



11. Cartes du ciel et astrolabes

École élémentaire, Collège, Lycée

OBJECTIFS

- Comprendre les différentes projections utilisées.
- Construire et apprendre à utiliser une carte du ciel
- Construire et apprendre à utiliser un astrolabe.
- Inciter les élèves à observer le ciel.

INTRODUCTION

Toutes les questions ne sont pas indépendantes ici.

Pour comprendre le tracé de l'araignée d'un astrolabe : questions 1-2-3.

Pour comprendre le tracé des étoiles d'une carte du ciel : questions 1-4

Les calculs pourront être faits sur tableur et les cartes tracées par un logiciel comme GeoGebra.

On peut assez facilement justifier les positions des étoiles sur une carte ou un astrolabe (exercices 3 et 4). Par contre, le tracé de l'horizon (et des almucantarats pour un astrolabe) est un peu plus long à expliquer. Vous trouverez des précisions dans les suppléments.

EXERCICES

1	5 ^e - 1 ^{ère}	Angles et coordonnées dans l'espace.
2	3 ^e - 1 ^{ère}	Angle inscrit et angle au centre.
3	Lycée	Angle orienté, coordonnées polaires.
4	Lycée	Angle orienté, coordonnées polaires.
5-7	CM à T	Construction et utilisation d'une carte tournante du ciel.
8-10	Collège-Lycée	Construction et utilisation d'un astrolabe.

SUPPLÉMENTS

Vous trouverez en plus sur le CD les solutions avec des commentaires, deux feuilles de calcul pour les exercices 3 et 4 et deux fichiers GeoGebra pour ces mêmes exercices, en 2D et en 3D.

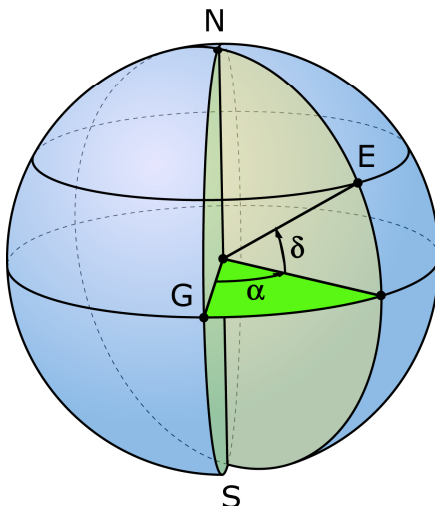
Vous trouverez aussi une carte tournante du ciel et deux astrolabes à imprimer et à construire.

1. Coordonnées d'une étoile

On représente souvent les étoiles sur une sphère céleste même si ce n'est pas la réalité.

N est le pôle Nord céleste et S le pôle Sud céleste, intersections de l'axe de la Terre avec la sphère céleste. Une étoile E est repérée par deux coordonnées :

- son ascension droite α qui correspond à la longitude sur Terre. C'est un angle que les astronomes comptent habituellement en heures de 0 à 24 h mais que l'on peut aussi donner en degrés ;
- sa déclinaison δ qui correspond à la latitude sur Terre et qui, comme elle, est comptée de -90° à $+90^\circ$ (voir figure).



a. Les coordonnées de l'étoile Polaire sont : $\alpha = 2 \text{ h } 31 \text{ min } 48 \text{ s}$ et $\delta = 89,26^\circ$

À quelle distance angulaire est-elle du pôle Nord céleste ?

b. Voici les coordonnées des sept étoiles les plus brillantes du ciel.

Nom	Sirius	Canopus	Arcturus	Toliman	Véga	Capella	Rigel
Constellation	Gd Chien	Carène	Bouvier	Centaure	Lyre	Cocher	Orion
α (°)	101,3	96	213,9	219,9	279,2	79,2	78,6
δ (°)	-16,7	-52,7	19,2	-60,8	38,8	46	-8,2

Combien sont situées dans l'hémisphère céleste nord ?

Pour réaliser une carte du ciel, il faut mettre la sphère céleste à plat. Pour cela, il existe plusieurs types de projections.

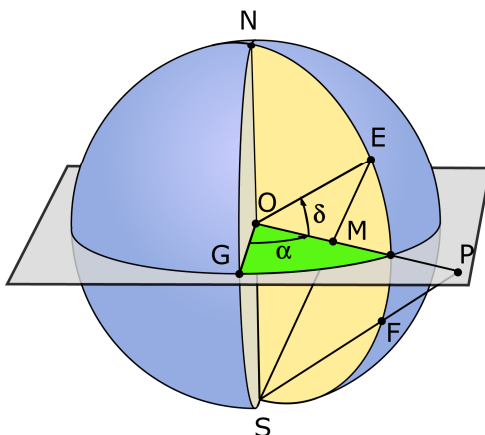
2. La projection stéréographique

Une étoile E est projetée dans le plan de l'équateur au point M, intersection de ce plan avec la droite (SE).

- Une étoile située dans l'hémisphère nord est projetée à l'intérieur du cercle équateur (comme E projetée en M).
- Une étoile située dans l'hémisphère sud est projetée à l'extérieur du cercle équateur (comme F projetée en P).

En se plaçant dans le plan NSE, on demande de calculer en fonction des coordonnées de E et du rayon R de la sphère céleste :

- a. \widehat{NOE} b. \widehat{NSE} c. OM



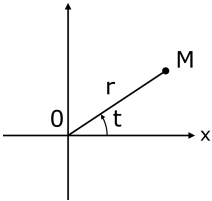
3. Cartes en projection stéréographique

On veut représenter les étoiles projetées dans le plan de l'équateur (voir la figure de l'exercice 2).

On rappelle qu'une étoile E se projette en M avec :

$OM = R \tan(45 - \delta / 2)$ (si les angles sont en degrés).

On peut donc calculer les positions des étoiles projetées en coordonnées polaires. On pourra prendre $R = 90 \text{ mm}$



Remarque importante : Si on représente le plan de l'équateur vu du nord, on voit la voûte céleste du dessus, comme si on en était à l'extérieur.

Si on veut retrouver les positions des étoiles vues depuis la Terre, il faut observer le plan de l'équateur vu du sud. Dans ce cas, l'angle α est dans le sens indirect. Pour cela, il faudra prendre comme angle t de coordonnées polaires l'opposé de l'ascension droite α .

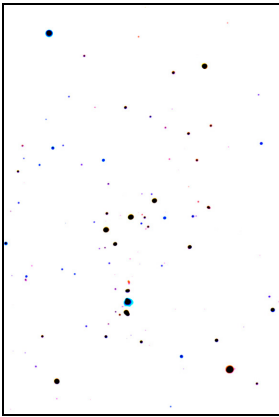
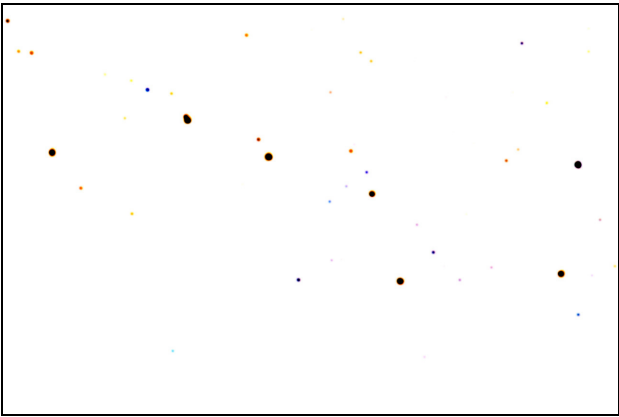
a. Tracer les projetés des sept étoiles principales de la Grande Ourse.

Nom	Dubhe	Merak	Phekda	Megrez	Alioth	Mizar	Benetnash
α (°)	165,9	165,5	178,5	183,9	193,5	201	206,9
δ (°)	61,8	56,4	53,7	57	56	54,9	49,3

b. Tracer les projetés des sept étoiles principales de la constellation d'Orion.

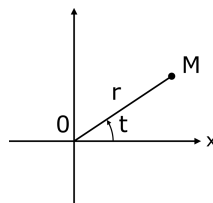
Nom	Betelgeuse	Rigel	Bellatrix	Mintaka	Alnilam	Alnitak	Saïph
α (°)	88,8	78,6	81,3	83	84,1	85,2	86,9
δ (°)	7,4	-8,2	6,3	-0,3	-1,2	-1,9	-9,7

c. Comparer les dessins obtenus avec les photos ci-dessous faites avec le même appareil et imprimées en négatif à la même échelle.



4. Cartes en projection azimutale équidistante

C'est la projection la plus couramment utilisée pour faire des cartes du ciel. Une étoile E se projette en M en prenant OM proportionnel à sa distance angulaire du pôle Nord, donc proportionnel à $90^\circ - \delta$ (si les angles sont en degrés). On a donc $OM = k \times (90 - \delta)$.



Remarque importante : même remarque qu'à l'exercice 3.

- Déterminer la valeur de k en fonction de R, le rayon de l'équateur.
- Tracer les projetés des sept étoiles principales de la Grande Ourse (mêmes données qu'à l'exercice 3).
- Tracer les projetés des sept étoiles principales de la constellation d'Orion (mêmes données qu'à l'exercice 3).
- Comparer les dessins obtenus avec les photos de l'exercice 3, question c.

5. Construction d'une carte tournante du ciel

(deux fichiers du CD à imprimer sur bristol)

- Découper la carte circulaire.
- Découper le cache et le fond (sans les séparer). Découper ensuite la fenêtre intérieure (à choisir en fonction de votre latitude). Plier le cache et le fond.
- Percer la carte sur la croix juste à côté de la Polaire (avec une pointe de compas par exemple) puis le fond, là encore sur la croix, et fixer la carte sur le fond avec l'attache parisienne.

6. Description d'une carte tournante du ciel.

La projection utilisée ici est une projection azimutale équidistante (exercice 4).

Pour la partie carte

La ligne pointillée représente l'écliptique. Le plan de l'écliptique est le plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil. Pour un observateur terrestre, l'écliptique est la trajectoire observée du Soleil devant les constellations. Les petits cercles tracés sur la ligne pointillée correspondent aux positions du Soleil le 1^{er} et le 15 de chaque mois, les dates étant notées à l'extérieur du disque. Par exemple, le 1^{er} septembre, le Soleil est dans la constellation du Lion.

La distance entre deux positions successives du Soleil varie principalement à cause du type de projection utilisée (elle est plus grande en décembre qu'en juin car le Soleil est plus éloigné du Pôle).

Pour la partie cache

La limite du cache est l'horizon. Elle indique quelle partie du ciel est visible.

7. Utilisation de la carte

Réglage

Tournez la carte pour faire correspondre la date avec l'heure d'observation (il s'agit de l'heure TU : enlevez 1 h à votre montre en heure d'hiver ou 2 h en heure d'été). Vous aurez alors dans la fenêtre le ciel observable. La position des points cardinaux peut 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...

Quelques exercices possibles avec cette carte

- a. Peut-on voir la Grande Ourse toute l'année ? Et Orion ?
- b. A quelle heure se lève la constellation d'Orion début août ?
- c. On s'intéresse au Soleil le 1^{er} juillet. Devant quelle constellation se trouve-t-il ?
- d. Trouver l'heure de lever puis l'heure de coucher du Soleil le 1^{er} juillet.
Calculer la durée de la journée.
- e. Reprendre les questions c et d pour le 1^{er} janvier
- f. Même chose pour le 1^{er} septembre.

8. Construction d'un astrolabe simplifié

Trois fichiers sont sur le CD : araignée, tympan 45° (à utiliser au sud de la France), tympan 49° (pour le nord de la France).

Le montage est décrit sur la fiche montage astrolabe.

9. Description de l'astrolabe

La projection utilisée ici est une projection stéréographique (exercice 3).

L'araignée

Dans les astrolabes traditionnels, l'araignée est un savant découpage comportant les étoiles les plus brillantes du ciel disposées à l'extrémité de pointes. Ici, c'est un transparent comportant une forme ressemblant à une araignée traditionnelle sur laquelle on a superposé une carte du ciel pour reconnaître les constellations. Comme dans la plupart des astrolabes, le ciel est inversé, comme si la voûte céleste était vue de l'extérieur. La position du Soleil est notée sur l'écliptique pour le 1^{er}, le 11 et le 21 de chaque mois.

Le tympan

Il représente la partie du ciel visible pour l'observateur. Le trait le plus épais est l'horizon. Les cercles situés à l'intérieur de l'horizon sont des cercles de hauteur ou almucantarats. L'almucantarats 30 indique par exemple où peut se trouver une étoile située à 30° au-dessus de l'horizon.

Les arcs de cercle sécants aux almucantarats sont des cercles d'égal azimut. On y trouve par exemple la ligne nord sud et la ligne est ouest, ces deux lignes se croisant au zénith.

Le dos

il permet de viser une étoile et de mesurer sa hauteur à l'aide de l'alidade.

10. Utilisation de l'astrolabe

Visée avec l'alidade

On tient l'astrolabe verticalement par le "trône".

On tourne l'alidade en direction de l'étoile et on lit sa hauteur sur la graduation au dos du tympan.

Pour mesurer la hauteur du Soleil, on tourne l'alidade pour que l'ombre d'une des flèches se projette sur l'autre mais il ne faut surtout pas regarder le Soleil directement.

Réglage de l'astrolabe

Si on connaît la hauteur d'une étoile, on tourne l'araignée jusqu'à ce que l'étoile soit sur le bon almucantar. Comme il y a deux positions possibles, il faut savoir si l'étoile est côté est ou côté ouest. L'heure est alors en face de la date (qui correspond à la position du Soleil sur l'écliptique).

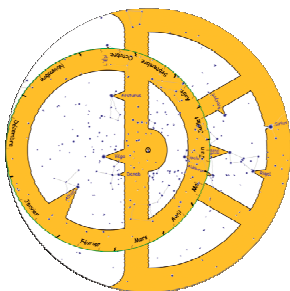
Si on connaît la date et l'heure, il suffit de tourner l'araignée jusqu'à ce que la date sur l'écliptique (qui correspond à la position du Soleil) soit en face de l'heure.

Les heures sont ici des heures solaires.

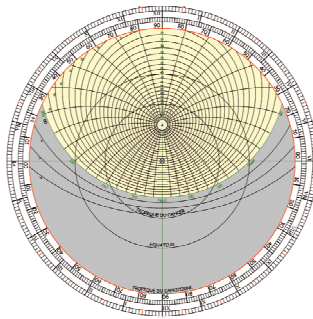
Quelques exercices possibles avec l'astrolabe

- Régler l'astrolabe pour le 1^{er} mai à midi. À quelle hauteur se trouve le Soleil ?
- À quelle heure de lève le Soleil le 1^{er} mai ? À quelle heure se couche-t-il ? Calculer la durée de la journée.
- À quelle heure l'étoile Altaïr se trouve-t-elle plein sud le 1^{er} octobre ?
- Nous sommes le 1^{er} octobre. Altaïr est à 30° au-dessus de l'horizon. Quelle heure est-il ?
- Nous sommes le 1^{er} juin après-midi. Le Soleil est à 30° au-dessus de l'horizon. Quelle heure est-il ?
- À partir de quelle heure le ciel est-il totalement noir le 1^{er} octobre ? (crépuscule astronomique quand le Soleil est à 18° sous l'horizon).

L'astrolabe



L'araignée



Le tympan

La carte du ciel

