, d'où l'on peut observer tout le ciel. Nous nous contenterons de la France métropolitaine d'où l'on voit quand même plus de 85% de la sphère céleste.

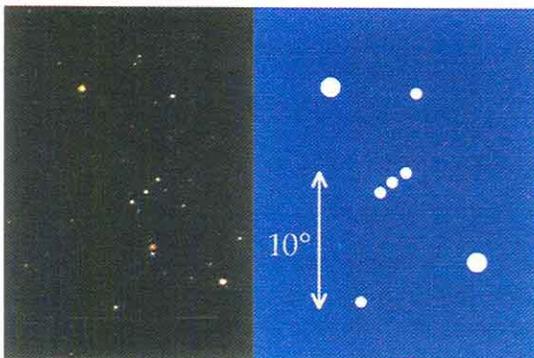
### La projection stéréographique.



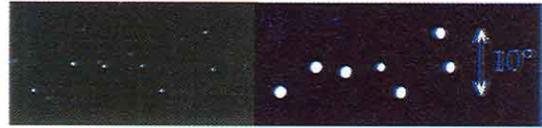
On projette les étoiles de la sphère céleste sur le plan de l'équateur ainsi : on trace la droite passant par le pôle sud céleste et l'étoile, puis on prend l'intersection avec le plan équatorial. Cette projection stéréographique est connue depuis l'antiquité grecque et était utilisée par les astronomes arabes pour réaliser leurs astrolabes. Le pôle Nord céleste est projeté au centre de l'équateur, les étoiles de l'hémisphère nord se retrouvent à l'intérieur du cercle équateur alors que celles de l'hémisphère sud sont à l'extérieur. Seul le pôle sud n'a pas de projeté.

Il se trouve aussi que tout cercle tracé à la surface de la sphère céleste se transforme en cercle (vous pouvez en demander la démonstration à notre rédactrice en chef, la spécialiste sur le sujet). Cette propriété était bien pratique pour tracer sur les astrolabes l'équateur, l'écliptique, les cercles de hauteurs (almicantarats)...

On peut très bien utiliser cette projection pour réaliser une carte du ciel tournante. Comme de plus, elle conserve les angles, les formes des constellations sont conservées. Voici par exemple Orion en photo et en projection stéréographique :

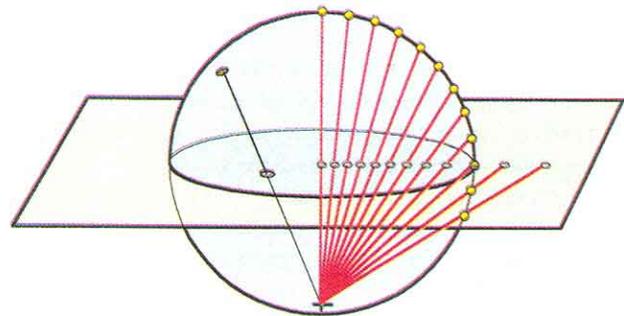


Ou encore la Grande Ourse en photo et en projection stéréographique :



Si les formes sont conservées, vous avez sans doute remarqué que les dimensions ne le sont pas. Orion paraît démesuré à côté de la Grande Ourse.  $10^\circ$  au niveau d'Orion ne correspond pas du tout à  $10^\circ$  vers la Grande Ourse. En projection stéréographique, plus on s'éloigne du pôle Nord, plus la constellation est grande. Le Scorpion est gigantesque. On a, sur la carte, plus de distance du Scorpion à l'équateur (pour  $47^\circ$  de déclinaison) que de l'équateur au pôle (pour  $90^\circ$ ).

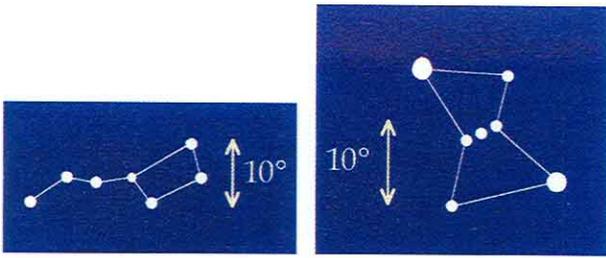
Sur ce schéma, on a placé régulièrement à droite une étoile tous les  $10^\circ$  de déclinaison. On voit bien que les projetés ne sont pas placés à égale distance. Plus on s'éloigne du pôle Nord, plus les étoiles sont écartées.



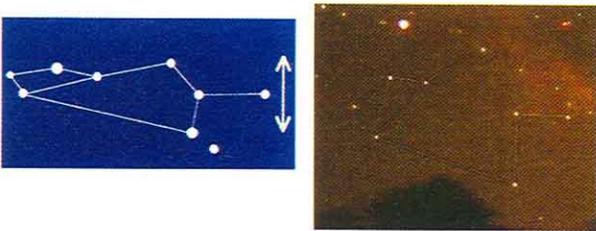
### Autres projections

Sur les cartes tournantes habituelles, on adopte un autre système de projection pour que les étoiles du schéma ci-dessus soient espacées régulièrement. Comparé à la projection stéréographique, cela revient à "resserrer" les constellations les plus extérieures.

Le gros inconvénient est qu'on les déforme énormément. La Grande Ourse, proche du pôle, n'est pas trop modifiée, alors qu'Orion ou le Sagittaire sont aplatis. N'ayant pas trouvé de nom à cette projection, je l'appellerai dans la suite "projection corrigée".



Dans cette projection pour carte tournante, les  $10^\circ$  de déclinaison correspondent à la même distance sur la carte mais Orion se retrouve très large d'épaules (à comparer avec la photo plus haut).



Quant au Sagittaire, il est à peine reconnaissable !

### La fenêtre horizon

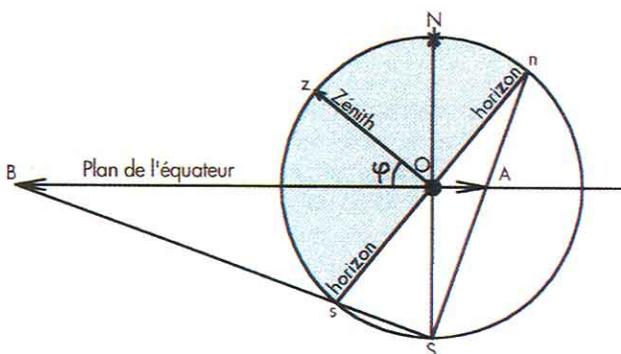
En projection stéréographique, le projeté d'un cercle tracé sur la sphère céleste est toujours un cercle.

L'horizon est un grand cercle. Projeté dans le plan de l'équateur, il donnera le cercle de diamètre AB.

On peut vérifier que  $AB = 2/\sin\phi$

Les étoiles visibles seront projetées à l'intérieur d'un cercle de rayon OB avec  $OB = 1/\tan(\phi/2)$

En projection corrigée, la fenêtre horizon s'aplatit pour ressembler à une ellipse (mais ça n'en est pas une).



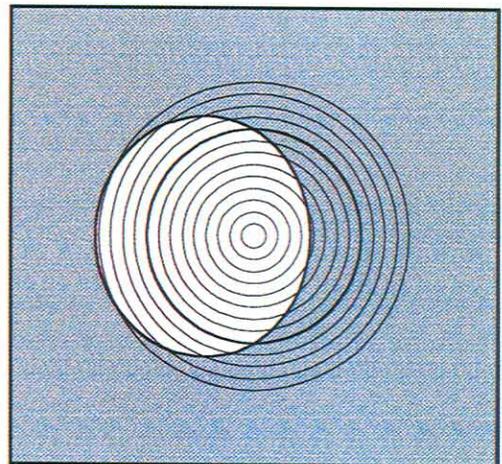
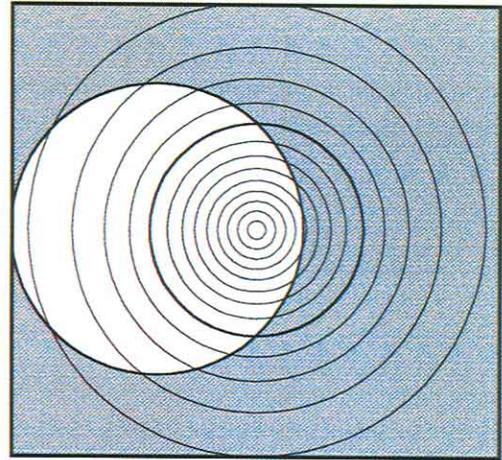
O : observateur.

En grisé, la partie visible du ciel à un instant donné.

n = horizon nord, s = horizon sud.

N = pôle Nord céleste, S = pôle Sud céleste.

Les lignes d'isodéclinaison sont tracées tous les  $10^\circ$ . Dans les deux cas, le pôle Nord céleste est au centre des cercles. L'équateur est en trait plus épais. Il a le même diamètre dans les deux images. On voit que la projection stéréographique prend beaucoup plus de place si on veut pouvoir mettre quelques détails dans l'hémisphère céleste nord.



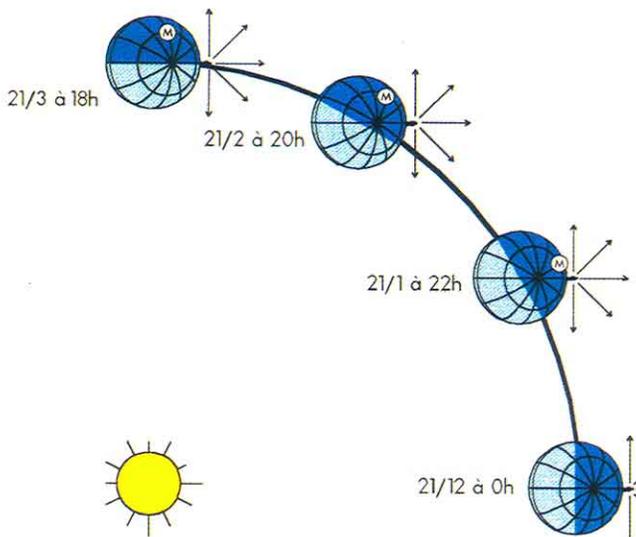
La fenêtre horizon est en blanc. C'est bien un cercle en projection stéréographique et une sorte d'ellipse en projection corrigée.

### Les graduations des heures et dates

Sur chacune des "Terre", on a tracé 12 méridiens qui sont donc espacés de 2 heures. Le 21 décembre, il est minuit pour notre personnage situé à l'opposé du Soleil. Les flèches représentent son ciel observable (avec Orion au plus haut dans le ciel).

Un mois plus tard, le 21 janvier, la Terre s'est déplacée sur son orbite. M représente le méridien de minuit. Notre personnage retrouvera le même ciel que le 21 janvier sur le méridien précédent, 2 heures plus tôt, donc à 22 heures. Le ciel sera encore le même le 21 février à 20 heures ou le 21

mars à 18 heures. C'est évidemment approximatif puisque tous les mois n'ont pas la même durée.



Lorsque l'on gradue une carte tournante du ciel, on place les heures de 0 à 24 heures sur une circonférence et les dates sur une autre de telle manière que lorsque l'on règle sa carte pour le 21 décembre à minuit, la date du 21 janvier se retrouve en face de 22 heures, celle du 21 février en face de 20 heures...

### Deux cartes à construire

Après cette présentation théorique, il ne vous reste plus qu'à prendre vos ciseaux pour construire deux cartes tournantes du ciel. La première carte utilise une projection stéréographique, la deuxième une projection corrigée. Vous pourrez vous amuser à comparer le Scorpion et la Grande Ourse sur les deux cartes.

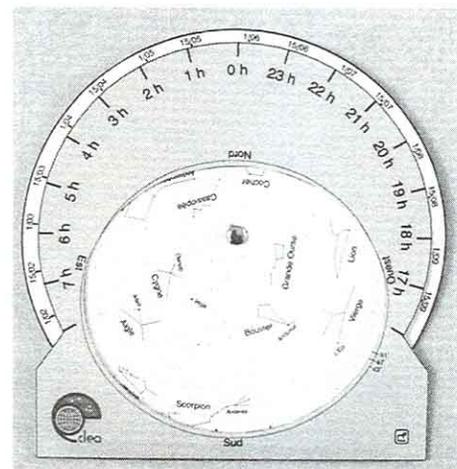
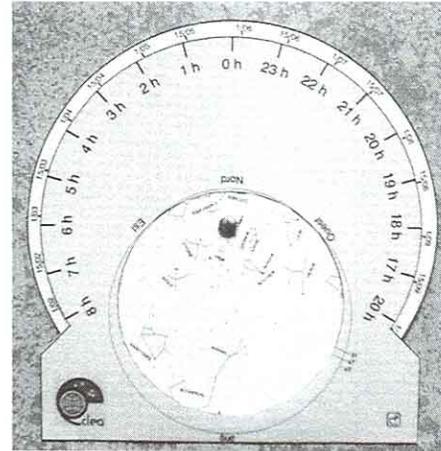
### Construction :

Quatre ou cinq éléments sont nécessaires pour chacune des cartes tournantes :

1. La carte proprement dite comprenant les constellations et la graduation en dates.
  2. Le cache avec la fenêtre et la graduation en heures.
- Ces deux parties sont à photocopier sur bristol (éventuellement avec agrandissement).
3. Le fond sur lequel est fixé la carte. Le plus simple est de photocopier à nouveau la partie 2 pour s'en servir de fond sans découper la fenêtre. La croix indique l'emplacement du trou pour l'attache parisienne.
  4. Une attache parisienne.
  5. Eventuellement une graduation en déclinaison sur transparent que vous aurez, soit photocopiée, soit recopiée.

### Réalisation :

Découpez la carte, le cache (en choisissant la fenêtre à découper en fonction de votre latitude) et le fond. Assemblez avec du ruban adhésif le cache et le fond par le bas. Percez la carte sur la croix juste à côté de la Polaire, puis le fond et fixez la carte sur le fond avec l'attache parisienne.



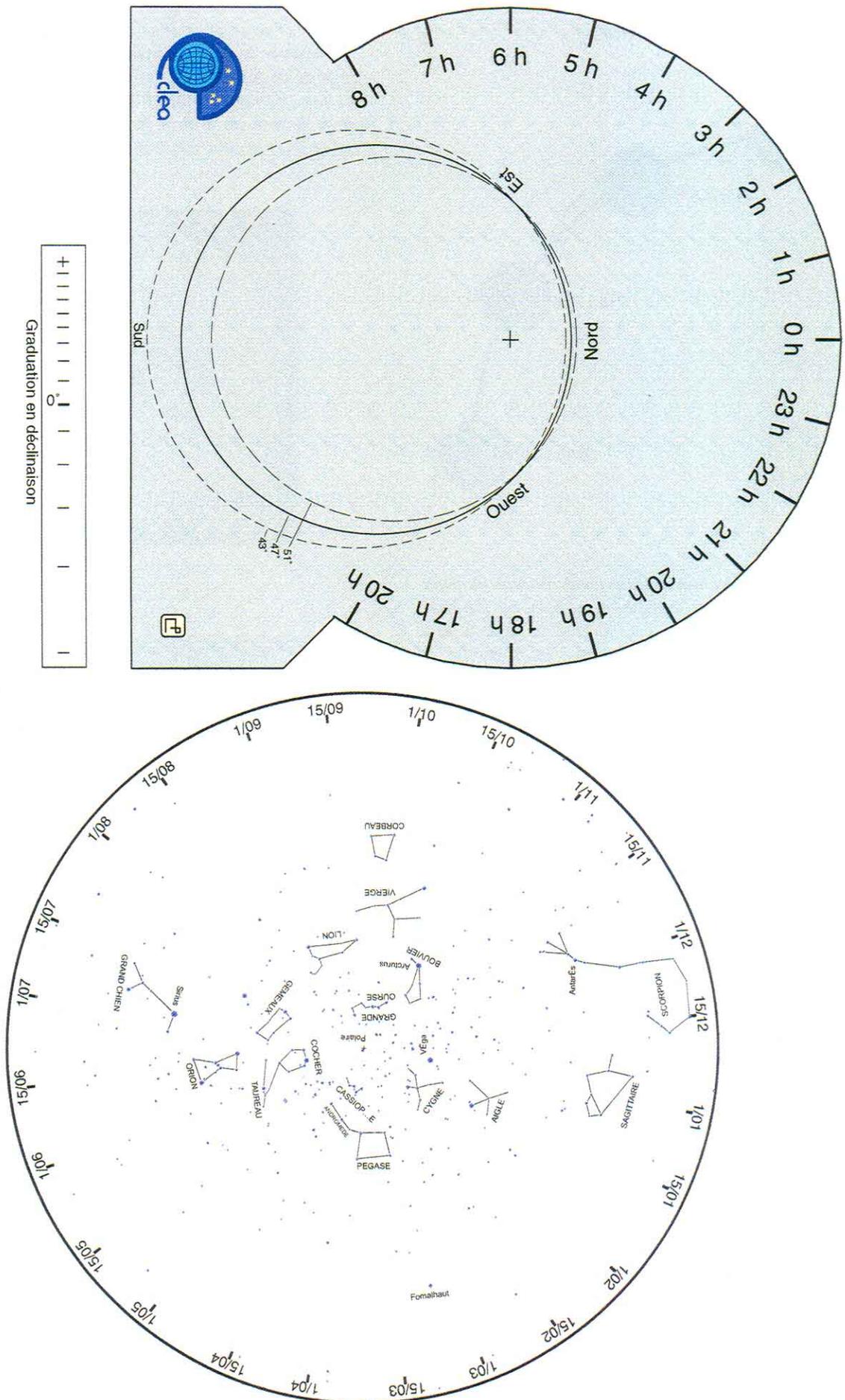
### Utilisation :

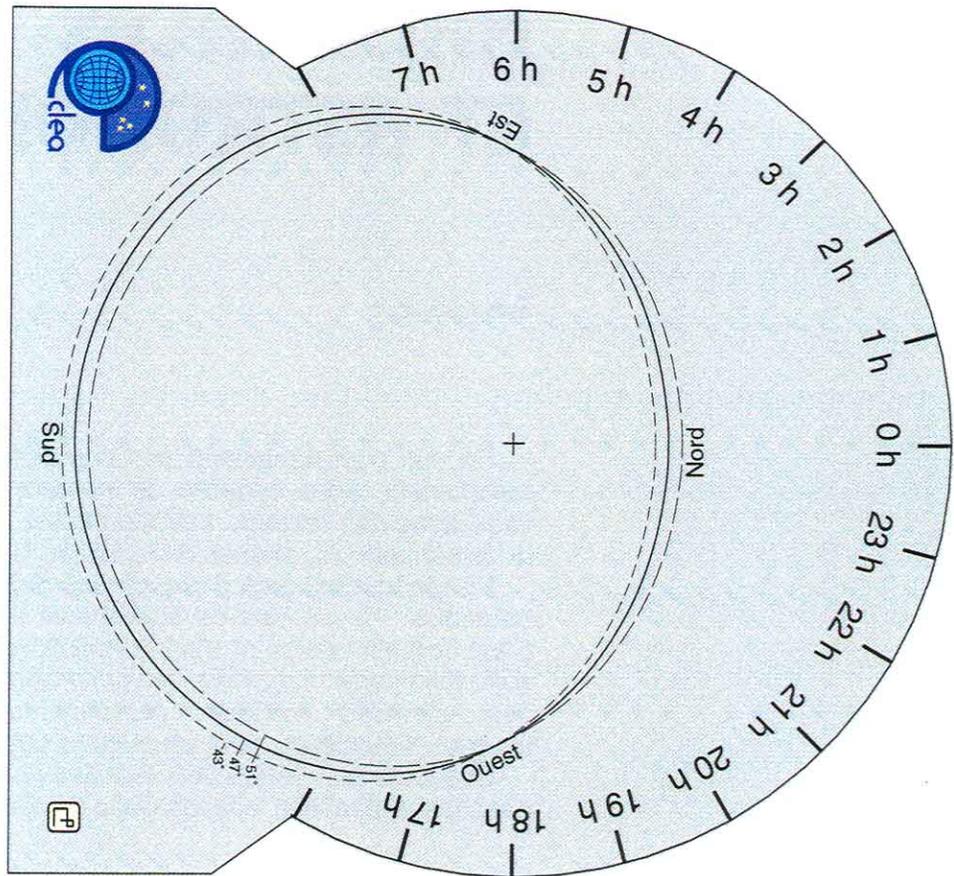
Tournez la carte pour faire correspondre la date avec l'heure d'observation. Vous aurez alors dans la fenêtre le ciel observable. La position des points cardinaux a pu vous surprendre : si on met le nord en haut, on a l'est à gauche et l'ouest à droite. Tout ceci est normal puisque la carte se tient au dessus de soi.

La position n'étant pas très confortable, il est préférable de tenir la carte devant soi, le sud en bas quand on observe au sud, l'ouest en bas pour observer à l'ouest...

**Bonnes observations !**

Carte tournante du ciel, projection stéréographique.





Carte tournante du ciel, projection "corrigée".

