



Maths et Astronomie

1 Rotation

SOLUTIONS COMPLÉMENTS POUR L'ENSEIGNANT À PROPOS DES DOCUMENTS JOINTS

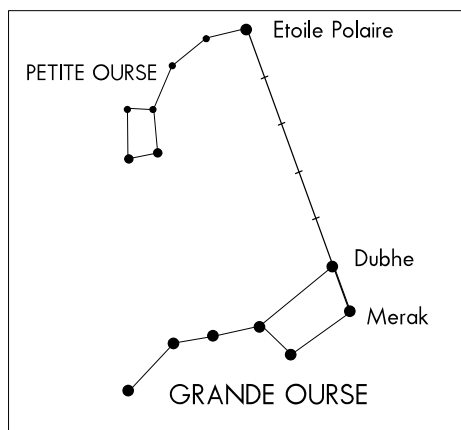
SOLUTIONS

Exercice 1

Il vaut mieux introduire l'exercice en commençant par expliquer clairement le phénomène avec les images [M&A_CLEA_Rotation_photo2.jpg](#) et [M&A_CLEA_Rotation_photo3.jpg](#) (ou avec Rotation de ciel.ppt) :

1. A partir de la diapositive n°1, on montre aux élèves comment on reconnaît la Grande Ourse (la casserole), puis l'étoile Polaire (sans expliquer ce qu'elle a de particulier) ; celle-ci paraît alignée avec Dubhe et Merak, la distance apparente Polaire-Dubhe valant 5 fois la distance Merak-Dubhe.

2. On projette ensuite la diapositive n°2 et on demande aux élèves de la commenter. Le sapin au premier plan sert à prouver que l'appareil photo n'a pas été déplacé.



On explique qu'il s'agit d'une pose photo qui a duré un certain temps et que les étoiles se sont déplacées pendant cette durée.

3. La première étape consiste à chercher à reconnaître les constellations. On projette la diapo sur un tableau, blanc ou noir, sur lequel on pourra écrire. On marque l'emplacement des étoiles au début de la pose (on ne le voit pas sur la photo mais le sens de déplacement est le sens trigonométrique direct). On trouve alors la Grande Ourse (voir solution 1). À partir de Dubhe et Merak, on obtient ensuite la Polaire qui est presque au centre du mouvement apparent. Les élèves trouvent en général qu'elle paraît immobile parce qu'elle se trouve dans le prolongement de l'axe de la Terre, au-dessus du pôle Nord (Pôle → Polaire). Ceci est vrai à un degré près.

On peut aussi utiliser un globe terrestre, coller au plafond une gommette dans l'axe de la Terre. Ce sera l'étoile Polaire. Un personnage (type lego par exemple) est fixé sur le globe avec de la pâte adhésive et vise la Polaire avec son bras. Quand on fait tourner le globe, il indique toujours la même direction.

On distribue ensuite la photocopie du document 1. On explique qu'il s'agit du négatif de la diapositive précédente. Les élèves retrouvent dessus la Grande Ourse et la Polaire.

4. Quel est le temps de pose de cette photo ?

On peut demander ce qu'on obtiendrait avec une pose de 24 heures (en hiver au pôle Nord) ou de 12 heures. Il est plus difficile de trouver le temps précis ici mais on peut déjà l'estimer à moins de 6 heures.

On laisse les élèves chercher un certain temps seuls avec compas, papier calque ou rapporteur. Les idées sont ensuite mises en commun.

La Polaire sera prise comme centre bien que celui-ci en soit normalement distant de presque 1 degré soit 1,5 mm sur le document.

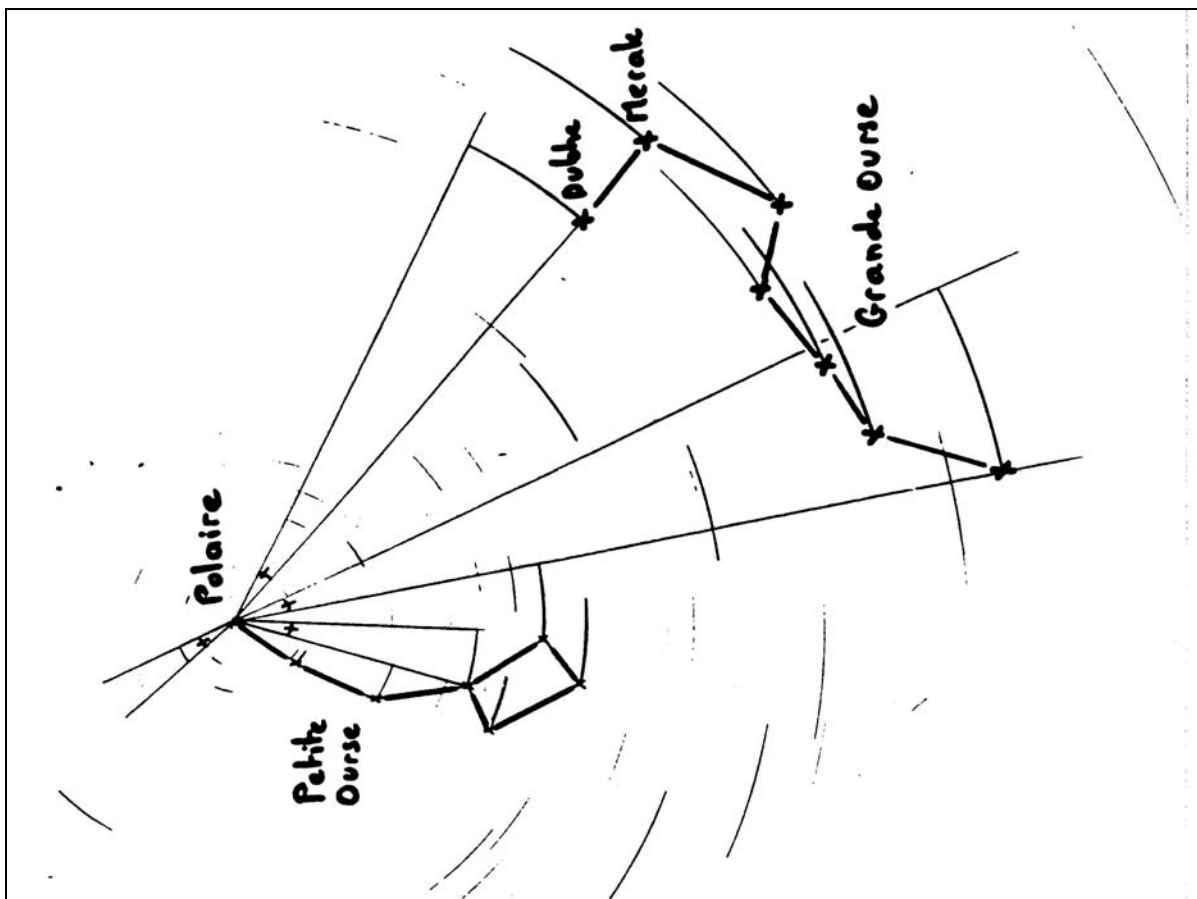
On fera remarquer que l'angle au centre est le même quelle que soit l'étoile choisie. Chaque élève tracera au moins deux angles.

Les mesures donnent 15° soit une heure de pose. ($360^\circ \rightarrow 24h$; $15^\circ \rightarrow 1h$)

Commentaires :

- Il est courant que les élèves imaginent que les traînées les plus longues correspondent aux étoiles les plus éloignées de la Terre alors que ce sont celles qui sont angulairement les plus éloignées de la Polaire (maximum pour les étoiles situées à l'équateur à 90° de la Polaire)

- On obtient des angles égaux pour des arcs de longueurs différentes. Avec cet exemple, les élèves doivent bien faire la différence entre longueur et mesure d'angle.



Solution 1

Exercice 2

Le principe est le même mais cette fois le centre du mouvement apparent n'est pas sur la photo. De plus, il vaut mieux ne pas montrer la Grande Ourse pour que les élèves cherchent des méthodes de construction géométrique.

1. Pour comprendre le principe, il est préférable de commencer par la photo n°2. On peut leur faire trouver le temps de pose de cette première photo avec le document n°1 ou le chercher ensemble.

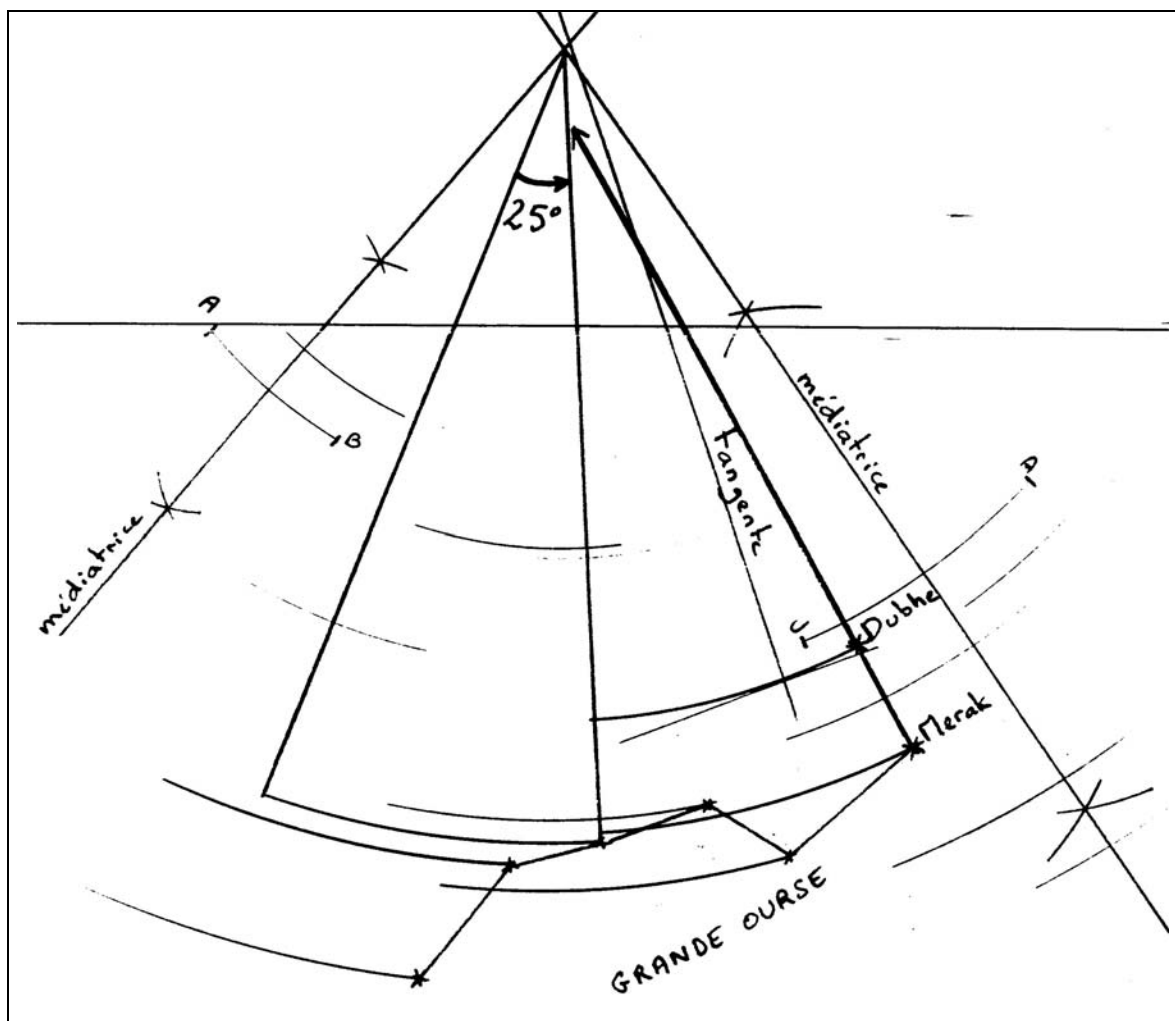
2. On projette maintenant la photo n°3. Comment déterminer son temps de pose ? Il faut pour cela connaître l'angle de la rotation et donc auparavant trouver son centre. Le document n°3 est distribué aux élèves qui doivent chercher différentes méthodes.

Plusieurs solutions sont en général proposées :

- Planter le compas un peu au hasard en essayant de retracer les arcs de cercle de la photo. Cette méthode peu précise permet de savoir dans quelle région on doit trouver le centre.
- Trouver l'étoile Polaire. Si les élèves ont fait le premier exercice, certains penseront à cette méthode. En effet, la Grande Ourse est encore sur la photo (voir solution 2) et on peut obtenir la Polaire en traçant la droite Dubhe Merak et en reportant environ 5 fois l'écartement. La méthode est approximative et de plus l'Étoile Polaire n'est pas exactement le centre de la rotation.
- Les constructions géométriques seront plus faciles à obtenir si l'on a fait auparavant quelques exercices de révision sur les cercles, médiatrices et tangentes. La solution par la construction des médiatrices passe mieux et est plus précise que le tracé de perpendiculaires aux tangentes.

Les élèves choisissent quelques étoiles et tracent les médiatrices des cordes. Il faut au moins en prendre trois pour vérifier si l'on obtient bien un seul centre. On peut utiliser les étoiles qui sont au bord du cadre en haut à gauche pour trouver le centre (mais non pour trouver l'angle). En général, les trois médiatrices ne sont pas réellement concourantes et les élèves se retrouvent bien embêtés. Mais une photo déforme, la photocopieuse aussi et on ne peut trouver qu'un centre approximatif.

4. On peut pour terminer retrouver la Grande Ourse sur la photo (voir exercice 1) et vérifier que le centre du mouvement apparent est presque aligné avec Dubhe et Merak, très près de l'Étoile Polaire.



Solution 2

Exercise 3

1. On effectue une rotation dont le centre est l'étoile Polaire et d'angle 45° dans le sens direct.
2. Si on appelle P la Polaire, le triangle PA_1A_2 doit être isocèle en P et l'angle de sommet P doit mesurer 30° . L'angle de sommet A_1 mesure donc 75° ainsi que celui de sommet A_2 . Deux positions semblent possibles pour P. Il faut choisir celle de droite afin que la rotation s'effectue dans le bon sens.

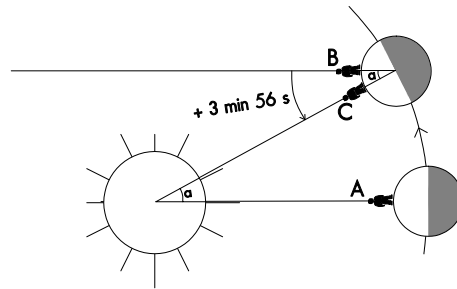
COMPLEMENTS POUR L'ENSEIGNANT

1. Les constellations ne sont qu'un moyen pratique pour se repérer dans le ciel et n'ont aucune réalité physique. Une étoile comme Merak est située à 80 années lumière de nous alors que Dubhe, qui semble proche est à 130 années lumière.
2. À partir de 1922, l'Union Astronomique Internationale a mis de l'ordre dans les constellations dont les limites et le nombre ne dépendaient que de la tradition. Le nombre des constellations a été fixé à 88 et on a conservé leur nom latin, Ursa Major pour la Grande Ourse par exemple (abréviation : UMa). Les étoiles brillantes ont conservé leur nom hérité de l'antiquité, l'appellation arabe ayant le plus souvent survécu aux autres. Elles sont aussi désignées par les lettres successives de l'alphabet grec normalement dans l'ordre d'éclat décroissant, alpha est la plus brillante, bêta la suivante ...

L'étoile Dubhe (nom arabe) de la Grande Ourse est ainsi appelée alpha Ursae Majoris (lettre grecque + génitif latin).

3. Par rapport aux étoiles, la Terre tourne sur elle-même en 23 h 56 min 4 s et non en 24 h.

Explication : sur ce schéma, il est midi pour le personnage au point A. Après 23 h 56 min 4 s, la Terre a fait un tour sur elle-même par rapport aux étoiles mais a aussi avancé sur son orbite. Le personnage se retrouve en B et il n'est pas encore midi. Il lui faudra attendre encore environ 4 minutes pour se retrouver en C, à nouveau à midi solaire. On retrouve donc 24 h entre deux midis solaires.



Le calcul précis peut se faire à partir de vitesses angulaires en prenant la Terre comme centre.

La vitesse angulaire de rotation de la Terre par rapport aux étoiles est de $1/23,934$ tour/heure.

La vitesse angulaire du Soleil autour de la Terre est de $1/8\,766$ tour/heure (par rapport aux étoiles).

La vitesse de rotation de la Terre par rapport à la droite Terre Soleil est donc de $1/23,934 - 1/8\,766$.

Si on appelle T la période correspondant, on a : $1/T = 1/23,934 - 1/8\,766$.

On retrouve bien 24 heures pour T.

4. Il est assez facile de réaliser des photos du mouvement apparent des étoiles à condition d'avoir un appareil permettant de faire des poses longues. L'appareil photo étant sur pied, on fait une pose d'une heure maximum. On peut tester différents réglages en sensibilité et ouverture. Le principal problème en numérique est que le fond de ciel ne reste pas noir. Pour éviter ce problème, on peut faire une série de poses plus courtes (5 minutes par exemple) et les ajouter ensuite numériquement.

Il est possible de fixer le sens de la rotation apparente du ciel sur la photo, en occultant par exemple quelques secondes l'objectif un peu avant la fin de la pose. Les traînées de chaque étoile sont alors interrompues. On obtient le sens trigonométrique direct (quand on regarde vers le nord). En observant en direction du Pôle Sud céleste, on obtiendrait évidemment le sens indirect.

5. Lorsque la Terre tourne autour du Soleil, on pourrait croire que son axe qui garde une direction fixe dans l'espace pointe différentes étoiles au cours de l'année. En réalité, le déplacement de la Terre est ridiculement petit comparé aux distances des étoiles. Ainsi, l'étoile Polaire est située 30 millions de fois plus loin que le Soleil. C'est pour cela que l'axe de la Terre semble toujours être dirigé vers la Polaire, quelle que soit la position de la Terre sur son orbite.

6. Le Pôle Nord céleste est situé en réalité à près d'un degré de l'étoile polaire (45' en 2000)

7. Sur quelques siècles, on peut considérer que l'axe de la Terre a une direction fixe mais ce n'est plus vrai à long terme puisqu'il décrit un cône avec une période de 26000 ans. L'étoile Polaire actuelle, alpha de la Petite Ourse n'a donc pas toujours été Polaire. Il y a 4000 ans, c'était alpha du Dragon et dans 12000 ans ce sera Véga.

Ce mouvement appelé précession s'explique par les attractions combinées du Soleil et de la Lune sur le renflement équatorial de la Terre.

8. Est-ce la Terre qui tourne sur elle-même ou le ciel qui tourne autour de la Terre ?

À l'époque de Galilée, le seul argument est celui de la simplicité. Comme il le dit lui-même : «...qui voudrait croire que la nature (tous s'accordent à penser qu'elle ne met pas en œuvre beaucoup de moyens quand elle peut se contenter de peu) ait choisi de mouvoir à une vitesse inconcevable un nombre immense de très grands corps, pour produire un résultat auquel suffirait le mouvement modéré d'un seul corps tournant autour de son propre centre ? ».

Le calcul montre d'ailleurs que la plus proche étoile située à 4 années lumière de nous devrait aller 10 000 fois plus vite que la lumière pour arriver à boucler le tour de la Terre en 24 heures ...

Il est donc plus simple de considérer que c'est la Terre qui tourne sur elle-même.

À PROPOS DES DOCUMENTS JOINTS

M&A CLEA 01 Rotation Mvt apparent film

Trois films montrant la rotation apparente du ciel. Chaque film est en réalité un "time lapse", une animation vidéo réalisée à partir d'une série d'images fixes prises à intervalle régulier.

M&A CLEA 01 Rotation Mvt apparent film MM.mp4

Il s'agit d'un montage de 82 vues à raison d'une vue toutes les 1 min 15 s (pose de 50 secondes pour chaque photo). Durée totale : 1 h 42 min.

Matériel : Canon 350D sur un pied photo fixe, focale 18 mm, ouverture 5,6, sensibilité 400 ISO

Fait le 21/03/2009 de 22 h 05 min à 23 h 47 min à Saint Jean de Bœuf (21) par Marc Morisson (SAB)

Traitement par Movie Maker après réduction des clichés en 640 x 480 pixels.

M&A CLEA 01 Rotation Mvt apparent film OG1.mp4

M&A CLEA 01 Rotation Mvt apparent film OG2.mp4

Deux "time-lapses" d'Olivier Gayrard (CLEA) réalisés avec VirtualDub. Le premier montre la Polaire, la Petite Ourse et la Grande Ourse, le deuxième pointe vers l'équateur céleste.

M&A CLEA Rotation de ciel.pps

Diapo 1. Titre

Diapo 2. Photo de la Grande Ourse et chemin pour trouver l'étoile Polaire.

Diapo 3. Photo rotation de ciel (1 h) et recherche Grande Ourse et Polaire

Diapo 4. Schéma de la rotation. On peut expliquer les deux modèles équivalents, le ciel tourne autour de la Terre ou la Terre tourne sur elle-même, le deuxième modèle étant le plus simple.

Diapo 5. Photo mouvement apparent avec Cassiopée en haut à gauche, Andromède et une partie de Pégase. Les couleurs des étoiles y sont bien visibles.

Diapo 6. Photo du mouvement apparent avec la Grande Ourse mais sans la Polaire.

M&A CLEA Rotation photo1 2 3 4

Photo 1 : la Grande Ourse

Photo 2 : mouvement apparent du ciel (Grande Ourse et Polaire) avec premier plan.

Photo 3 : mouvement apparent du ciel avec la Grande Ourse sans la Polaire.

Photo 4 : mouvement apparent du ciel avec Cassiopée, Andromède et une partie de Pégase.

