



11. Cartes du ciel et astrolabes

SOLUTIONS COMPLÉMENTS POUR L'ENSEIGNANT À PROPOS DES DOCUMENTS JOINTS

Les exercices ne sont pas indépendants ici.

SOLUTIONS

1. a. $90^\circ - 89,26^\circ = 0,74^\circ$

b. Trois étoiles : Arcturus, Véga et Capella.

2. a. $\widehat{NOE} = 90^\circ - \delta$

b. $\widehat{NSE} = \widehat{NOE}/2 = 45^\circ - \frac{\delta}{2}$

c. $\tan \widehat{NSE} = \tan \widehat{OSM} = \frac{OM}{OS}$ donc $OM = OS \tan \widehat{NSE} = R \times \tan\left(45^\circ - \frac{\delta}{2}\right)$

3. Voir la feuille de calcul **M&A CLEA 11 Cartes Ex3 sol**

$X = OM \cos(-\alpha)$ et $Y = OM \sin(-\alpha)$.

a.

Nom	Dubhe	Merak	Phekda	Megrez	Alioth	Mizar	Benetnash
alpha (°)	165,9	165,5	178,5	183,9	193,5	201	206,9
delta(°)	61,8	56,4	53,7	57	56	54,9	49,3
OM	22,61	27,17	29,50	26,66	27,52	28,46	33,38
X	-21,93	-26,31	-29,49	-26,60	-26,76	-26,57	-29,77
Y	-5,51	-6,80	-0,77	1,81	6,42	10,20	15,10

b.

Nom	Betelgeuse	Rigel	Bellatrix	Mintaka	Alnilam	Alnitak	Saiph
alpha (°)	88,8	78,6	81,3	83	84,1	85,2	86,9
delta(°)	7,4	-8,2	6,3	-0,3	-1,2	-1,9	-9,7
OM	79,07	103,90	80,61	90,47	91,90	93,04	106,69
X	1,66	20,54	12,19	11,03	9,45	7,78	5,77
Y	-79,05	-101,85	-79,68	-89,80	-91,42	-92,71	-106,53

(les dessins sont à la page suivante).

c. La forme de la constellation semble conservée. Par contre, Orion apparaît beaucoup plus grand que la Grande Ourse en projection stéréographique alors que c'est l'inverse sur les photos.

On peut démontrer que la projection stéréographique conserve les angles : les formes des constellations sont donc à peu près respectées, au moins à petite échelle. À peu près, parce que ce que l'on voit comme un segment sur la voûte céleste (et qui est un arc de grand cercle sur la sphère) devient un arc de cercle une fois projeté dans le plan de l'équateur (ou éventuellement un segment).

Par contre, plus on s'éloigne du pôle Nord, plus le dessin de la constellation semble agrandi. C'est pour cette raison qu'Orion apparaît si grand.

4. Voir la feuille de calcul **M&A CLEA 11 Cartes Ex4 sol**

a. À l'équateur, δ vaut 0° et $OM = R$.

On veut avoir $OM = k \times (90 - \delta)$, donc $R = k \times 90$. Il faut prendre $k = R/90$ (si δ est en degrés).

b.

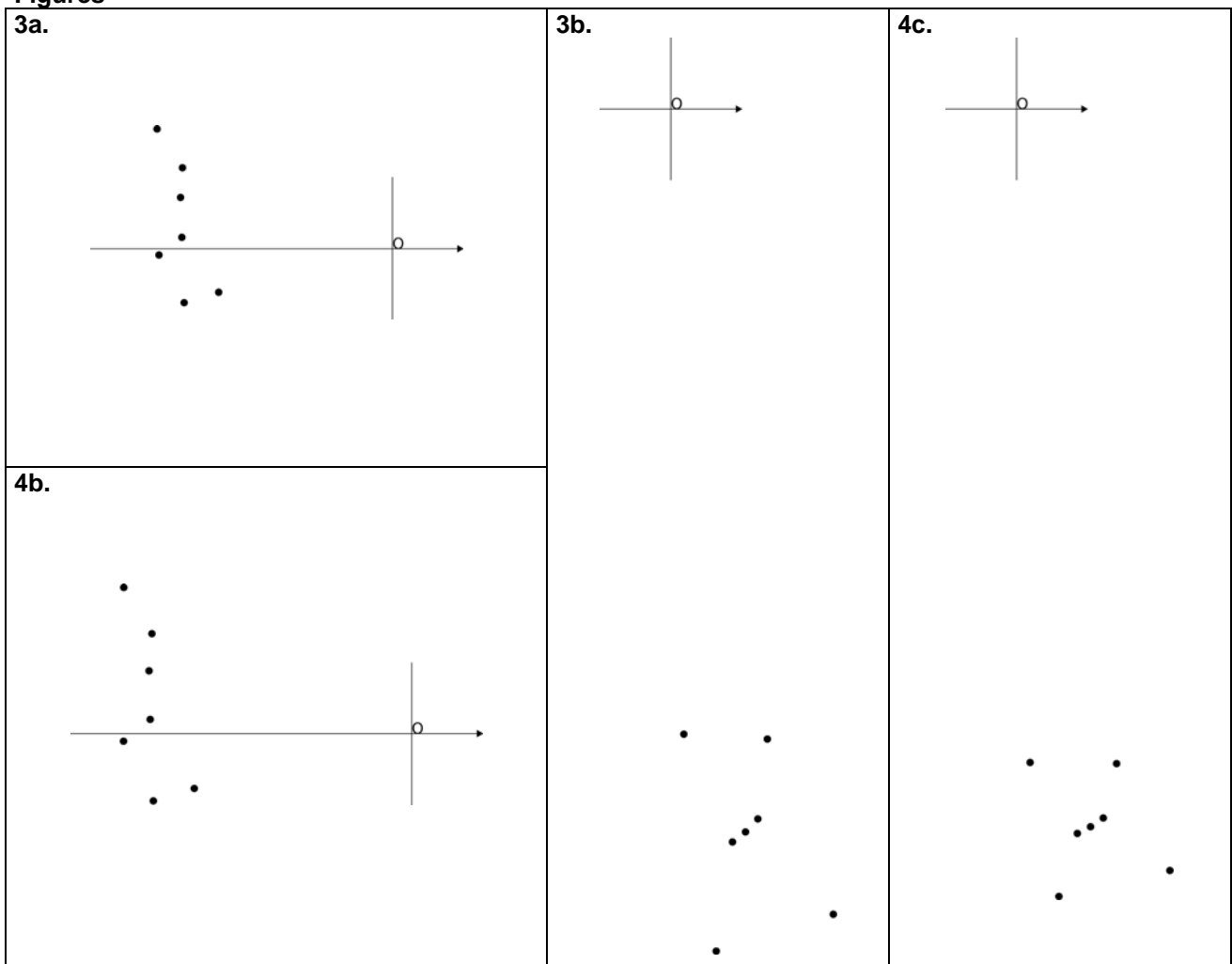
Nom	Dubhe	Merak	Phekda	Megrez	Alioth	Mizar	Benetnash
alpha (°)	165,9	165,5	178,5	183,9	193,5	201	206,9
delta(°)	61,8	56,4	53,7	57	56	54,9	49,3
OM	28,20	33,60	36,30	33,00	34,00	35,10	40,70
X	-27,35	-32,53	-36,29	-32,92	-33,06	-32,77	-36,30
Y	-6,87	-8,41	-0,95	2,24	7,94	12,58	18,41

c.

Nom	Betelgeuse	Rigel	Bellatrix	Mintaka	Alnilam	Alnitak	Saïph
alpha (°)	88,8	78,6	81,3	83	84,1	85,2	86,9
delta(°)	7,4	-8,2	6,3	-0,3	-1,2	-1,9	-9,7
OM	82,60	98,20	83,70	90,30	91,20	91,90	99,70
X	1,73	19,41	12,66	11,00	9,37	7,69	5,39
Y	-82,58	-96,26	-82,74	-89,63	-90,72	-91,58	-99,55

d. La Grande Ourse a peu changé alors que la constellation d'Orion se retrouve aplatie. L'inconvénient de la projection stéréographique était que, lorsqu'on s'éloigne du pôle Nord, on se retrouve vite très loin du centre de la carte. On n'a pas cet inconvénient ici. Par contre, les constellations éloignées du pôle Nord sont très déformées.

Figures



7. a. Oui pour la Grande Ourse, non pour Orion.

b. Aux alentours de 3 h (heure solaire) donc autour de 5 h de la montre.

c. Dans les Gémeaux.

d. Lever un peu après 4 h, coucher un peu avant 20 h (heures solaires), journée d'un peu moins de 16 h.

e. Le 1er janvier, le Soleil est dans le Sagittaire, il se lève autour de 8 h, se couche vers 16 h (heures solaires), la journée dure environ 8 h.

f. Le 1er septembre, le Soleil est dans le Lion, il est levé de 5 h 30 à 18 h 30 (heures solaires), la journée dure 13 h environ.

10. Réponses pour le tympan latitude 49° (entre parenthèses pour 45°)

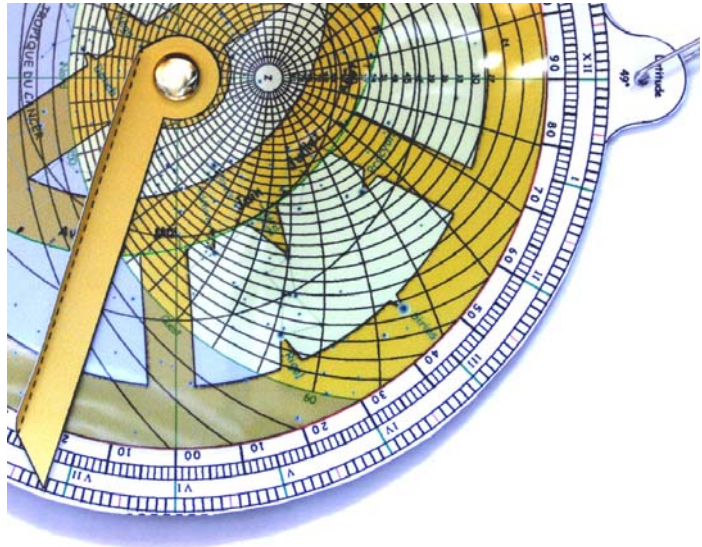
- a. On met le 1^{er} mai au sud. Le Soleil est situé entre les almucantarats 54° et 57°. On obtient 55° ou 56° (60° ou 61°).
- b. Pour le lever, on met le Soleil du 1^{er} mai sur l'horizon coté est. On lit l'heure avec l'ostenseur et on trouve environ 4 h 45 (5 h).
Même principe pour le coucher du Soleil mais côté ouest, on obtient 19 h 15 (19 h). Voir photo ci-dessous.
La durée de la journée est de 14 h 30 (14 h).

Un exemple de réglage de l'astrolabe, l'heure du coucher du Soleil le 1^{er} mai.

On a tourné l'araignée pour que le Soleil du 1^{er} mai (qui est placé sur la graduation 1^{er} mai de la ligne verte) soit à l'horizon (à la limite de la plage grise), côté ouest.

Pour avoir l'heure, on tourne l'ostenseur pour qu'il passe par la date. On lit alors l'heure sur la couronne extérieure. on obtient 19 h 10.

On peut aussi trouver l'azimut du coucher du Soleil. Il se lit sur la ligne d'horizon : on trouve un peu plus de 110° (ouest nord ouest).



- c. On met Altaïr au sud et on lit l'heure en face de la date. on trouve 19 h 10 sur les deux astrolabes (seule la hauteur d'Altaïr change).
- d. On met Altaïr sur l'almucantarat 30. Il y a deux solutions, l'une avec Altaïr à l'est mais il fait alors jour, l'autre avec Altaïr à l'ouest : il est environ 23 h.
- e. On met le Soleil du 1^{er} juin sur l'almucantarat 30 côté ouest. Il est environ 16 h 40.
- f. On place le Soleil sur l'almucantarat -18°. On trouve entre 19 h 30 et 19 h 40.

COMPLÉMENTS POUR L'ENSEIGNANT

Quand on projette la sphère céleste sur un plan, on peut ensuite regarder ce plan d'un côté ou de l'autre. Il semble plus logique de le regarder "par en-dessous", c'est à dire vu du pôle Sud pour que la forme des constellations soient dans le même sens que ce que l'on voit dans le ciel au-dessus de nos têtes. C'est ce que l'on fait par exemple dans les cartes tournantes du ciel.

Curieusement, de très nombreuses cartes anciennes représentent le ciel "à l'envers", vues "du dessus", comme pourraient le voir les dieux anciens, peut-être parce qu'elles étaient inspirées des globes célestes qui eux représentaient logiquement la sphère céleste vue de l'extérieur.

Dans son catalogue des étoiles fixes réalisé au x^e siècle, al Sufi fait deux dessins de chacune des constellations, une dans chaque sens.

À propos des cartes tournantes du ciel

Vous trouverez sur le CD un article sur les cartes tournantes du ciel extrait du n° 125 des Cahiers Clairaut (printemps 2009).

À propos des astrolabes

On parle ici de l'astrolabe planisphérique. Il existe aussi l'astrolabe nautique qui sert à mesurer la hauteur d'un astre ainsi que l'astrolabe quadrant et l'astrolabe universel, versions plus complexes de l'astrolabe planisphérique.

Le premier traité connu sur les astrolabes date du VI^e siècle, écrit par Jean Philopon d'Alexandrie. On ne sait pas si l'instrument était connu dès l'Antiquité même si Hipparque (II^e siècle avant notre ère) utilisait déjà la projection stéréographique.

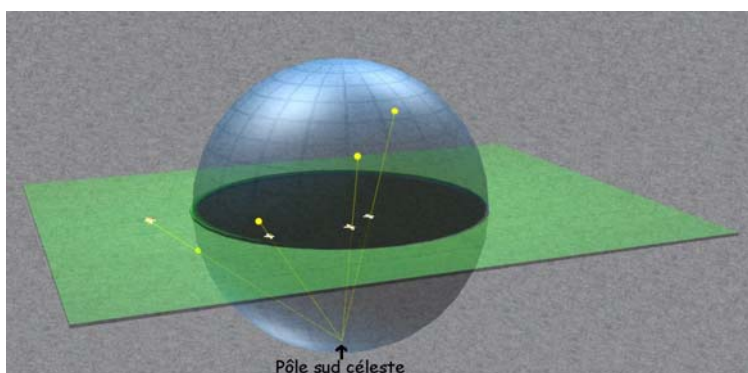
Pour désigner les cercles de hauteur gravés sur le tympan, on a utilisé le terme d'almucantarats mais on parle aussi d'almicantarats.

La projection stéréographique

Dans cette projection, tout point de la sphère céleste sauf un est projeté sur un plan.

Dans les astrolabes, on utilise une projection stéréographique à partir du pôle Sud céleste qui est le seul point de la sphère n'ayant pas d'image.

On projette sur le plan de l'équateur mais on pourrait le faire sur n'importe quel plan parallèle à l'équateur ne passant pas par le pôle Sud céleste (ce qui modifie juste l'échelle).



Cette projection possède deux propriétés importantes :

1. Elle conserve les angles. C'est ce qu'on appelle une projection conforme. Les constellations gardent donc une forme reconnaissable même si cette propriété a peu d'intérêt dans un astrolabe où on ne représente que très peu d'étoiles.

2. L'image d'un cercle tracé à la surface de la sphère est un cercle (si le cercle antécédent passe par le pôle Sud, son image est alors une droite, cas limite d'un cercle de rayon tendant vers l'infini).

Ainsi tous les cercles de la sphère céleste, équateur, écliptique, tropiques, méridiens, cercles de hauteur, horizon... sont faciles à tracer avec des instruments simples.

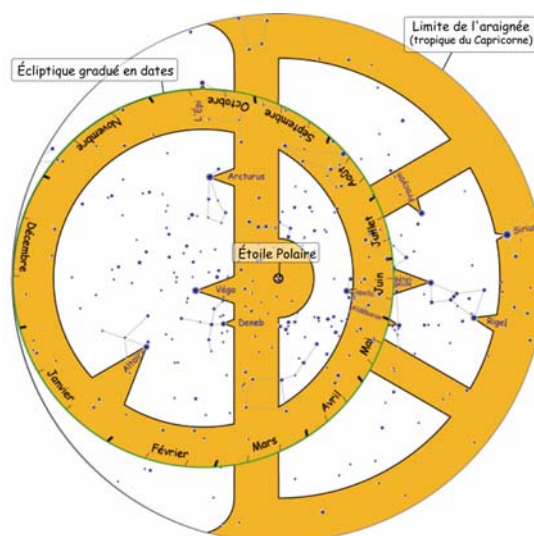
Les principales parties de l'astrolabe planisphérique

L'araignée

Elle représente la sphère céleste avec les étoiles. C'est elle qui tourne autour de l'axe central. L'étoile Polaire est au centre. On y trouve aussi l'écliptique gradué avec la position du Soleil tous les mois (souvent avec les signes du zodiaque). On se limite habituellement à des étoiles situées au nord du tropique du Capricorne.

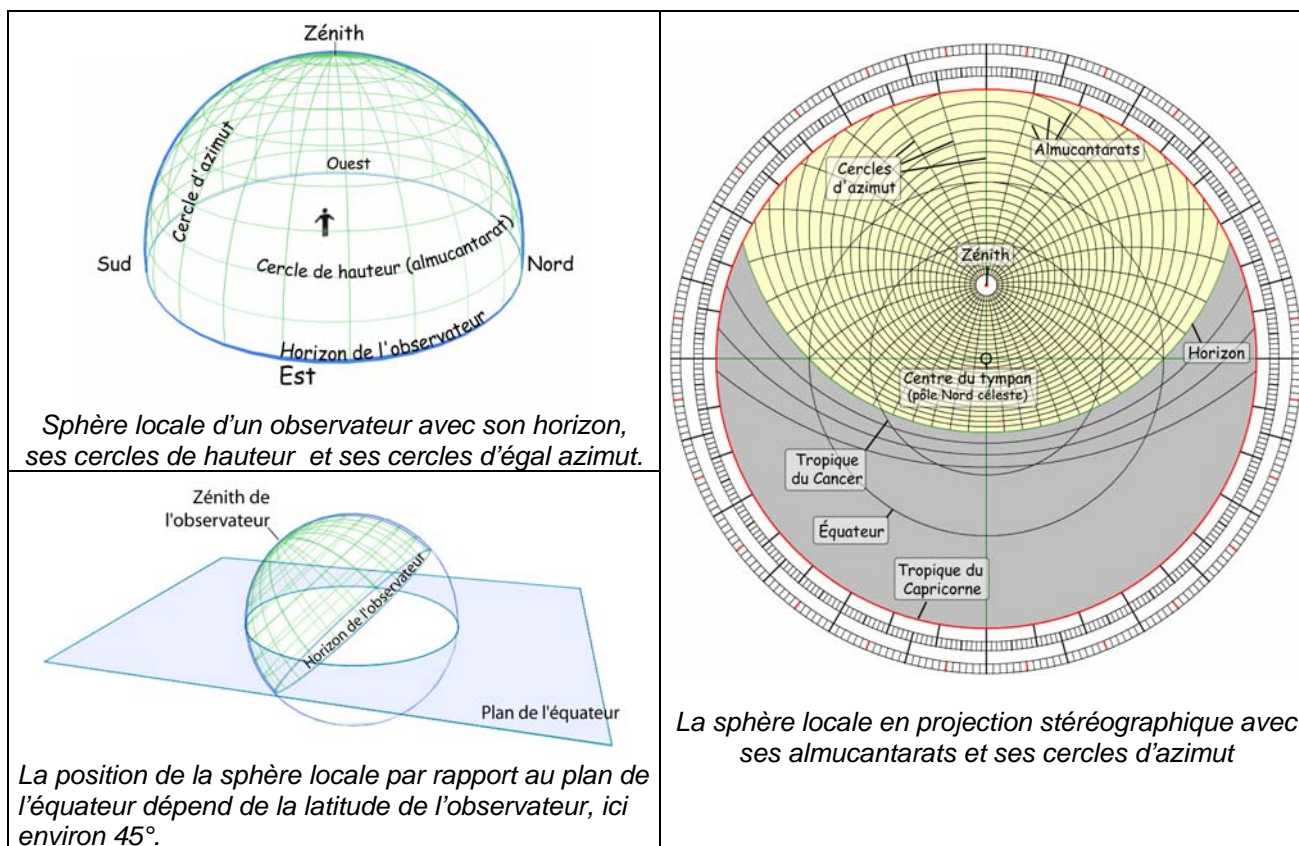
L'araignée était traditionnellement réalisée en laiton ajouré, les étoiles étant représentées au sommet de pointes.

Sur tous les astrolabes anciens, le ciel est inversé, comme sur les globes célestes : c'est le ciel vu par les dieux, placés à l'extérieur de la sphère céleste.



Le tympan

Le tympan est réalisé en fonction de la latitude de l'observateur. On y représente le cercle horizon ainsi que les autres cercles de hauteur (les almucantarats). Par exemple, le cercle 10° correspond aux positions des étoiles placées à 10° au-dessus de l'horizon. Pour une hauteur de 90° , on obtient un seul point, le zénith.



Le zénith est décalé par rapport au centre (la Polaire). La distance entre les deux dépend de la latitude. Passant par le zénith, on trouve aussi des demi cercles de même azimuth (les verticaux). L'un d'entre eux est le méridien nord-sud.

Un astrolabe possédait habituellement plusieurs tympan pour des latitudes différentes.

La mère

La mère ou matrice reçoit les différents tympan. Elle est entourée du limbe, gradué en heures et du trône sur lequel on fixe un anneau de suspension.

Le dos

Il peut contenir une foule d'informations. On peut y trouver :

- une graduation en angle pour l'alidade mais qui peut servir aussi par exemple à déterminer des azimuts en plaçant l'astrolabe horizontal ;
- une graduation en jour avec les signes du zodiaque ;
- le carré des ombres : il peut servir à mesurer la hauteur d'un bâtiment avec l'alidade ;
- les lignes trigonométriques ;
- des abaques de transformation des heures égales en heures inégales ;
- des informations pour trouver la Qibla (la direction de La Mecque) ;
- des informations relatives au calendrier liturgique...

Autres pièces

- L'ostensor ou ostenseur, placé devant l'araignée, permet de lire l'heure sur le limbe.
- L'alidade, placée au dos, sert à mesurer la hauteur des astres.



Astrolabe réalisé par le lycée Edouard Branly de Créteil (93).

Vous trouverez plus de détails sur sa réalisation sur le site de Philippe Dutarte
<http://dutarte.perso.neuf.fr/instruments/>

À PROPOS DES DOCUMENTS JOINTS

M&A CLEA 11 Cartes Ex3 sol et M&A CLEA 11 Cartes Ex4 sol

Deux feuilles de calculs pour les exercices 3 et 4.

UMA_&_ORIO.ggb

Les solutions des exercices 3 et 4 dessinées avec GeoGebra.

UMA_ORI_gg5.ggb

Les projections de la Grande Ourse et d'Orion illustrées en 3D

Dans le dossier astrolabe

AstrolabeCLEA araignee bristol.pdf

Une araignée à imprimer sur bristol.

AstrolabeCLEA araignee transparent.pdf

Une araignée inversée à imprimer sur transparent.

AstrolabeCLEA tympan45.pdf, AstrolabeCLEA tympan47.pdf et AstrolabeCLEA tympan49.pdf

Trois tympan (pour 45°, 47° et 49°) avec ostenseur et alidade.

Montage astrolabe.pdf

Une notice de montage de l'astrolabe

Dans le dossier Cartes tournantes

Article CC125 Cartes tournantes.pdf

Comment sont réalisées les cartes tournantes du ciel.

Cartetournantmodele1CLEApartie1.pdf et Cartetournantmodele1CLEApartie2.pdf

Deux fichiers à imprimer pour réaliser votre carte tournante du ciel avec fenêtre à découper.

Cartetournantmodele2CLEApartie1.pdf et Cartetournantmodele2CLEApartie2.pdf

Deux fichiers à imprimer pour réaliser votre carte tournante du ciel avec fenêtre sur transparent.

M&A CLEA 11 Construction Cartes du ciel.pdf

Les explications pour construire les deux modèles de carte tournante

