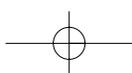
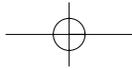


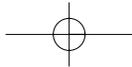
les CAHIERS de L'ENSEIGNANT

ASTRONOMIE

le système solaire les constellations activités







SOMMAIRE

Les constellations

Qu'est-ce qu'une constellation ? p.05

Aspect spatial – une question de point de vue
Evolution dans le temps

Partage du ciel p.07

Hémisphère nord - Hémisphère sud
Constellations zodiacales

Quelques exemples p.06

Grande Ourse
Petite Ourse
Céphée et Cassiopée
Andromède et Persée
Pégase

Le système solaire

Historique p.11

L'astronomie grecque
La Renaissance
Et maintenant

Composition p.12

Lois de Képler
Le Soleil
Les planètes du système solaire

Planètes telluriques p.14

Mercurure
Vénus
Terre
Mars

Planètes géantes p.16

Jupiter
Saturne
Uranus
Neptune

Principales caractéristiques des planètes du système solaire p.19

Astéroïdes, comètes et objets de Kuiper p.20

Astéroïdes
Comètes
Des pierres tombées du ciel, les météorites
Objets de kuiper

Activités

Activité 1: Maquette de la Grande Ourse p.22

Activité 2: Une maquette du système solaire dans sa classe p.25

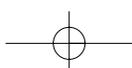
Activité 3: Mesure de la circonférence de la Terre p.27

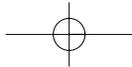
Activité 4: Réalisation et utilisation d'un planiciel p.29

Activité 5: lever et de coucher du Soleil en 2007 p.39

Activité 6: Comment Galilée calcula la hauteur des montagnes sur la lune p.40

Lexique





I N T R O D U C T I O N

L'observation des étoiles et les connaissances sans cesse renouvelées sur notre système solaire font rêver les élèves.

L'Espace des sciences, Centre de Culture Scientifique, Technique et Industriel de Rennes, vous propose en location différentes expositions sur l'astronomie ("Questions d'espace", "Le système solaire", "Chroniques martiennes"...).

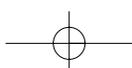
Avec un planétarium itinérant, un animateur de l'Espace des sciences est également à votre disposition dans les collèges d'Ille-et-Vilaine, pour une initiation à la découverte du ciel étoilé.

Ce document, destiné à des enseignants de collège, permet de préparer et d'exploiter ces animations en donnant des informations complémentaires et en proposant des activités. Plusieurs disciplines peuvent être concernées : l'histoire, le français, la physique, la technologie, les sciences de la vie et de la Terre, les arts plastiques...

La mythologie grecque, la conquête spatiale, l'apparition de la vie, la mécanique, la réalisation de maquettes (système solaire...) sont autant de sujets émergeant d'une thématique comme l'astronomie. Des projets pluridisciplinaires peuvent aisément être mis en place à partir d'un tel thème. L'Espace des sciences peut si vous le désirez, vous aider à monter des projets réalisés par vos élèves, éventuellement valorisés par une exposition.

Dans les deux premières parties de ce cahier, quelques informations sont données sur les constellations (qu'est-ce que c'est ? comment les repérer ?...) et sur le système solaire. Dans une troisième partie, quelques activités pédagogiques sont proposées. Elles sont très variées. Vous trouverez aussi bien des calculs mathématiques, des constructions graphiques que des réalisations pratiques. Vous pouvez également, sur réservation, venir visiter à Rennes, nos espaces d'expositions permanents et temporaires, et également vous offrir un fabuleux voyage dans l'espace à bord de notre Planétarium d'une capacité de 90 personnes.

Nous espérons que ce document répondra à votre attente et qu'il vous sera utile.



LES CONSTELLATIONS



Depuis les temps les plus anciens, les hommes ont remarqué l'apparente immobilité du ciel étoilé.

En réalité, les étoiles se déplacent à grande vitesse, mais leur éloignement rend le déplacement imperceptible. C'est un peu comme un avion qui se déplace très vite et haut dans le ciel. Du sol, on n'a pas l'impression qu'il va vite (environ 1000 km/h pourtant). Le déplacement des étoiles et donc la modification des constellations ne sont perceptibles que sur une échelle d'environ 100 000 ans !

Sur certaines pierres gravées il y a 200 000 ans, on retrouve des traces de certaines configurations formées par des étoiles.

Plusieurs millénaires avant notre ère, des astronomes chinois et égyptiens repéraient les directions dans le ciel par rapport à certains regroupements caractéristiques d'étoiles brillantes. Un peu comme nous qui nous orientons par rapport au Soleil qui se lève sur l'horizon est (Orient) et disparaît sous l'horizon ouest (Occident).

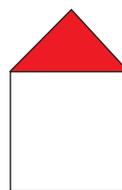
Qu'est-ce qu'une constellation ?

Etymologiquement, "constellation" vient du latin cum (avec) et stella (étoile).

Les constellations sont des regroupements d'étoiles aux contours imaginaires, mais de forme particulière. Les étoiles qui les constituent n'ont aucun lien physique entre elles.

Aspect spatial – une question de point de vue

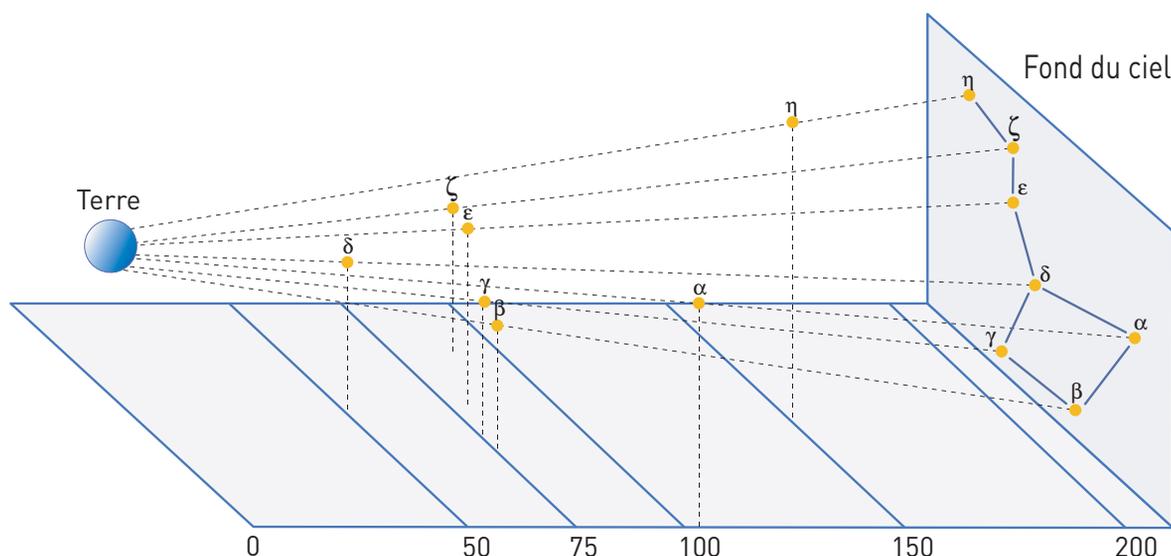
La forme d'une constellation résulte davantage d'un effet de perspective que d'un véritable regroupement d'étoiles dans une région du ciel. (Voir activité 1)



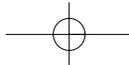
maison de face



maison de haut



Les étoiles de la Grande Ourse (ou Grand Chariot) sont représentées dans l'espace, avec indication de leur distance à l'observateur placé sur Terre. Celui-ci perçoit l'apparence trompeuse d'un regroupement d'étoiles projeté sur le fond du ciel.

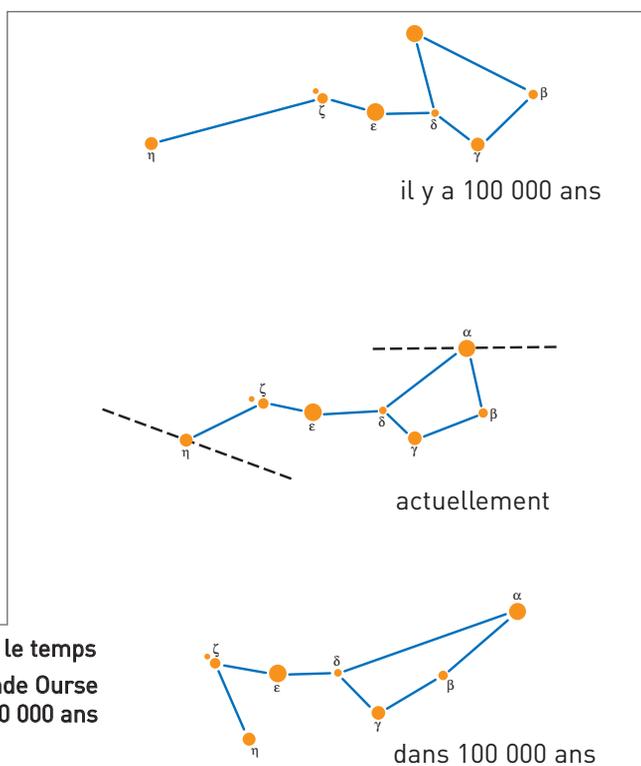


On peut comprendre également que la forme d'une constellation est liée à notre point de vue d'habitant du système solaire, de la Terre en particulier. Si nous observions le ciel depuis un autre point de l'Univers, il n'aurait pas du tout le même aspect (voir activité 1). De même que la forme d'une maison ou d'un objet peut être très différente selon qu'on les observe d'un endroit ou d'un autre.

Evolution dans le temps

3000 ans avant notre ère, pour les chaldéens, l'équinoxe de printemps (jour = nuit = 12h) se produisait quand le Soleil était dans la direction de la constellation du Taureau. De nos jours, cet événement se produit quand il est dans la direction de la constellation des Poissons. Cela prouve que, sur une grande échelle de temps, les étoiles se déplacent les unes par rapport aux autres.

Image 02 – grande ourse dans le temps
La forme du Grand Chariot dans la constellation de la Grande Ourse à 3 époques distantes de 200 000 ans



Le partage du ciel

Hémisphère nord – hémisphère sud

Le partage du ciel en constellations permet de repérer, plus ou moins précisément, la direction d'un astre.

Dans l'hémisphère nord, les noms des constellations sont inspirés de la mythologie grecque : Persée, Andromède... Des astronomes grecs les avaient baptisées dès le IV^e siècle AVJC.

Dans l'hémisphère sud, les noms des constellations sont plus récents et liés aux découvertes des grands navigateurs à partir du XVII^e siècle APJC. Elles reçurent des noms d'oiseaux (le paon, le toucan...) ou d'instruments scientifiques (le sextant, le microscope, l'horloge, la boussole...).

Actuellement, le ciel est partagé en 88 constellations définies depuis 1928. A l'échelle d'une vie humaine, elles ne se déforment pas et peuvent donc servir de repère.

constellations hémisphère nord, constellations hémisphère sud : voir page 07 et 08

Les constellations zodiacales

Les constellations devant lesquelles se déplace le Soleil pour un observateur terrestre sont appelées constellations zodiacales.

On commence à trouver leur trace chez les chaldéens vers l'an 3000 AVJC. Ce sont les babyloniens, vers l'an 1000 AVJC, qui les ont véritablement constituées.

Elles se nomment : Poissons, Bélier, Taureau, Gémeaux, Cancer, Lion, Vierge, Balance, Scorpion, Sagittaire, Capricorne et Verseau.

En réalité, il en existe une 13^e, mais les égyptiens

n'en ont pas tenu compte. Sans doute parce qu'avec 12 constellations, il était plus facile d'y associer les 12 mois de l'année.

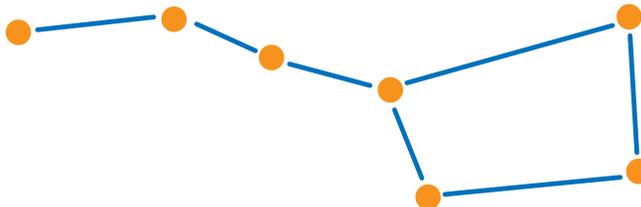
Quelques exemples : repérage et mythologie

La Grande Ourse

Elle est souvent identifiée au "Grand Chariot", et aussi appelée "les 7 bœufs", bien qu'elle contienne en réalité d'autres étoiles.

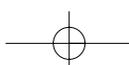
Traduit en latin, les "7 bœufs" se disent "septem triones" ce qui a donné septentrion. Les régions septentrionales sont voisines du Nord.

Les arabes appellent ce groupe d'étoiles "les pleureuses" : un cercueil et 3 pleureuses.



La Grande Ourse

Homère raconte que les soldats de garde de la guerre de Troie voyaient au cours de la nuit les "7 bœufs" tourner autour de l'étoile polaire, sans jamais se mouiller dans la mer (c'est-à-dire sans disparaître sous l'horizon).





constellations hémisphère nord

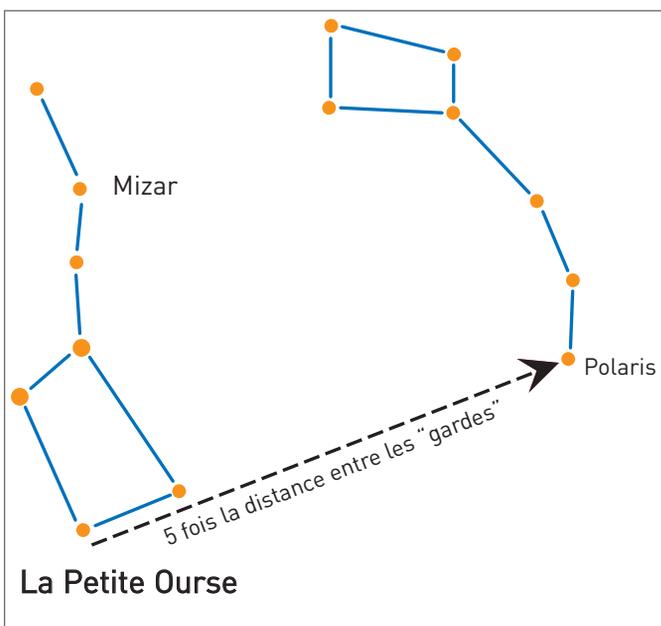


La Petite Ourse

Elle est aussi appelée le "Petit Chariot". Elle est renversée par rapport au Grand Chariot.

Une étoile intéressante est Polaris, l'étoile Polaire. Cette étoile est très proche de l'axe imaginaire de la rotation de la Terre sur elle-même.

Pour trouver Polaris, on part des 2 étoiles du devant de la "casserole" du Grand Chariot et on prolonge de 5 fois leur distance.

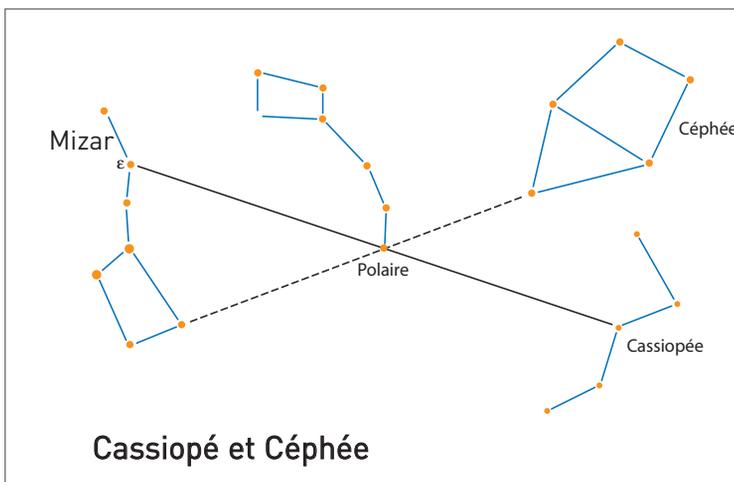


Cassiopee et Céphée

Pour repérer Cassiopee, il faut partir de la 3^e étoile de la queue de la Grande Ourse (l'étoile ϵ ou Mizar). On "trace" une droite qui passe par l'étoile Polaire. Cassiopee est alors deux fois plus loin de Mizar que de l'étoile polaire. Elle a la forme d'un grand W.

Céphée se trouve dans le prolongement de la droite issue du bord de la "casserole" et passant par l'étoile Polaire. Elle ressemble à un clocher à l'envers.

Elle est assez difficile à observer car ses étoiles ne sont pas très brillantes.



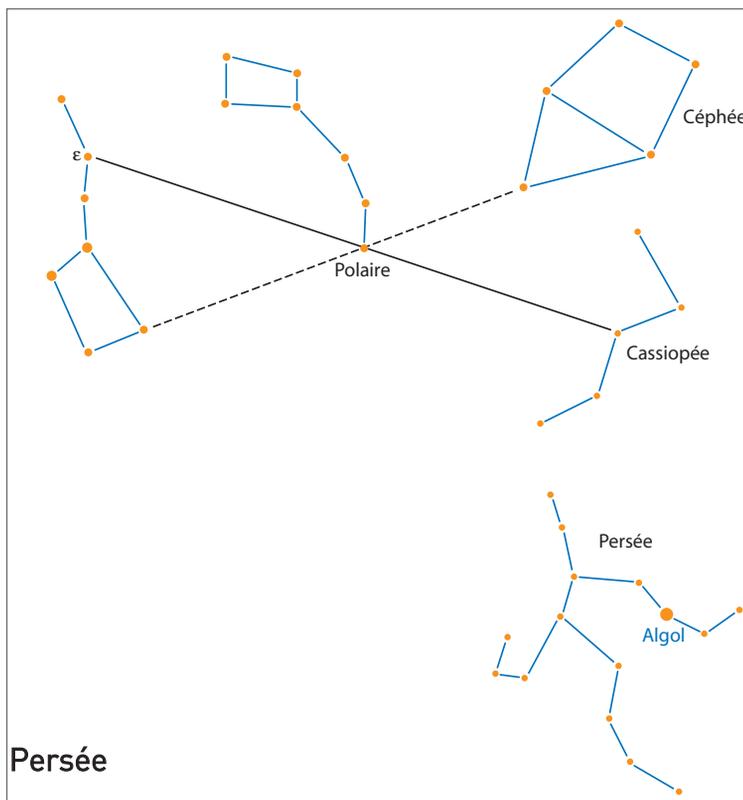
Cassiopee était l'épouse du roi d'Ethiopia Céphée. Littéralement amoureuse de son image, elle décréta un beau jour qu'elle était plus belle que les Néréides. Devant un tel toupet, le sang des 50 splendides filles de Nérée, vieux roi de la mer mis à la retraite par Poséidon, ne fit qu'un tour. Elles allèrent se plaindre au dieu de la mer. La colère de Poséidon s'abattit alors sur les sujets de Cassiopee. Le dieu expédia un gigantesque serpent des mers, Cétus, ravager les côtes d'Ethiopia. Le monstre surgissait là où personne ne l'attendait pour dévorer des malheureux pris au piège. Il s'en donna à cœur joie jusqu'à ce que les habitants s'en aillent consulter l'oracle d'Ammon en Libye. Ils y apprirent que pour les libérer du fléau, le roi devait livrer sa fille Andromède en offrande au monstre. Céphée et Cassiopee durent se soumettre à l'oracle et sacrifièrent leur fille (!)

Persée

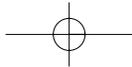
L'étoile la plus brillante de cette constellation est "Algol" qui signifie en arabe "étoile du démon", probablement parce que son éclat varie périodiquement.

Suite à la décision de ses parents, Céphée et Cassiopee (voir au-dessus), Andromède fut attachée à un rocher et offerte en pâture à Cétus. C'est alors que surgit le beau Persée, sur son cheval ailé Pégase.

Apprenant l'histoire d'Andromède et séduit par sa beauté, il alla voir Céphée et lui arracha la promesse de lui donner la main de sa fille s'il réussissait à la sauver. Le sort du monstre fut rapidement réglé. Persée trancha la tête d'une méduse devant Cétus qui fut instantanément transformé en gros tas de cailloux.



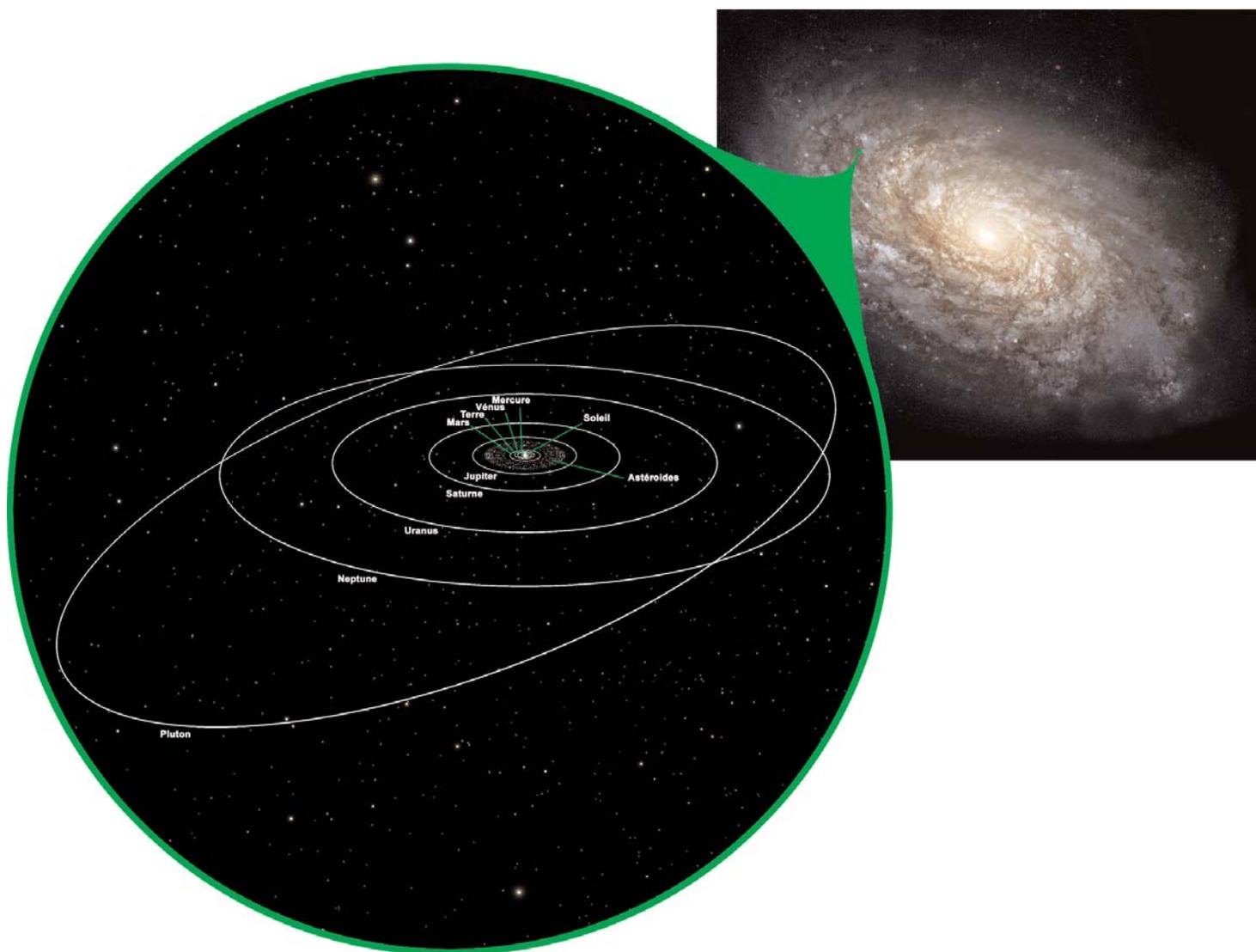
Persée se trouve sous Céphée et Cassiopee.



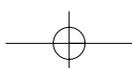
LE SYSTEME SOLAIRE



Le Soleil est une étoile moyenne parmi les quelques centaines de milliards repérées dans notre galaxie : la Voie Lactée



Le système Solaire



Historique

L'Univers a toujours fasciné les hommes, les conduisant à s'interroger sur leur place dans un monde dont ils s'efforcent de percer les secrets.

Les civilisations anciennes se sont très tôt référées aux astres pour les besoins de la vie quotidienne : le jour et la nuit, le cycle lunaire, l'agriculture et les saisons... Les primitifs interprétaient comme des colères célestes des phénomènes météorologiques tels que les orages ou les tempêtes, ou des phénomènes astronomiques tels que l'apparition de comètes ou l'obscurcissement du ciel lors d'éclipses... Ils y voyaient une manifestation de la volonté des dieux, et l'astrologie naquit ainsi du désir de connaître cette volonté et de prédire l'avenir.

Parallèlement, se développèrent des conceptions utilitaires : il était commode pour les agriculteurs de prédire le retour des saisons et les navigateurs se repéraient par rapport aux étoiles. Le souci de mesurer le temps conduisit à instaurer des calendriers.

Au sentiment de l'arbitraire surnaturel (ou divin) se substitua alors celui d'un monde soumis à des lois. L'astronomie devint une science, et c'est à l'époque hellénique que l'on doit ce tournant.

L'astronomie grecque

Au VI^{ème} siècle avant notre ère, avec **Thalès** et l'école ionienne, on ne fit plus appel au surnaturel pour expliquer les phénomènes célestes. Les philosophes de cette école étaient convaincus que l'Univers est intelligible et soumis à des lois. Ils découvrirent que la Terre est éclairée par le Soleil et qu'il en est de même pour la Lune et les planètes. Ils expliquèrent aussi les éclipses de Lune par le passage de celle-ci dans l'ombre de la Terre. Cependant, ils croyaient celle-ci plate et qu'elle flottait sur l'Océan.

A la fin du VI^{ème} siècle, **Pythagore**, sur des considérations d'harmonie géométrique, émit l'idée d'une Terre sphérique. Aristote confirma un siècle plus tard en s'appuyant sur trois observations :

- l'apparition des mâts des navires éloignés avant leur coque,
- l'apparition de nouvelles étoiles quand on se déplace vers le Sud,
- la forme circulaire de l'ombre de la Terre sur la Lune lors des éclipses.

Philaos, 400 ans avant notre ère, fut le premier à proposer une vision cosmologique. Le centre de l'Univers, demeure des dieux, est une sphère de feu. Autour d'elle, se répartissent trois domaines concentriques : le Ciel, le Monde et l'Olympe.

- L'Olympe, monde parfait, contient les étoiles "fixes".
- Le Monde comprend les cinq planètes alors connues (Mercure, Vénus, Mars, Saturne, Jupiter), la Lune et le Soleil. Celui-ci est transparent et illuminé par le feu central.
- Le Ciel s'étend entre la Lune et le feu central. La Terre y accomplit sa révolution d'Est en Ouest en tour-

nant toujours vers le feu central sa face opposée à la Grèce, ce qui rend ce feu inobservable.

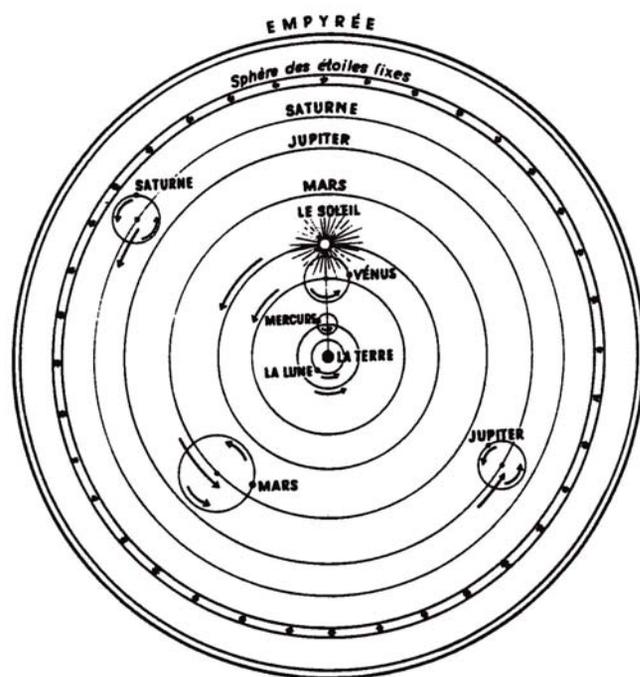
Cette énumération conduit à un total de 9 corps célestes : la sphère des étoiles, les 5 planètes, la Terre, la Lune et le Soleil.

Au IV^{ème} siècle, **Platon** exposa sa théorie : l'espace, infini, contient l'Univers, lui-même fini et sphérique ; **la Terre est au centre**. L'éther remplit l'espace dans lequel circulent les astres, selon des lois immuables. L'Univers est partagé en 9 régions concentriques : La plus externe contient les étoiles fixes; elle tourne sur elle-même, autour de l'"axe des mondes", ce qui explique le mouvement diurne (déplacement des étoiles sur la journée).

Sur les orbites inférieures circulent Saturne, Jupiter, Mars, Mercure, Vénus, le Soleil et la Lune (dans cet ordre). Chacune tourne avec une vitesse différente. Le dernier orbe est celui de la Terre; il est immobile et au centre.

Aristote affina ensuite ce modèle : le mouvement des planètes, de la Lune et du Soleil s'expliquent chacun par un mécanisme propre, indépendant des autres et résultant du mouvement de 55 sphères homocentriques. Cette théorie, assez complexe, postule que les distances des planètes, du Soleil et de la Lune à la Terre sont constantes. Elle ne permet donc pas d'expliquer la variation de l'éclat des planètes et du diamètre apparent de la Lune, ni la non uniformité du mouvement du Soleil.

Ptolémée rassembla dans sa "syntaxe mathématique" ses travaux et ceux des astronomes de l'époque, Hipparque en particulier.



Le système de Ptolémée

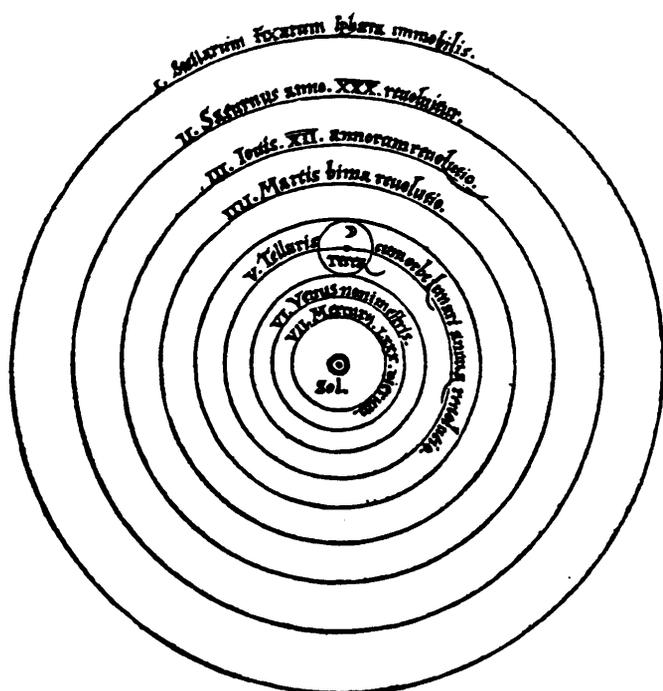
A la suite des conquêtes d'Alexandre le Grand, la civilisation grecque pénétra le sud du bassin méditerranéen, et en particulier Alexandrie où l'astronomie connut un développement spectaculaire. L'un des premiers résultats de l'école d'Alexandrie, fut la mesure de la circonférence de la Terre (voir activité 3) par **Eratosthène**.

La Renaissance

Il faut attendre le XVI^{ème} siècle pour que se dessine une nouvelle image de l'Univers avec l'abandon du géocentrisme (Terre au centre). On la doit à un moine, **Nicolas Copernic** (1473 – 1543). Pour lui, la Terre est une planète comme les autres, placée sur son orbite. Le Soleil est au centre de ce système. C'est la renaissance de l'héliocentrisme.

Pour Copernic, les planètes tournent autour du Soleil, tout en tournant sur elle-même.

Le Soleil est au centre de l'Univers d'où, manifestation visible de Dieu, il illumine le monde.



système Copernic

Galilée (1564 – 1642), pour avoir défendu la théorie de Copernic fut condamné par l'Inquisition. Pour échapper au bûcher, il abjura en prononçant la fameuse phrase "eppur si muove" (et pourtant, elle tourne).

Tycho Brahé (1546 – 1601) montra que les objets de la sphère des étoiles pouvaient subir des modifications. Le monde des astres, qui commence au-delà de la Lune, n'est donc pas immuable.

Képler (1571 – 1630) montra que le mouvement des planètes est une ellipse dont le Soleil est un des foyers. (Voir le paragraphe : lois de Képler)

Plus tard, **Newton** (1642 – 1727) proposa la théorie de la gravitation universelle. La chute des corps et le mou-

vement des planètes sont, tous deux, les conséquences de cette force d'attraction

Et maintenant

Le Soleil, par sa masse, retient auprès de lui un ensemble de corps célestes qui vont des planètes aux grains de poussières interplanétaires en passant par les comètes, les météorites etc...Ce système s'est formé il y a 4,6 milliards d'années quelque part dans un bras de la Voie Lactée (notre galaxie), à partir d'une nébuleuse de gaz et de poussières.

Il faut ajouter 2 nouvelles planètes aux 6 déjà connues jusqu'au XVII^{ème} siècle.

- Uranus découverte en 1781 grâce au télescope de William Herschel,

- Neptune découverte en 1846 par l'allemand Johann Gottfried Galle d'après les calculs du français Urbain Le Verrier. Elle était très mal connue jusqu'à son survol par la sonde Voyager 2 en 1989,

Notre système solaire est donc principalement constitué d'une étoile (le Soleil), de huit planètes principales, une centaine de satellites naturels, d'une dizaine de milliers d'astéroïdes, de millions de comètes et de milliards de météorites et poussières cosmiques.

Composition

Lois de Képler

Les planètes du système solaire ont un mouvement régi par les **lois de Képler** :

Première loi : Chaque planète décrit une orbite elliptique dont le Soleil occupe l'un des foyers.

Deuxième loi (loi des aires) : Le rayon vecteur qui joint la planète au Soleil balaye des aires égales pendant des durées égales.

Troisième loi : Si a est le demi grand axe de l'ellipse et T la période de son mouvement, on a la relation :

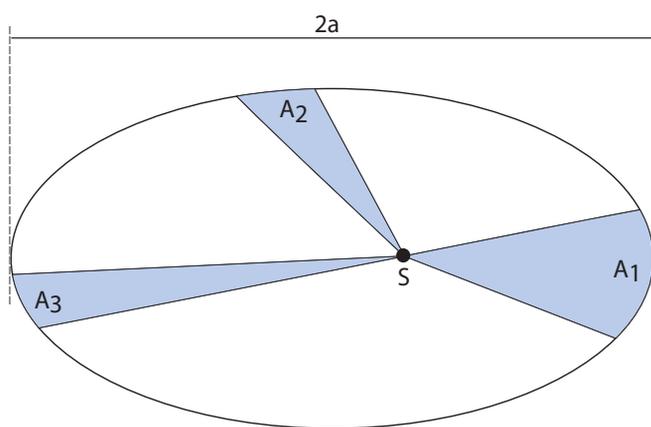
$T^2 = k a^3$, k est une constante qui dépend de la masse de la planète

A_1, A_2 et A_3 sont trois aires égales balayées pendant la même durée.

Cela implique que si la planète s'éloigne du Soleil, elle ralentit.

le Soleil

Le Soleil est une étoile qui brille depuis environ 4,6



loi des aires

milliards d'années. Son diamètre équivaut à 109 fois celui de la Terre, ce qui peut nous apparaître énorme. Le Soleil n'est cependant qu'une étoile moyenne. Il existe des étoiles dont le diamètre peut être supérieur à 1000 fois celui du Soleil !

Le Soleil est une grande boule de gaz principalement constituée de dihydrogène. Porté à de très hautes températures et soumis à des pressions importantes, le dihydrogène, qui est au cœur du Soleil, se transforme en hélium selon le principe de la fusion nucléaire. Cette transformation s'accompagne d'un rayonnement qui met environ 1 million d'années, à partir du centre du Soleil, pour en arriver à sa surface. Ensuite, il ne met plus que 8 minutes et 20 secondes pour venir jusqu'à la Terre.

La lumière solaire qui frappe donc la Terre en ce moment a été fabriquée au temps des premiers hommes.

Le Soleil n'émet que du rayonnement, de la lumière. Il ne peut émettre de la chaleur puisqu'il n'y a que du vide entre lui et le reste de l'Univers. Pour se propager, la chaleur a besoin d'un milieu de propagation, donc de matière. Elle ne peut pas se propager dans le vide.

La température du Soleil augmente au fur et à mesure qu'il vieillit avec le temps. Au moment de sa naissance, la température de son cœur était autour de 1 million de degrés. Aujourd'hui, elle est aux environs de 15 millions de degrés et en fin de vie, elle sera de 100 millions de degrés.

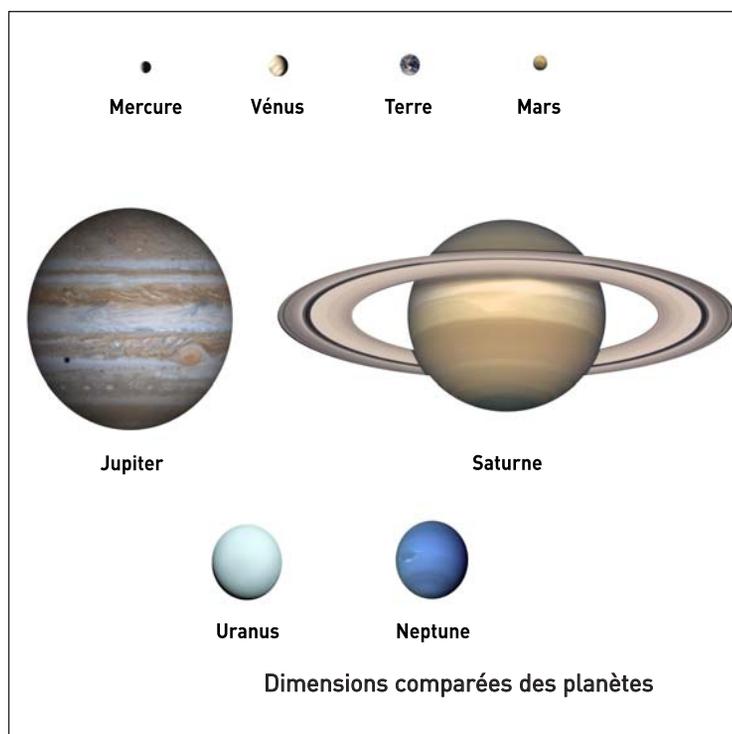
Une étoile est un astre qui brille par lui-même, mais pas éternellement, comme le pensaient les Anciens. Le Soleil a une espérance de vie estimée à 10 milliards d'années. Il est donc actuellement à peu près au milieu de sa vie. Quand il aura épuisé ses réserves de dihydrogène, il s'éteindra sans exploser et se transformera en naine blanche...mais nous avons encore environ 5 milliards d'années devant nous pour voir cela !

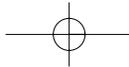
les planètes du système solaire

C'est l'exploration spatiale, et plus particulièrement des sondes comme *Voyager* (américaine) et *Giotto* (européenne) qui ont conduit à l'état actuel de nos connaissances sur le système solaire.

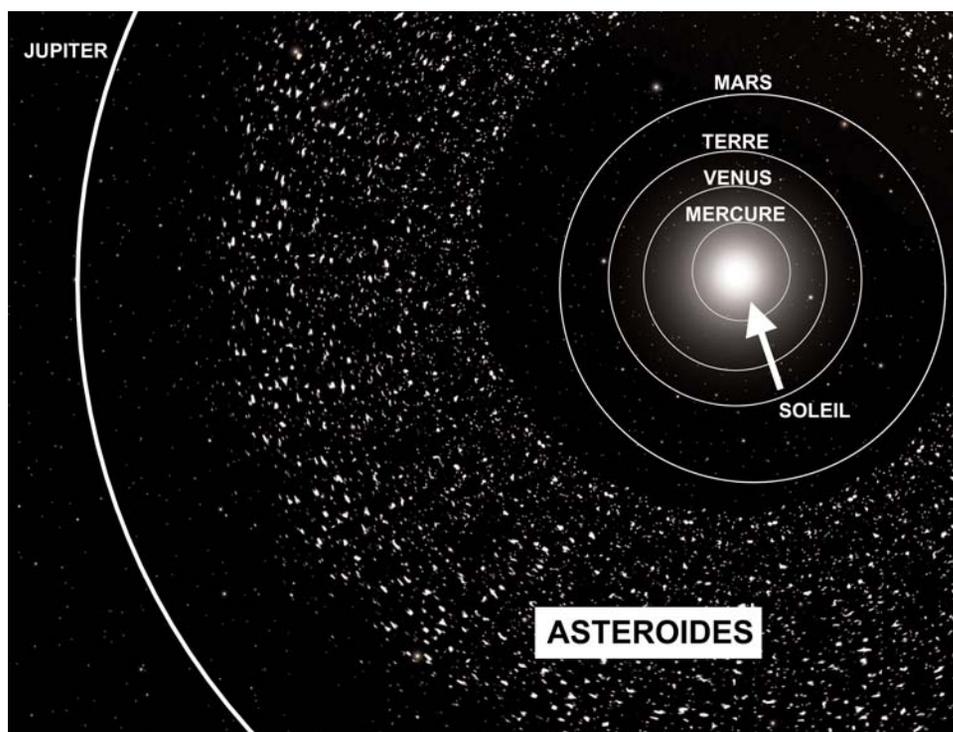
Les huit planètes principales du système solaire se répartissent en deux groupes :

- Les planètes solides ou telluriques : Mercure, Vénus, Terre et Mars.
- Les planètes gazeuses : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.





Entre les planètes telluriques et les planètes gazeuses, il y a une ceinture d'astéroïdes



Les planètes telluriques

Les planètes les plus proches du Soleil : (Mercure , Vénus, la Terre et Mars) sont solides, constituées de matériaux rocheux.

Quand elles existent, les atmosphères sont dues à un dégazage provenant de l'intérieur de la planète. Leurs propriétés dépendent des éléments présents et de l'évolution géologique et chimique ; elles varient au cours du temps.

La présence d'une atmosphère autour d'une planète la protège des chutes de météorites ou astéroïdes qui se désintègrent à son contact. Elle permet, grâce à un effet de serre, de maintenir une température pas trop froide (voire chaude..) et d'éviter des écarts trop importants entre le jour et la nuit. *L'effet de serre qui existe sur une planète dépend de la composition de son atmosphère.* Sur la Terre, il règne une température moyenne d'environ 15°C alors que sur Vénus cette température est d'environ 480°C.

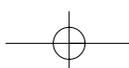


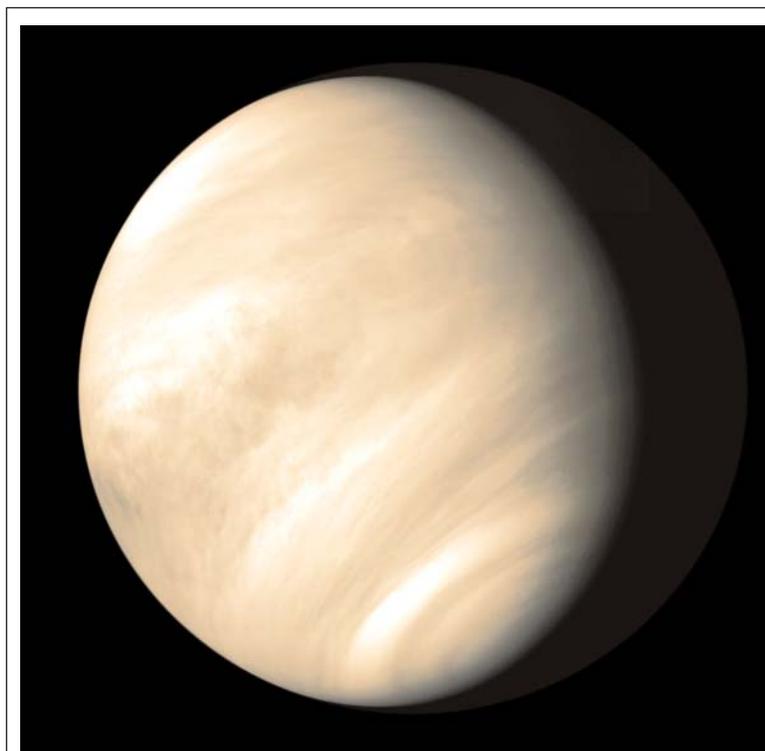
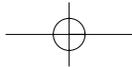
Mercure

Mercure est la planète qui tourne le plus près du Soleil. Elle présente un aspect similaire à celui de la Lune : elle est constellée de cratères d'impacts causés par la chute de météorites ou d'astéroïdes. Elle n'a pas d'atmosphère pour la protéger.

Sa proximité du Soleil, et l'absence d'atmosphère, y font régner une température très élevée le jour (environ 430 °C) et très basse la nuit (- 170 °C)

A l'œil nu, Mercure est un sujet difficile d'observation car elle reste proche de la direction du Soleil. Vue de la Terre, elle est visible sous l'aspect d'un discret point lumineux au-dessus de l'horizon au lever ou au coucher du Soleil.





Vénus

Vénus est la planète la plus brillante et la plus proche de la Terre (proche en distance et en dimension). Malgré sa proximité, Vénus est restée longtemps impénétrable. Il a fallu attendre les sondes spatiales pour mieux connaître sa surface, perpétuellement cachée par les nuages.

Contrairement à la Terre, son atmosphère très épaisse n'est pas favorable au développement de la vie car principalement constituée de dioxyde de carbone. La pression atmosphérique est près de 90 fois celle de la Terre. L'effet de serre y est tel que la température atteint 480 °C. De plus, Vénus est recouverte de nuages très acides (acide chlorhydrique et acide sulfurique). Un astronaute voulant explorer Vénus aurait toutes les chances d'être cuit, foudroyé par des éclairs, détruit par les acides, écrasé par la pression atmosphérique et asphyxié par le dioxyde de carbone.

Le jour vénusien (243 j) est plus long que l'année vénusienne (225 j).

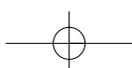
L'atmosphère très dense de Vénus est très réfléchissante et lui confère un éclat particulièrement fort. Elle est souvent visible le jour quand le ciel est de qualité suffisante.

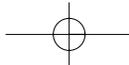
La Terre

Vue de l'espace, la Terre apparaît comme une boule bleue du fait de son atmosphère et de ses vastes océans qui la reflètent. C'est la plus massive des 4 planètes telluriques.

L'effet de serre, qu'entraîne la présence d'une atmosphère, et la distance au soleil y font régner une température favorable au développement de la vie.

La Terre est la seule planète du système solaire à continuer à évoluer. Son aspect est modifié par ses activités géologiques (volcans et dérive des continents) et par la présence de vie.





Mars

Comme sur la Terre, il y a des saisons sur Mars : la calotte polaire se couvre de givre en hiver et régresse en été. On y a trouvé des traces d'eau gelée aux pôles. Son atmosphère est très ténue. Il y a donc beaucoup de cratères d'impacts. L'absence d'effet de serre entraîne des écarts importants de température (-123 °C en hiver et 0°C en été). La moyenne des températures y est de l'ordre de -60°C.

L'atmosphère martienne étant principalement constituée de dioxyde de carbone, elle est irrespirable pour nous. Par ailleurs, l'atmosphère est si ténue qu'elle ne nous protégerait pas des radiations du Soleil ni de ceux du cosmos.. De telles conditions ne sont donc pas favorables au développement d'une vie proche de la notre. *Quand Mars est visible, elle est reconnaissable à sa couleur rouge qui résulte de la présence d'oxydes de fer.*



Les planètes géantes

Elles sont principalement constituées de dihydrogène et d'hélium. Elles ne possèdent pas de véritable sol, mais un noyau central constitué de roches.

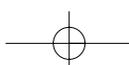


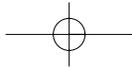
Jupiter

Jupiter a une composition proche de celle du Soleil, mais sa masse n'a pas été suffisante pour déclencher des réactions nucléaires et former une étoile.

La structure de l'atmosphère, en bandes étirées parallèlement à l'équateur, résulte d'une rotation rapide.

Par ailleurs, le dihydrogène combiné à d'autres éléments peu abondants donne des nuages de couleur vive agités d'ouragans violents provoqués par un intense dégagement de chaleur.



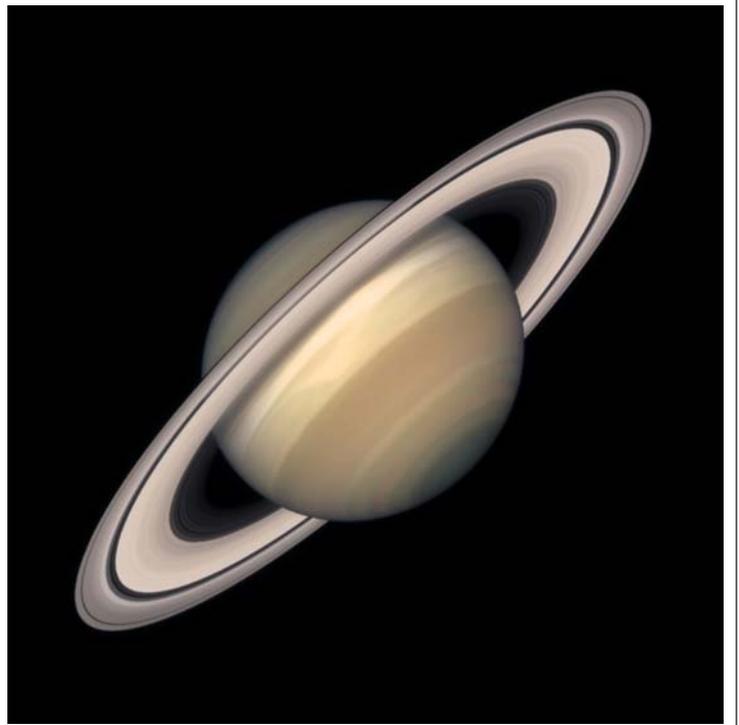


Saturne

Saturne a longtemps été considérée comme un cas unique et, à ce titre, comme le joyau du système solaire. Ses anneaux s'étendent sur 272 000 km. Galilée les observa le premier en 1610 grâce à sa lunette. Ils sont constitués de roches de quelques mètres de diamètre et recouvertes de glace d'eau.

Ce n'est qu'au XVIII^{ème} siècle qu'on découvrit qu'elle n'est pas la dernière planète du système solaire. La densité de Saturne est si faible que si on la mettait dans une grande baignoire d'eau, elle flotterait.

Parmi la dizaine de satellites qui gravitent autour de Saturne, Titan offre un intérêt particulier.

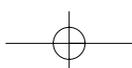


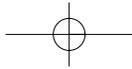
Uranus

Comme Jupiter et Saturne, elle a un système d'anneaux. Les siens sont très minces et difficilement observables avec un petit télescope.

Elle est difficilement visible car elle est petite et très éloignée de nous.

Sa couleur bleutée résulte de la présence de méthane.



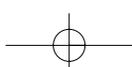


Neptune

Encore plus éloignée de la Terre qu'Uranus, elle est donc plus difficile à observer.

On peut y trouver des nuages blancs constitués de cristaux d'azote. Il y a aussi des vents très violents (environ 2400 km/h) qui sont les plus violents découverts dans une atmosphère planétaire.

Elle possède plusieurs anneaux, irréguliers et très fins. Ce n'est qu'en 1989 que la sonde Voyager II a pu l'observer au cours d'un passage au voisinage de la planète. On y découvrit des geysers qui projettent de l'azote liquide jusqu'à plusieurs km d'altitude. Ils créent une sorte de pseudo-atmosphère avec des vents repoussant en arrière les panaches de ces geysers. Une telle activité est encore inexpliquée.

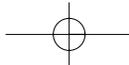


Principales caractéristiques des planètes du système solaire

Planètes telluriques

		Mercure	Vénus	Terre	Mars
Distance moyenne au Soleil	En U.A.*	.0,39	0,72	1	1,52
	En millions de km	57,9	108,2	149,6	227,9
Révolution autour du Soleil	Période	87,97 jours	224,7 jours	365,25 jours ou 1 an	1 an et 321,7 jours
	Vitesse en km/s	48	35	30	24
Période de rotation propre		58,7 jours	243 jours (rétrograde)	1 jour soit 23,94 h	24,6 h
Rayon en km		2440	6100	6400	3400
Masse en kg		$0,328 \cdot 10^{24}$	$4,87 \cdot 10^{24}$	$5,97 \cdot 10^{24}$	$0,639 \cdot 10^{24}$
Champ de pesanteur en N/kg		3,73	8,83	9,81	3,73
Atmosphère		Presque pas. Très peu d'hélium	96% de dioxyde de carbone 3% de diazote 1% vapeur d'eau	78 % de diazote 21% de dioxygène 1% argon etc...	Très ténue : 95% de dioxyde de carbone 2,7% de diazote 1,6% argon 0,7% autres gaz
Pression		Presque nulle ($\approx 10^{-9}$ hPa)	91000 hPa	1010 hPa	Entre 5 et 6 hPa
Température moyenne		430°C (jour) -170°C (nuit)	480 °C	15°C	-140°C en hiver et 27 °C en été
Satellites		Aucun	Aucun	1 : La Lune	2 : Phobos et Deimos

* U.A (unité astronomique) : 1 U.A. = distance Terre - Soleil \approx 150 millions de km



Planètes gazeuses

		Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Distance moyenne au Soleil	En U.A.*	5,2	9,54	19,18	30,06
	En millions de km	778,3	1429,4	2875	4504,4
Révolution autour du Soleil	Période	11,86 ans	29,46 ans	84,01 ans	164,79 ans
	Vitesse en km/s	13	10	7	5,5
Période de rotation propre		9,8 h	10,66 h	17,24 h	16,1 h
Rayon en km		71770	60300	25700	24800
Masse en kg		189,7.10 ²⁵	56,71.10 ²⁵	9,656.10 ²⁵	10,24.10 ²⁵
Champ de pesanteur à la surface des nuages en N/kg		24,8	10,5	8,83	11,2
Température moyenne à la surface des nuages		-121 °C	-125 °C	-193 °C	-225 °C
Satellites **		63 regroupés en 4 familles et des anneaux. Les plus gros : Io, Europe, Ganymède et Callisto (entre 3100 et 5300 km de diamètre)	33 regroupés en 4 familles et des anneaux (7 principaux) le plus gros : Titan (5150 km de diamètre)	27 regroupés en 3 familles et des anneaux Le plus proche des gros : Miranda	13 regroupés en 3 familles et des anneaux Le plus gros : Triton (2700 km de diamètre)

* U.A (unité astronomique) : 1 U.A. = distance Terre – Soleil \approx 150 millions de km

** Le nombre de satellites ne cesse d'évoluer au fil des observations. Chaque année, ce nombre augmente...Le nombre indiqué est celui de mars 2005.

Astéroïdes, comètes et objets tombés du ciel

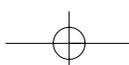
Les 8 planètes ne sont pas les seules à tourner autour du Soleil. Astéroïdes et comètes, par milliers, participent au même mouvement.

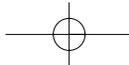


Astéroïdes

De petites dimensions (les plus gros ont une centaine de kms de longueur), les **astéroïdes** sont difficiles à observer et n'ont été découverts qu'au début du XIXème siècle.

On en connaît aujourd'hui plusieurs milliers ; la plupart gravitent entre l'orbite de Mars et celle de Jupiter. Certains ont des orbites très allongées qui les conduisent à passer près de la Terre ou du Soleil. Le plus souvent, ils ne sont pas assez massifs pour avoir une forme sphérique





Comètes

Les **comètes** sont connues depuis longtemps. Leur apparition, inexpliquée dans l'Antiquité, était un présage de catastrophe. C'est seulement au début du XVIIIème siècle que Halley montra que la comète qui porte son nom revient tous les 76 ans, décrivant une orbite très allongée.

Le noyau d'une comète a été observé pour la première fois en 1986 par la sonde européenne Giotto lors du dernier passage de la comète de Halley. C'est un amas de roches et de glace d'une quinzaine de km. Quand il s'approche du Soleil, sa surface s'échauffe et libère des gaz. Ils entraînent avec eux des grains de poussière qu'on observe sous l'aspect d'une auréole lumineuse d'environ 100000 km de long ; ils constituent la queue ou la chevelure de la comète.



Comètes et astéroïdes se sont formés en même temps que le Soleil et les planètes. Leur évolution ultérieure a été différente.

Localisés dans la même région, les astéroïdes ont pu entrer en collision. L'état de leur surface et leur composition résulte de ces interactions.

A l'opposé, à cause de leur éloignement, les comètes ont très peu de possibilités d'interactions. Leur étude pourrait donc nous renseigner sur les conditions qui régnaient dans la nébuleuse primitive d'où est issu le système solaire.

Des pierres tombées du ciel, les météorites

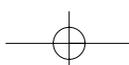
Notre système planétaire contient des objets de dimensions très variées, comprises entre celles des poussières qui diffusent la lumière du Soleil et celles de nos planètes géantes.

La surface de la Terre est continuellement bombardée par des pierres de tailles différentes.

Les pierres qui pénètrent dans notre atmosphère s'échauffent par frottement. Certaines se volatilisent ; ce sont des "étoiles filantes". Certaines météorites, de plus grosse taille, pourraient parvenir sur le sol. Elles causeraient alors de gros dégâts. Il y a environ 300 000 ans, une énorme pierre a creusé un cratère de 1 km de diamètre dans l'Arizona.

Objets de Kuiper

Les objets de Kuiper sont de petites planètes, ou objets trans-neptuniens nommés ainsi en hommage à l'astronome Kuiper qui, dans les années 50 avait prévu leur existence par le calcul. Aujourd'hui, plus de mille planètes ont été recensées au-delà de Neptune avec les mêmes caractéristiques que Pluton et des trajectoires similaires. On considère depuis le 24 août 2006 que Pluton n'est plus une planète du système solaire mais le plus gros représentant des objets de Kuiper.



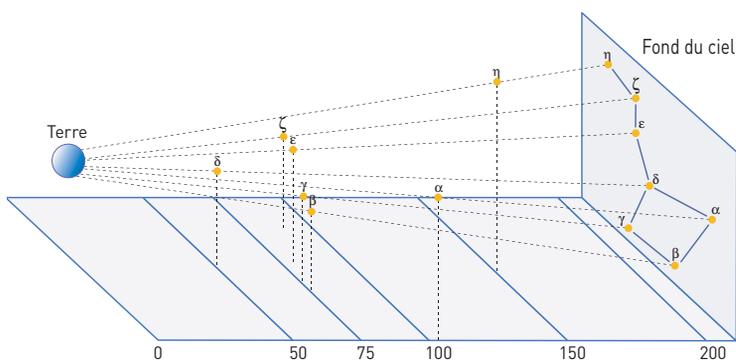
ACTIVITE 1

MAQUETTE DE LA GRANDE OURSE

ou comment réaliser simplement une maquette de la grande ourse ?

Les égyptiens représentaient déjà les constellations. Elles sont utiles pour se repérer dans le ciel. Elles ne correspondent pas à un regroupement réel d'étoiles dans le ciel. Aucune interaction physique n'existe entre les étoiles d'une constellation. Leur forme relève d'un effet de perspective.

On peut illustrer cet effet d'apparence trompeuse sur une constellation très connue : la Grande Ourse. Les 7 étoiles principales qui la constituent sont dans des directions voisines de la Terre, mais peuvent être à des distances très différentes.



projection grande ourse

Distance des étoiles de la Grande Ourse à la Terre :

Dubhe (α)	105 A.L.
Mérah (β)	78 A.L.
Phecda (γ)	80 A.L.
Megrez (δ)	55 A.L.
Alioth (ϵ)	78 A.L.
Mizar (ζ)	88 A.L.
Alkaïd (η)	150 A.L.

Ainsi, Alkaïd est 3 fois plus éloignée de la Terre que Megrez. Elles sont à 100 A.L. l'une de l'autre.

On peut rappeler que $1 \text{ A.L.} = 9,5 \cdot 10^{15} \text{ km}$ soit :
9 500 000 000 000 000 km !

Selon qu'on regarde ces étoiles de la Terre ou d'un autre point de l'Univers, l'aspect peut être très différent :

C'est ce phénomène que la maquette va nous permettre d'observer.

Réalisation de la maquette

Matériel nécessaire :

- une petite plaque de polystyrène (ou équivalent) : il faudra découper une plaque 10 cm sur 15 cm et 2 de 10 cm sur 2,5 cm
 - quelques piques à brochette en bois
 - 7 LED rouges de 3 mm
 - 7 supports de LED (facultatifs)
 - un peu de câble électrique souple fin rouge et noir (environ 2 m de chaque)
 - une pile plate (4,5 V)
 - 14 dominos (facultatifs) à laisser en barrettes.
 - 2 pinces crocodiles
 - quelques clous de 2 ou 3 cm de long
- budget (sans la pile) : environ 10 euros TTC**

Il faut prévoir aussi un fer à souder et de la soudure, une lime ronde (ou semi-ronde), du scotch solide (ou sparadrap).

Les étoiles sont représentées par des LED fixées sur des piques à brochettes enfoncées dans la plaque de polystyrène. Pour faciliter la fixation des LED et donc limiter le risque de faux-contacts, il est préférable de fixer les LED dans des petits supports en néoprène. Par ailleurs, cela améliore l'effet lumineux.

Préparation des LED

Enfoncer la LED dans son support (si vous en utilisez) puis soudez un fil d'environ 8 cm de long à chaque patte. Le sens du branchement de la LED est important.

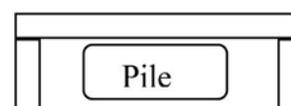
Pour bien repérer ses bornes, il est pratique d'utiliser des fils de couleur différente (rouge et noir par exemple). La patte la plus longue devra être reliée au + de la pile. Pour la repérer, il est vivement conseillé d'y souder un fil rouge. De même, il est conseillé de souder 8 cm de fil noir à la patte la plus courte.

Fixation des LED sur leur support

La hauteur des piques supportant les LED sont données à partir "du sol". Il faut y rajouter la longueur enfoncée dans le polystyrène qui dépend de l'épaisseur de la plaque que vous utilisez.

Etoile	α	β	γ	δ	ϵ	ζ	η
Longueur de pique en cm "hors sol"	2,2	1,2	1,2	2,2	3,2	4	4,5

Une fois la pique coupée à la bonne longueur, il faut incurver légèrement la partie supérieure, avec une lime courbe par exemple. On place ensuite le support de LED dans la petite cuvette puis on fixe le tout avec une petite bandelette de scotch solide (ou sparadra). Il n'est pas utile d'essayer de coller. Des piques à brochettes plantées en biais suffisent pour faire tenir l'ensemble. Si vous utilisez de la colle, attention à utiliser une colle spécifique



(pour polystyrène) sinon vous aurez des trous.
Préparation de l'emplacement de la pile

La pile peut être située sous la maquette si on surélève la plaque.

Pour cela, il faut découper dans du polystyrène 2 bar-

res de 10 cm de long et 2,5 cm de large.

Positionnement des piques qui supportent les LED sur la plaque en polystyrène.

Il faut matérialiser un repère sur la plaque de polystyrène et enfoncer les piques de chaque étoile dans leur emplacement défini par les coordonnées (X et Y). voir

étoiles	α	β	γ	δ	ϵ	ζ	η
X (cm)	10	9	7,5	7	6	4,3	2
Y (cm)	2,5	1,5	1,5	0,5	1,5	2	4,5

Echelle : 1 cm correspond à 25 A.L.

Des LED distantes de 4 cm symbolisent alors des étoiles distantes de 100 A.L. !

Il faut veiller à ce que les parties dénudées des pattes des LED ou des fils ne se touchent pas.

schéma ci-dessous

Raccordements électriques

1) Fixer à l'aide des clous la barrette de dominos (il en faut 14) sur la partie libre de la plaque de polystyrène.

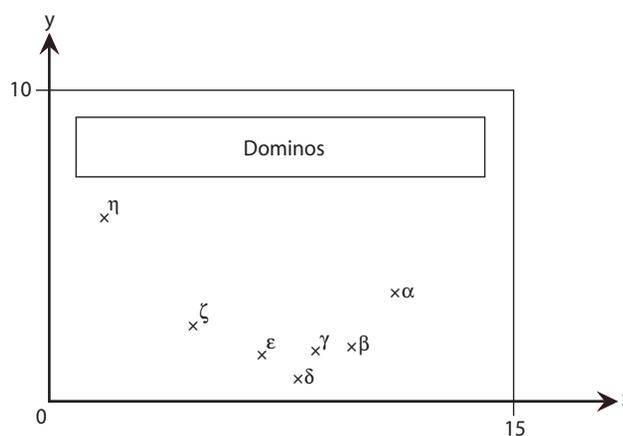
2) Y raccorder les fils des LED. Il est conseillé de respecter l'ordre des étoiles et d'utiliser 2 dominos voisins pour les fils d'une LED.

3) Fixer des cables d'environ 10 cm à la sortie de chaque domino en respectant la couleur du fil. Un fil noir doit prolonger un fil noir et un fil rouge doit prolonger un fil rouge.

4) Regrouper et souder ensemble les 7 fils noirs sur une pince crocodile.

5) Même chose pour les 7 fils rouges.

6) Les pinces crocodiles doivent être reliées à la pile : fils noirs >>> borne -



fils rouges >>> borne +

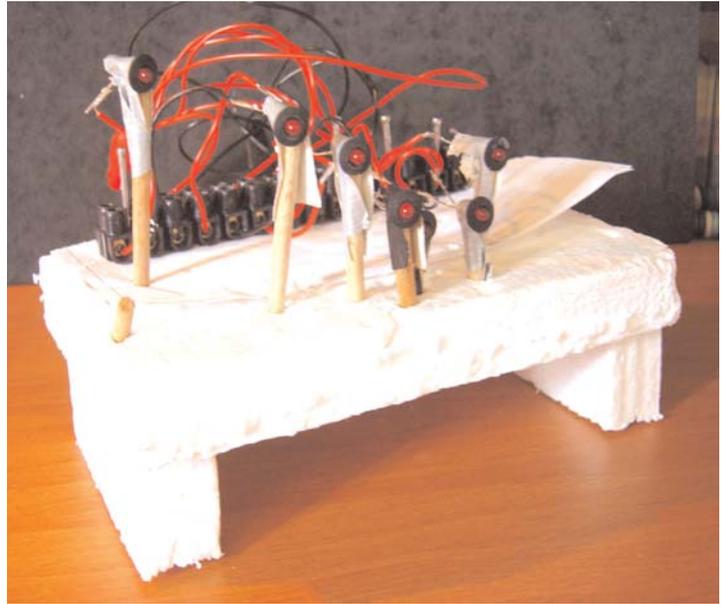
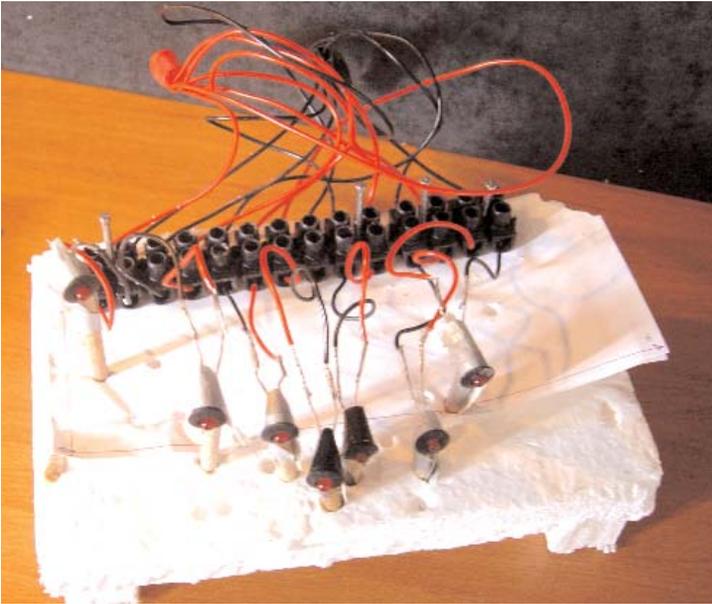
Remarque

L'utilisation des dominos n'est pas obligatoire.

Si vous n'en utilisez pas, vous devez raccorder directement sur la pile: les fils noirs sur la borne - et les fils rouges sur la borne +

Cependant, les dominos permettent de séparer les fils des LED. Si l'une d'elles est à remplacer, ce sera plus simple car

les fils sont indépendants.



Allure de la maquette Utilisation de la maquette

Pour observer la Grande Ourse, il faut se mettre dans le noir. L'effet de perspective est bien observable à une distance de 2m.

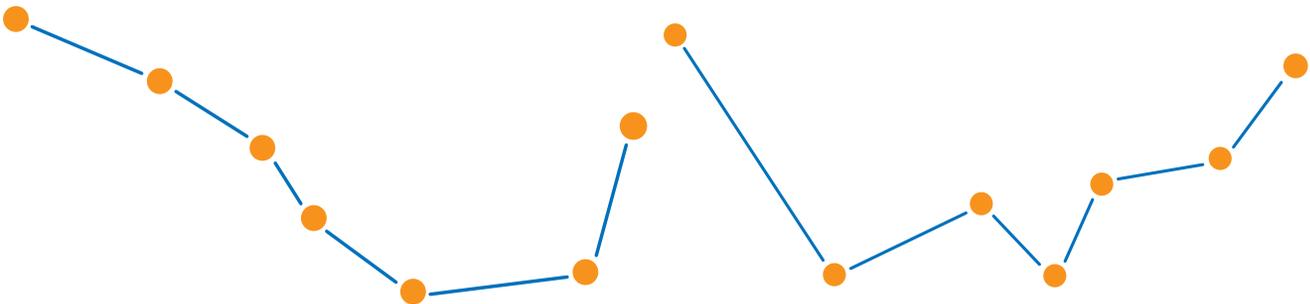
L'échelle Terre-Grande Ourse n'est donc pas la même que pour les étoiles de la maquette. Cela vient du fait que si on est trop près de la maquette, on perçoit les décalages entre les étoiles. L'effet de perspective n'est alors pas bien rendu.

Si on veut placer la Terre (et donc notre œil) avec la même échelle que pour les étoiles, il faut la placer à environ 2 cm devant d.

Si on regarde la maquette par le dessus, les LED dessinent une autre figure qui ne ressemble en rien à une casserole. Cela montre bien que la forme des constellations résulte d'un effet de perspective et est directement liée à notre situation d'habitant de la Terre. Si nous observions le ciel depuis un autre point de l'Univers situé en dehors du système solaire, notre découpage en constellations serait inadapté.

De la terre : une casserole

Du dessus : un oiseau ou un visage...



ACTIVITE 2

UNE MAQUETTE DU SYSTEME SOLAIRE DANS SA CLASSE

Représentation du système solaire réalisée au plafond d'une salle de classe du collège de BETTON (35).

(Travail réalisé par des élèves d'un collège dans le cadre d'un atelier scientifique.)

La salle de classe est un rectangle de 7m sur 10 m. Les planètes sont situées sur la diagonale. Le Soleil est à une extrémité et Pluton est à l'autre.



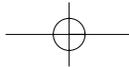
Vue d'ensemble. Pour décorer sa classe, pourquoi ne pas y fixer au plafond une représentation des planètes du système solaire ? Les grosses planètes peuvent être représentées par des boules de polystyrène, et les plus petites par des perles en bois (ou plastique).

Echelles choisies :

pour les distances : 10 cm pour 50 millions de km

pour les diamètres : 10 cm pour 50000 km

Planète	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
Distance au Soleil (millions de km)	57,9	108,2	150	228	778	1429	2875	4504	5916
Distance dans la représentation (en cm)	11,5	21,5	30	45	153,5	282	567	889	1170
Rayon réel ((en km)	2440	6100	6400	3400	71770	60300	25700	24800	1195
Diamètre de la boule (en cm)	1	2,4	2,5	1,3	28	23	10	10	0,5



Les planètes solides



Le Soleil étant trop gros, il est symbolisé :



Les planètes sont peintes afin de rendre compte de leur aspect.

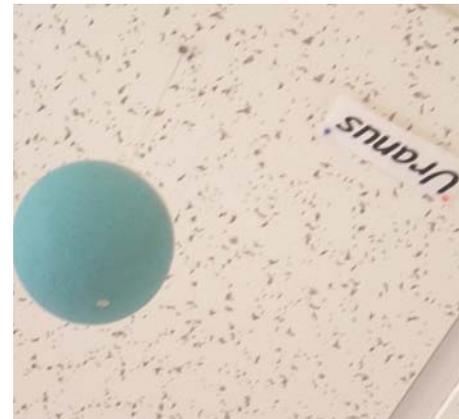
Vue de quelques planètes



Jupiter



Neptune



Uranus

Les anneaux de Saturne sont représentés par un cercle de plexyglass sur lequel ont été peints des "cailloux". Le cercle est collé sur la boule de polystyrène.

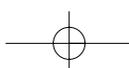


Saturne

Remarque

Au lieu de modéliser le système solaire au plafond, on peut utiliser une ficelle sur laquelle on fixe les planètes. Les dimensions peuvent être les mêmes que pour la représentation au plafond, ou divisée par le facteur de votre choix (attention aux petites planètes...).

Le rangement est facile car il suffit d'enrouler la ficelle et les planètes autour d'un bâton. Cette représentation est très pratique pour matérialiser les distances dans le système solaire et peut être utilisée n'importe où (dans une classe ou dehors).

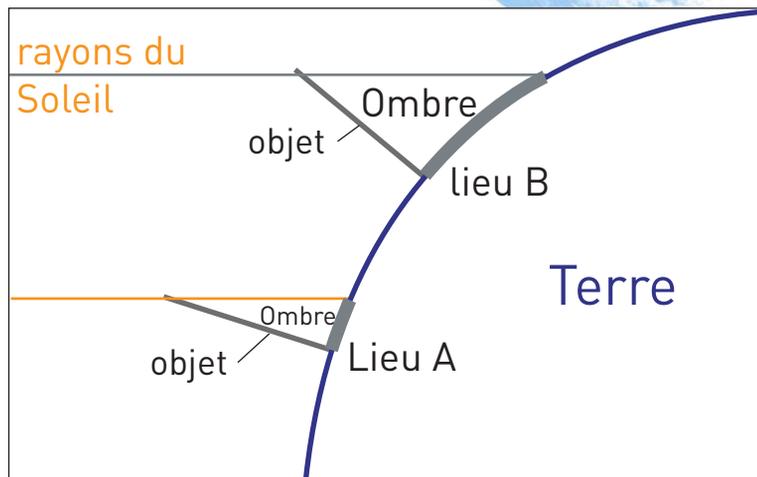


ACTIVITE 3

MESURE DE LA CIRCONFERENCE DE LA TERRE

Les premières déterminations de la circonférence de la Terre sont dues à Pythéas (vers 350 AVJC) et Eratosthène (vers 220 AVJC).

Tous deux remarquent qu'en un même jour de l'année, l'angle formé par l'ombre du même objet à midi au Soleil n'est pas le même partout.

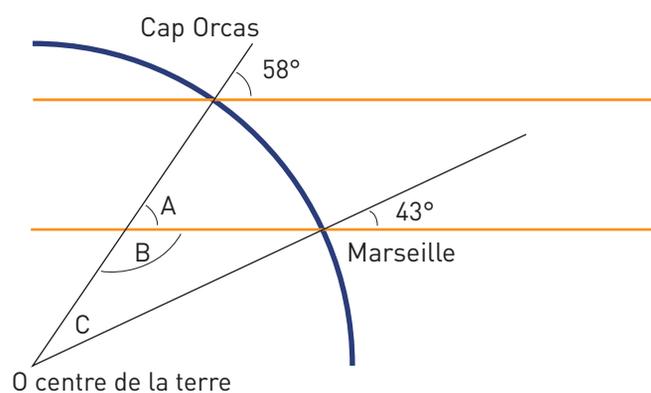


Pythéas (~ -350 AVJC)

Astronome grec de Phocée (Marseille), Pythéas, fut aussi un grand navigateur qui a beaucoup voyagé dans les mers du Nord. Ses voyages lui permirent de confirmer que la Terre est ronde.

Pythéas, lors des équinoxes, à midi au soleil, mesure que les rayons du soleil font un angle de 43° par rapport à la verticale à Marseille et un angle de 58° au Cap Orcas (au nord de l'Ecosse). Ces lieux sont distants de 10500 stades (soit environ 1720 km).

Il suppose que la Terre est ronde et que les rayons du Soleil sont parallèles.



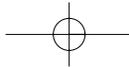
$$A = 58^\circ \text{ donc } B = 122^\circ$$

La somme des angles d'un triangle est de 180° donc $C = 180 - 122 - 43 = 15^\circ$

Pour un angle de 15° , on a un arc de longueur 10500 stades, soit 1720 km.

Pour un angle de 360° , on a la circonférence de la Terre (L).

On a donc $L = (360 \times 1720) / 15 = 41280$ km.
Cela nous donne pour le rayon de la Terre :
 $R = 41280 / 2\pi = 6570$ km



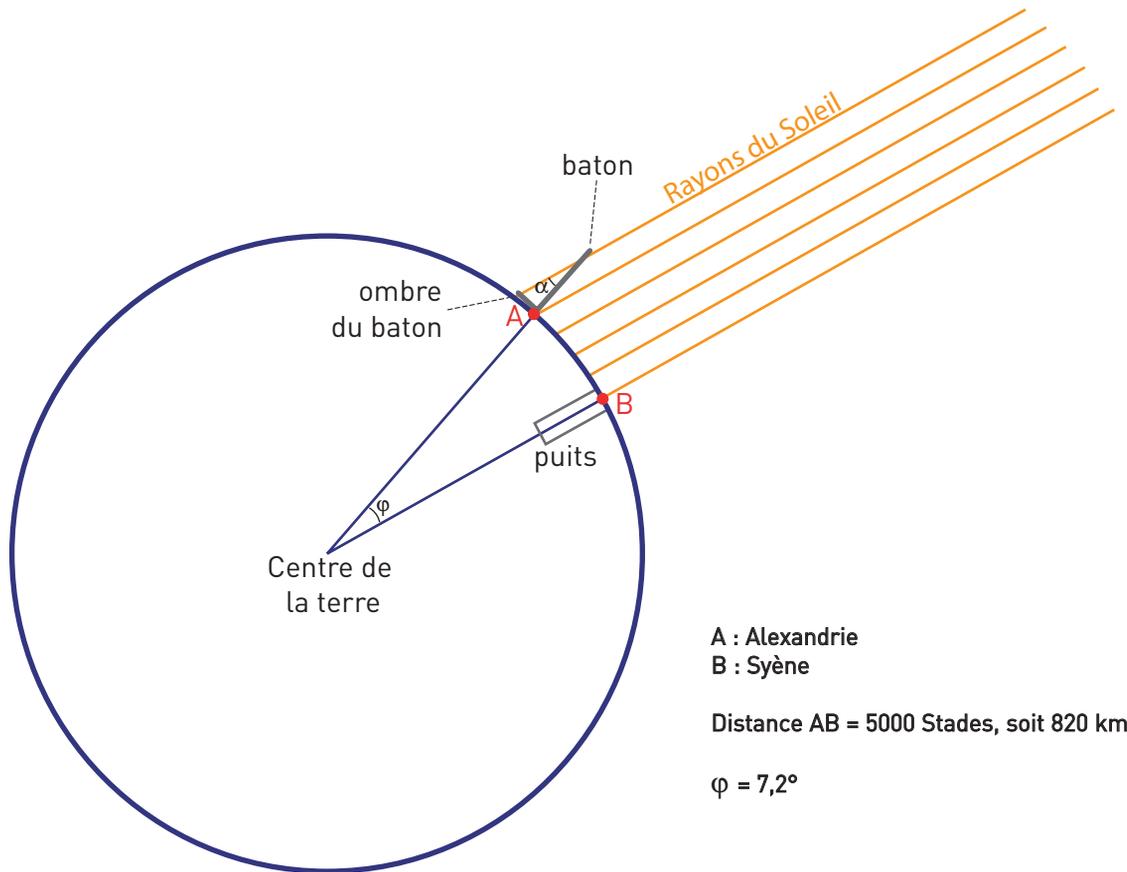
Eratosthène (~ 220 AVJC)

Astronome, mathématicien, géographe et philosophe renommé, Eratosthène fut bibliothécaire à Alexandrie à la demande de Ptolémée III. C'est un contemporain d'Archimède qu'il rencontra.

On lui doit notamment, un crible qui permet de reconnaître les nombres premiers, la mesure de l'angle de l'écliptique par rapport au plan équatorial (c'est cet angle de $23^{\circ}27'$ qui est à l'origine des saisons) et la mesure de la circonférence de la Terre.

Lors du solstice d'été, alors qu'il se trouve à Syène (actuelle Assouan), Eratosthène remarque que le Soleil ne laisse aucune ombre au fond d'un puits et donc qu'il

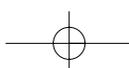
est parfaitement à la verticale du puits. Le même jour, à Alexandrie, il mesure sur un obélisque une ombre formant un angle de $7,2^{\circ}$ avec la verticale. Eratosthène savait que les 2 villes étaient distantes de 5000 stades (820 km) et a supposé la Terre ronde.

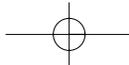


La longueur de l'arc AB correspond à un angle de $7,2^{\circ}$. Si l'angle était de 360° , la longueur serait la circonférence de la Terre (L).

On a donc $L = (360 \times 820) / 7,2 = 41000$ km.

Cela donne pour le rayon de la Terre : $R = 41000 / 2\pi = 6525$ km





ACTIVITE 4

REALISATION D'UN PLANICIEL



Fabrication du planiciel

Matériel

- 2 chemises en carton format type 24x32
- un peu de rhodoïd (plastique transparent un peu rigide type pour rétroprojecteur)
- 1 attache parisienne
- un feutre fin indélébile
- de la colle, des ciseaux, un compas...

1^{ère} étape : le disque des étoiles (ou carte du ciel)

Couper une chemise en carton en deux au niveau de la pliure. Coller le disque des étoiles au centre d'une des 2 parties.

Repérer l'étoile polaire qui est le centre de cette carte.

Tracer, autour de la carte un cercle centré sur l'étoile polaire de 11 cm de rayon. Découper ce cercle. Il représentera les jours de l'année. *(voir photo ci-après)*

2^{ème} étape : découpage des jours de l'année

On utilise une approximation en supposant que l'année comprend 12 mois de 30 jours.

Repérer sur la carte du ciel l'écliptique (en gras), c'est à dire la trajectoire du Soleil dans le ciel.

Repérer sur l'écliptique les positions du Soleil correspondant aux 4 dates particulières :

- Equinoxe de printemps (P)
- Solstice d'été (E)
- Equinoxe d'automne (A)
- Solstice d'hiver (H)

Indiquer sur le disque en carton la date du 20 juin dans le prolongement du point E.

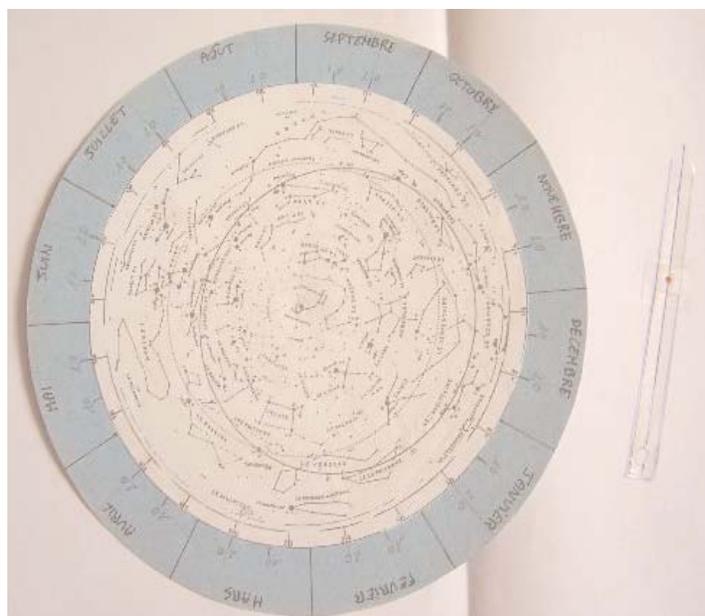
A partir de ce point, découper le cercle en 36 arcs de 10°. En tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, on obtiendra ainsi un découpage de l'année en

séquences de 10 jours. Cela conduit aux dates : 30 juin, 10 juillet, 20 juillet, 30 juillet, 10 août, 20 août, 30 août etc.

Notons que l'approximation utilisée de 10 mois de 30 jours conduit à une surprise : le 30 février...

Vérifier la coïncidence avec le 20 septembre (A), 20 décembre (H) et 20 mars (P).

Faire apparaître clairement le nom des 12 mois de l'année et les 3 secteurs de 10 jours. *Voir photo ci-après*

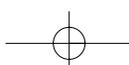


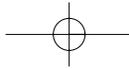
3^{ème} étape : Détermination de la date

Lors de l'utilisation du planiciel, la date sera repérée grâce à la position du Soleil sur l'écliptique.

Pour cela, il faut découper dans du rhodoïd la flèche de l'annexe 2 et y tracer la ligne repère avec un feutre indélébile.

Percer ensuite un trou qui permettra de fixer, avec une attache parisienne, la flèche sur la carte du ciel.

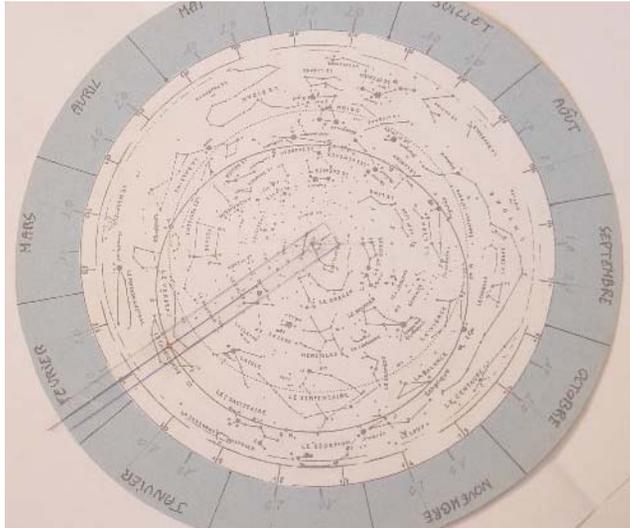




L'attache parisienne doit coïncider avec l'étoile Polaire et la flèche doit pouvoir tourner facilement.

Le Soleil sera matérialisé grâce au curseur découpé dans du rhodoïd. Il sera enfilé sur la flèche grâce aux 2 fentes qu'il faut découper avec des ciseaux. Un gros point au centre du curseur représentera le Soleil.

Pour une date donnée, la position du Soleil dans le ciel sera donnée grâce à la flèche pointant vers la date et au curseur placé de telle sorte que le Soleil soit sur l'écliptique.



4^{ème} étape : Cercle horaire

Découper dans la deuxième chemise la figure A de l'annexe 3 en respectant les dimensions.

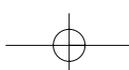
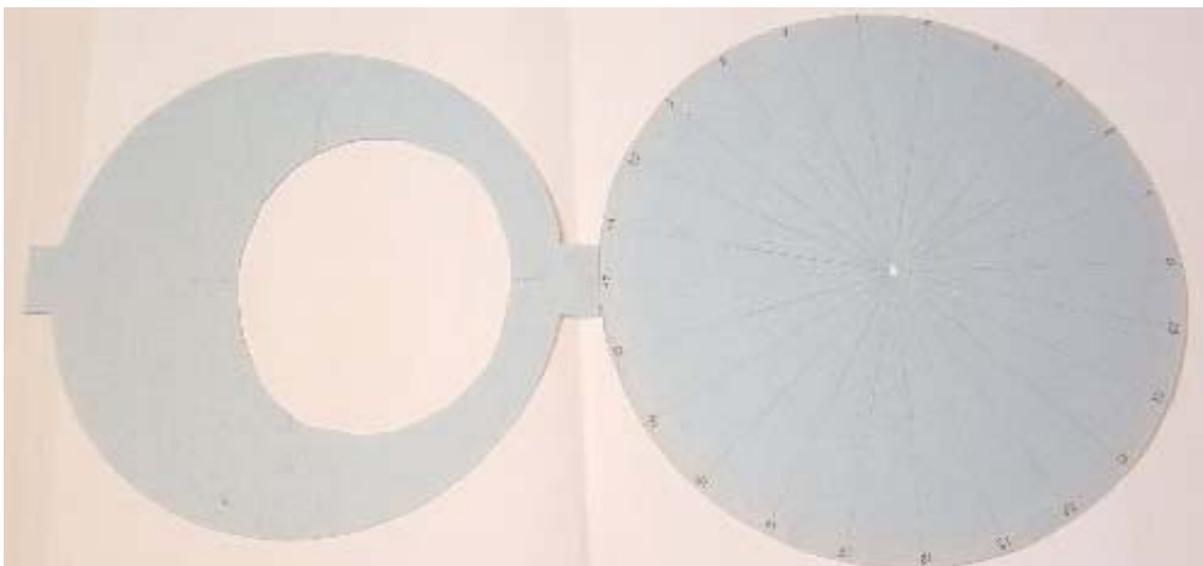
- Ne pas séparer les 2 parties de la chemise. Respecter la pliure (matérialisée pointillés).
- Ne pas tenir compte, pour le moment, de la partie grisée à l'intérieur d'un cercle.

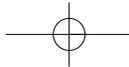
On obtient le cercle horaire en graduant le grand dis-

que en heures (tous les 15°) dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les graduations 0 et 12 h sont sur la droite joignant les centres des 2 cercles (12 vers la pliure et 0 à l'opposé). Les nombres indiquant les heures doivent être écrits vers le bord du disque. Percer un petit trou au centre du cercle horaire.

Fixer ensuite, avec l'attache parisienne, la carte du ciel et l'index sur le disque des heures.

La partie évidée du petit disque correspond à l'horizon du lieu (étape suivante).





5ème étape : Horizon du lieu

La forme du cercle horizon est donnée pour plusieurs latitudes (annexes 2, 4 et 5). On adoptera pour la France une latitude moyenne de 45° (annexe 2).

Les points cardinaux sont représentés par N, S, E et W. On remarquera le sens dans lequel ils sont écrits, en se rappelant que la carte est destinée à être placée au-dessus de la tête.

Rabattre le disque où se trouvera l'horizon sur celui qui contient la carte du ciel. Y reporter l'horizon choisi en veillant à ce que :

- Les droites N - S et E - W se coupent en l'étoile Polaire

- Les directions S et 12h, N et 0 h, E et 6 h, W et 18 h coïncident.

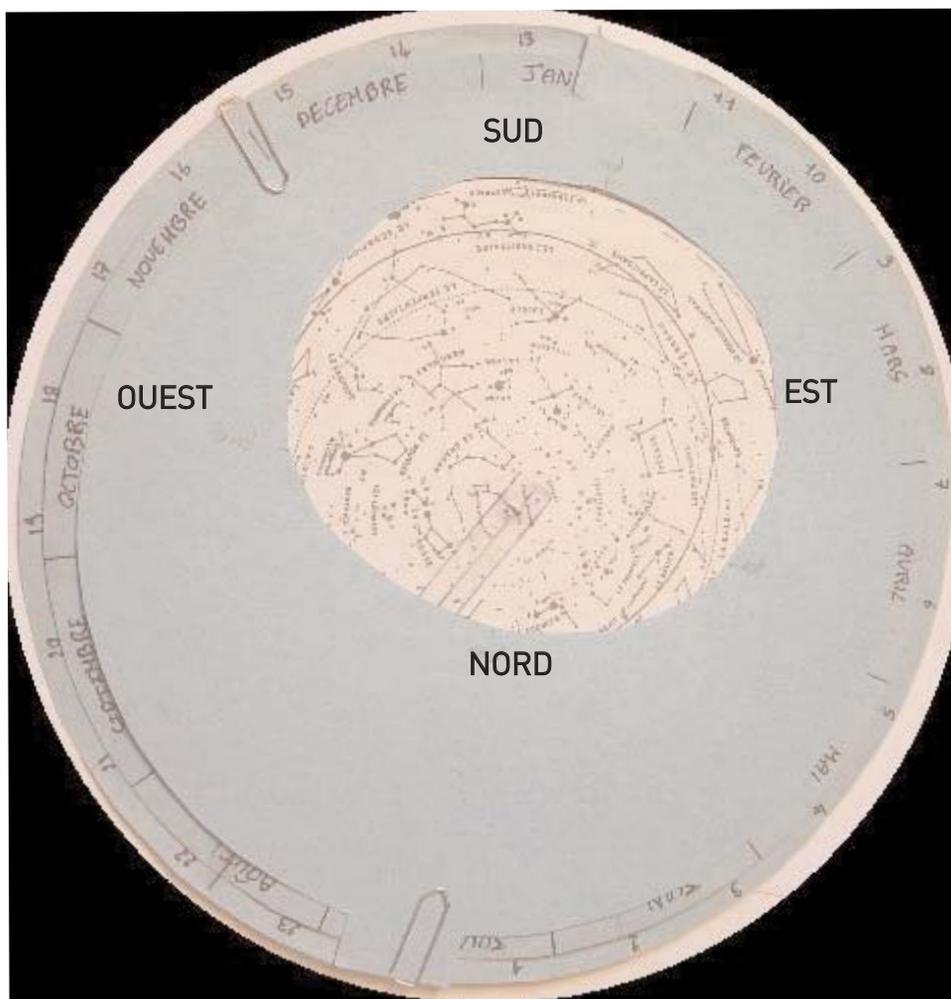
Une fois le planiciel terminé, vous avez 3 cartons superposés, de taille décroissante :

- Le disque horaire gradué de 0 à 24 h (les heures doivent être lisibles)

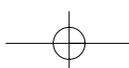
- La carte du ciel avec les dates (les dates doivent être lisibles)

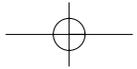
- Le rabat avec la découpe de l'horizon (les points cardinaux doivent être lisibles).

A un moment donné de la journée, seuls les astres situés au dessus de l'horizon sont observables.

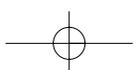
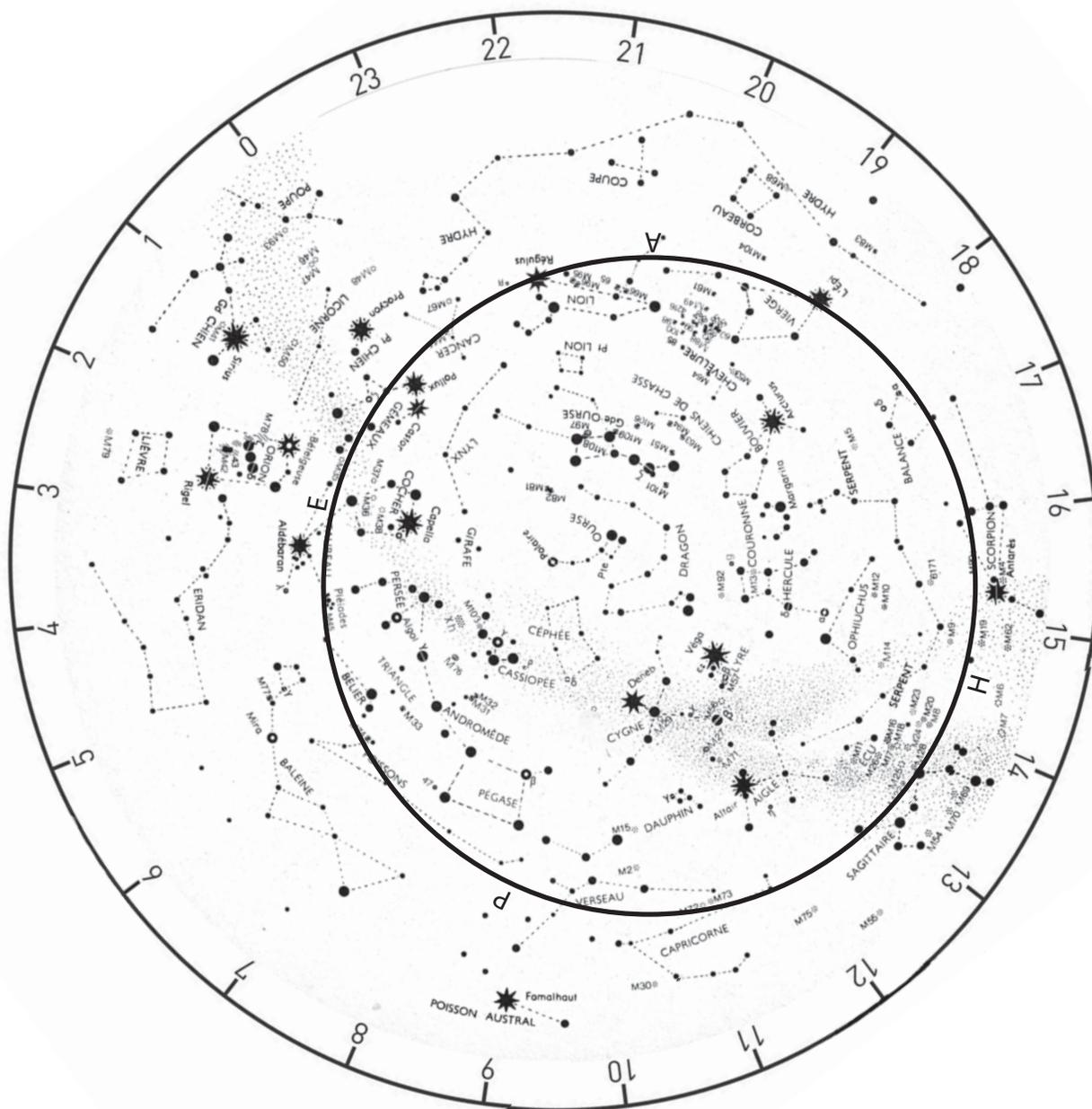


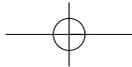
Sur la photo, des trombones maintiennent l'ensemble.





ANNEXE 1 : Disque des étoiles : Carte du ciel





ANNEXE 2 : horizon du lieu et flèche pour le Soleil

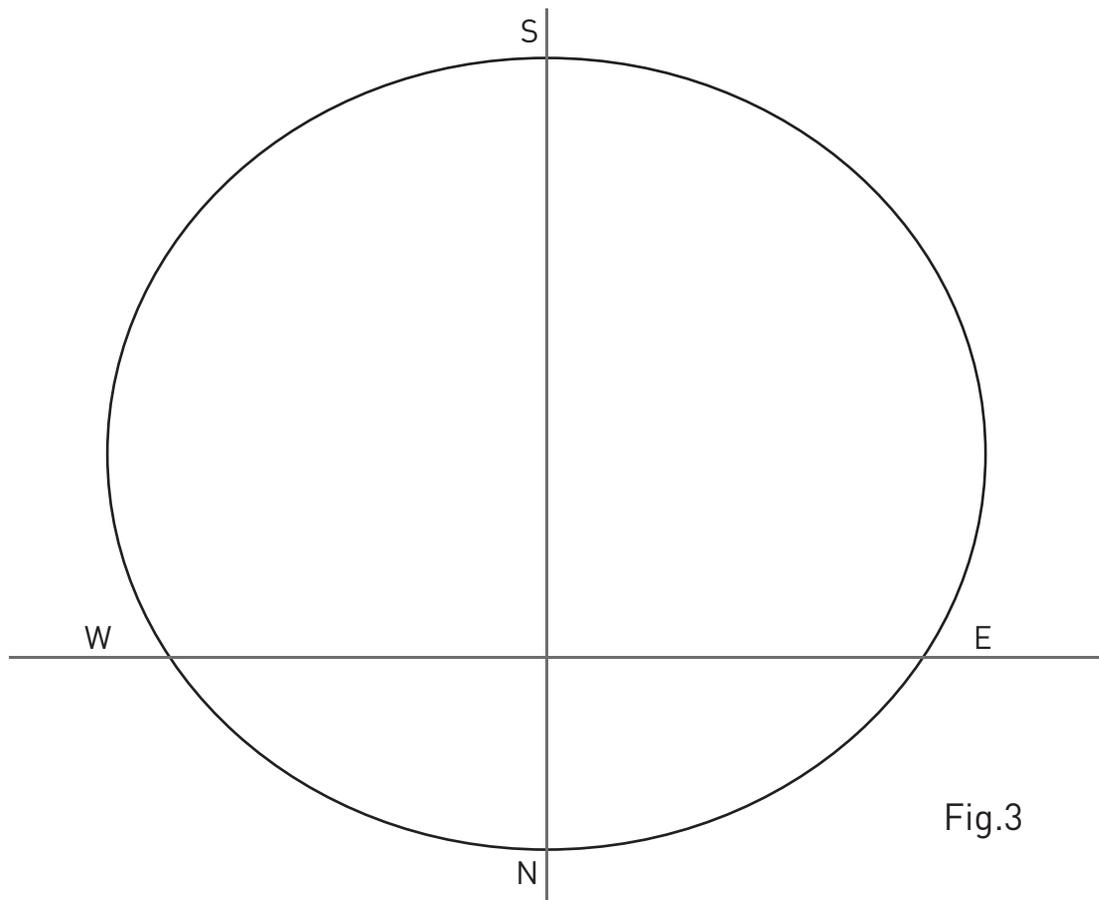


Fig.3

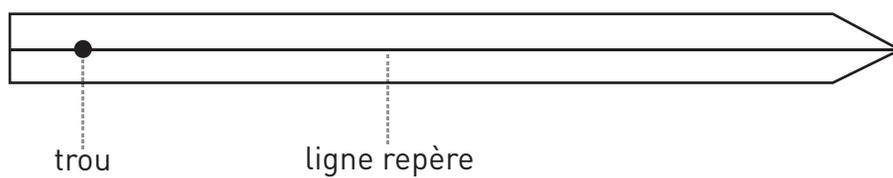


Fig.4
la flèche
à l'échelle 1

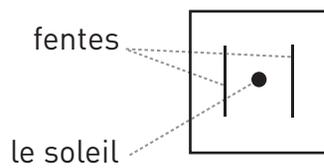
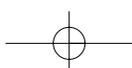
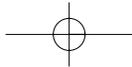


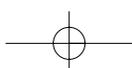
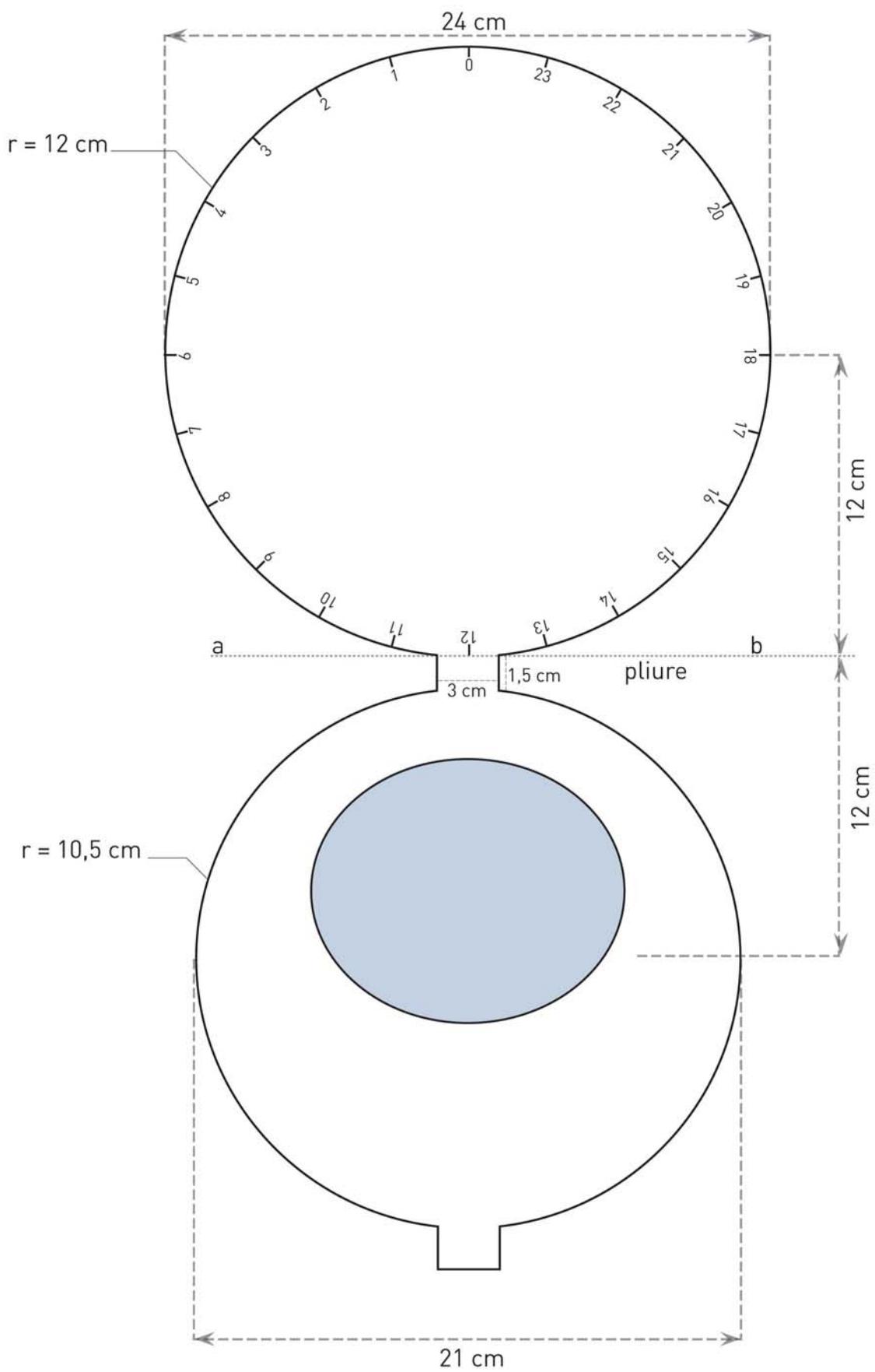
Fig.5
Le curseur
à l'échelle 1

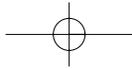




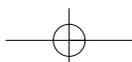
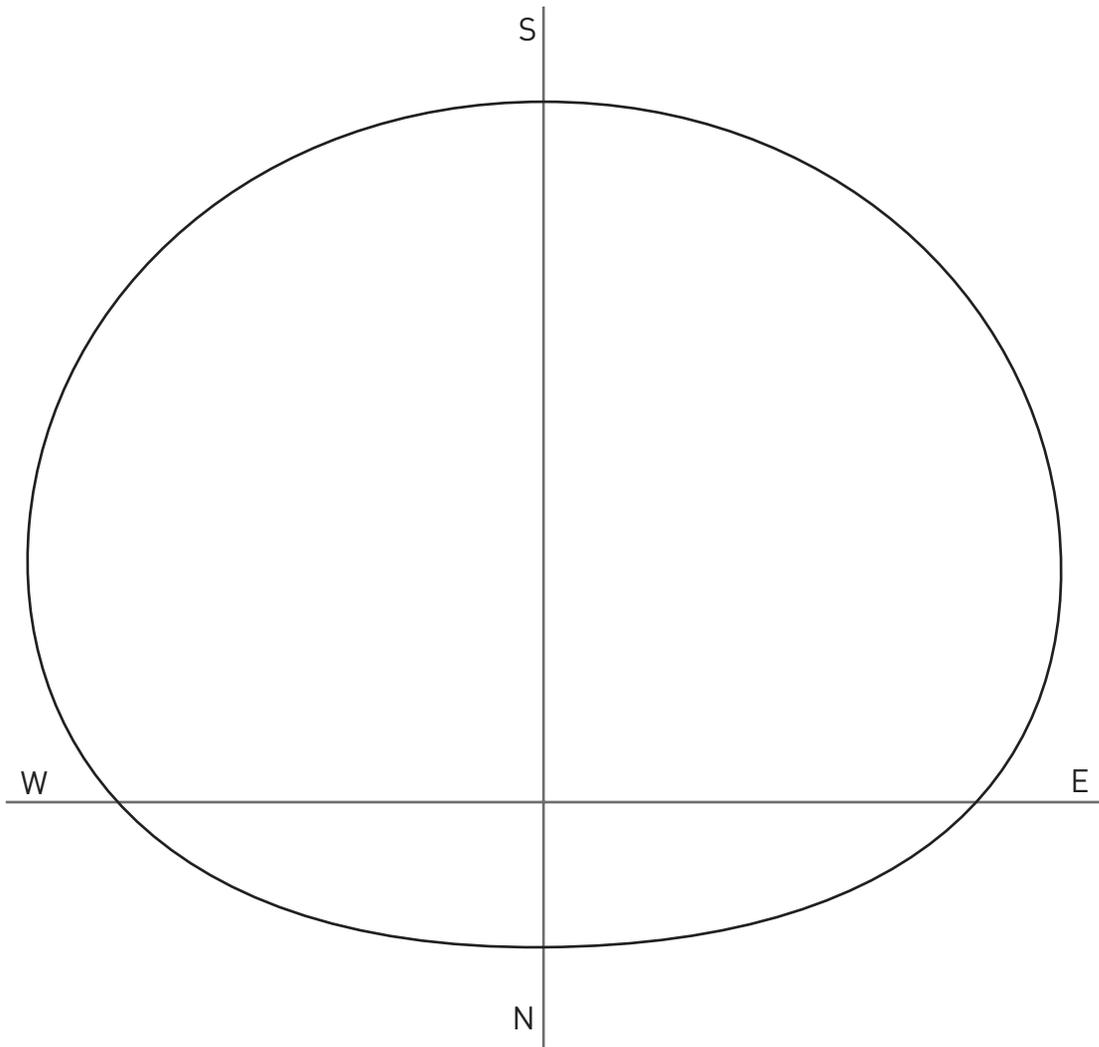
ANNEXE 3 : découpage de la 2^{ème} chemise en carton

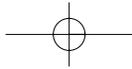
garder la pliure, ne pas découper les 2 parties.



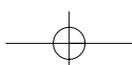
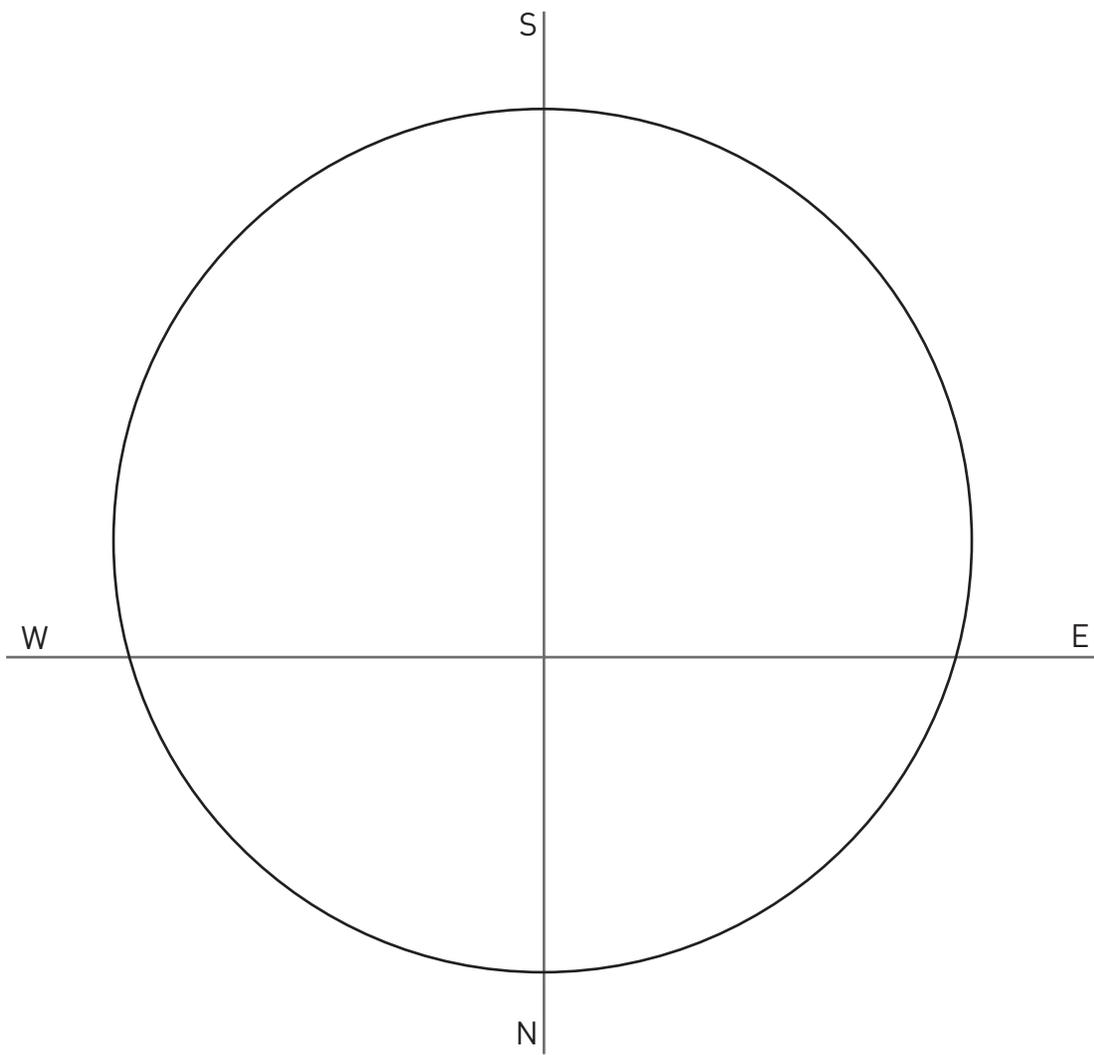


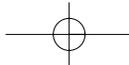
ANNEXE 4 : horizon pour une latitude de 30°



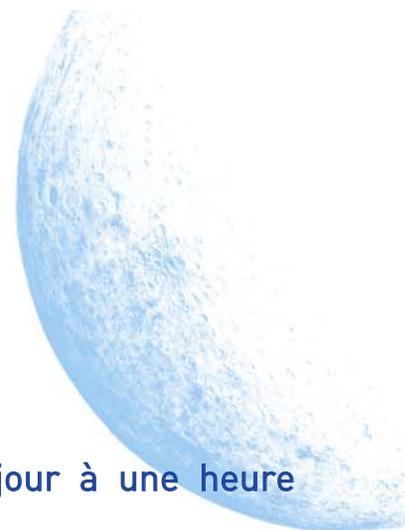


ANNEXE 5 : horizon pour une latitude de 70°





UTILISATION DU PLANICIEL



Détermination de l'heure de lever et coucher du Soleil

- Choisir le jour de l'année et placer le Soleil sur l'écliptique en faisant glisser le curseur.

- Rabattre l'horizon et faire tourner uniquement le disque du milieu (où se trouve la carte du ciel avec la flèche). Attendre que le Soleil soit visible (c'est-à-dire au-dessus de l'horizon). On obtient alors l'heure et la direction du lever du Soleil. *On peut éventuellement fixer la languette sur le "0 heure" avec un trombone pour que les 3 cartons restent bien centrés.*

- Continuer à faire tourner le disque du milieu. Tant que le Soleil est visible, il fait jour. Quand il disparaît, on obtient l'heure et la direction du coucher du Soleil.

Attention : les heures indiquées ne sont pas les heures légales, mais les heures solaires.

Heure d'été = heure solaire + 2

Heure d'hiver = heure solaire + 1

Activité possible

Remplir un tableau en y indiquant, pour le 20 de chaque mois :

- L'heure et la direction du lever du soleil
- L'heure et la direction du coucher du soleil.

On peut ainsi en déduire la durée du jour et de la nuit à ces dates et tracer un graphique.

On remarquera que le soleil ne se lève à l'Est et se couche à l'Ouest qu'aux équinoxes. Au solstice d'hiver, il se lève au Sud-Est et se couche au Sud-Ouest. Au solstice d'été, il se lève au Nord-Est et se couche au Nord-Ouest.

Aux équinoxes (environ 20 septembre et 20 mars), les journées durent 12 heures, le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest. Au solstice d'été (environ 20 juin) on a à peu près 16 heures de jour et 8 heures de nuit (décalage maximum). Au solstice d'hiver (environ 20 décembre), on a l'inverse.

On peut vérifier, à peu près, les heures de lever et de coucher du Soleil grâce au tableau de l'année 2005. Attention aux changements d'heures !

Ciel observable un jour à une heure donnée

Choisir le jour et l'heure de l'année grâce à la flèche et au curseur (comme précédemment).

Une fois l'horizon rabattu, il indique le ciel observable.

Si le soleil est visible, cela signifie qu'il fait jour. L'observation du ciel sera donc difficile, voire impossible. Le ciel est assez noir pour pouvoir observer les étoiles environ 1 heure après son coucher.

Activité possible

- Reconnaître les constellations observables dans les différentes directions pour un soir donné.

- Citer les constellations observables toute l'année.

Constellations observables toutes l'année : la Grande Ourse, la Petite Ourse, le Dragon, Céphée et Cassiopée.

Hauteur du Soleil au zénith

Pour connaître l'inclinaison (θ) des rayons du Soleil au zénith par rapport à la Terre, il faut :

- Positionner le Soleil sur l'écliptique à la date choisie

- Mesurer, en cm, la distance (d) entre le Soleil et le bord extérieur de la carte du ciel

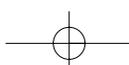
- Effectuer le calcul : $\theta = 17,4 d - 18,8$

Exemple : le 20 juin, $d = 4,7 \text{ cm}$ et $\theta = 63^\circ$

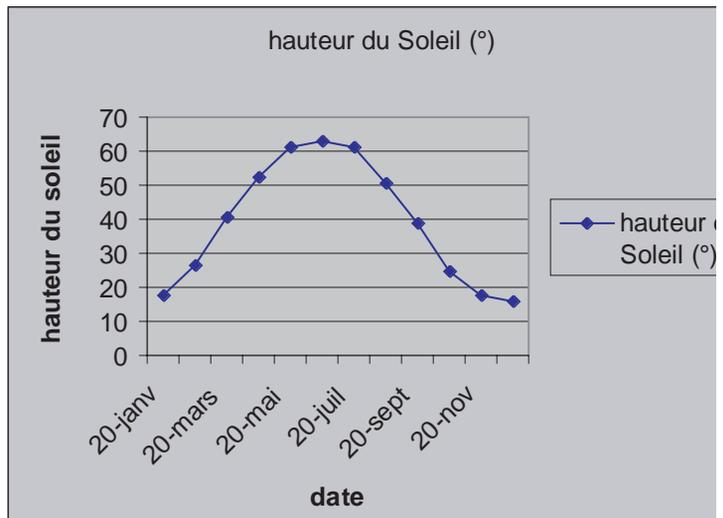
Remarque : On n'a jamais $\theta = 90^\circ$, c'est-à-dire le soleil à la verticale. Cela vient du fait que nous sommes à une latitude d'environ 50° . Pour que l'ombre soit nulle à midi, les cadrans solaires doivent être inclinés pour compenser ce phénomène.

Activités possibles

Mesurer θ le 20 de chaque mois et tracer un graphique. d (cm)

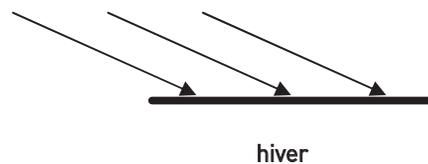
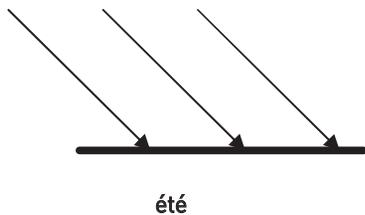


date	d (cm)	hauteur du Soleil (°)
20-janv	2,1	17,74
20-févr	2,6	26,44
20-mars	3,4	40,36
20-avr	4,1	52,54
20-mai	4,6	61,24
20-juin	4,7	62,98
20-juil	4,6	61,24
20 août	4	50,8
20-sept	3,3	38,62
20-oct	2,5	24,7
20-nov	2,1	17,74
20-déc	2	16



- Pourquoi est-on plus ébloui sur les routes en journée par le soleil d'hiver que par le soleil d'été ?
Le Soleil nous éblouit davantage le jour en hiver qu'en été parce qu'il est plus bas .

- Pourquoi le soleil est-il "plus chaud" en été qu'en hiver ?
Les rayons du Soleil nous réchauffent davantage l'été que l'hiver parce qu'ils sont plus inclinés.



Activité 5

LEVER ET COUCHER DU SOLEIL EN 2007

Dans les tableaux suivants, sont indiquées les heures de lever et de coucher du Soleil ainsi que la durée du jour tout au long de l'année. Les heures sont données en T.U. Il faut ajouter respectivement 2 heures ou 1

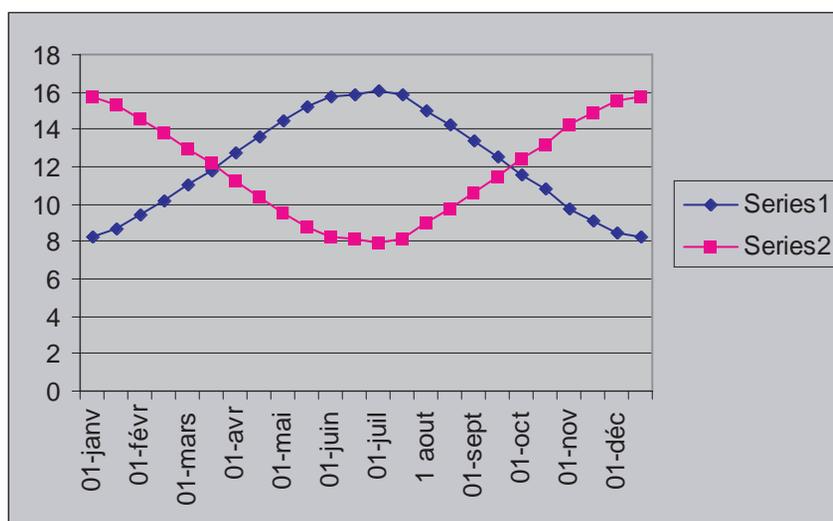
heure pour obtenir l'heure d'été ou l'heure d'hiver. (Ces valeurs peuvent être réactualisées chaque année, mais l'allure de la courbe ne change pas.)

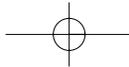
mois	janvier		février		mars		avril		mai		juin	
date	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
lever	7h46	7h41	7h23	7h01	6h34	6h06	5h30	5h02	4h32	4h11	3h54	3h49
coucher	16h03	16h20	16h46	17h10	17h33	17h54	18h20	18h41	19h04	19h24	19h44	19h54
jour	8h17	8h39	9h23	10h09	10h59	11h48	12h50	13h39	14h32	15h13	15h50	15h55

mois	juillet		août		septembre		octobre		novembre		décembre	
date	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
lever	3h53	4h05	4h26	4h45	5h09	5h29	5h52	6h12	6h39	7h02	7h25	7h40
coucher	19h56	19h48	19h28	19h04	18h31	18h02	17h28	16h59	16h28	16h08	15h55	15h52
jour	16h03	15h53	15h02	14h18	13h22	12h33	11h36	10h47	9h49	9h06	8h30	8h12

Courbe représentant les variations de la durée du jour et de la nuit sur une année :

série 1 : jour série 2 : nuit





ACTIVITE 6

COMMENT GALILEE CALCULA LA HAUTEUR DES MONTAGNES SUR LA LUNE

Calcul de la hauteur des montagnes.

On considère que les rayons lumineux qui proviennent du Soleil sont parallèles entre eux. Le Soleil est à droite de la Lune.

1- Tracer d'autres rayons lumineux provenant du Soleil. L'un d'eux est déjà tracé.

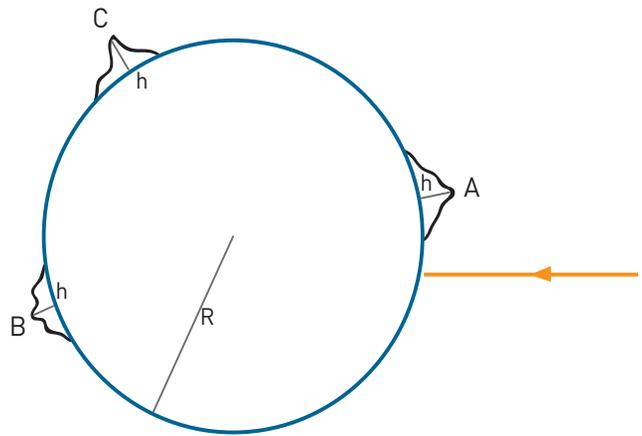
2- Mettre en évidence les zones de la Lune qui sont éclairées et celles qui sont dans l'ombre

3- Quelles sont les montagnes qui ont leur sommet éclairé ?

4- Vu de la Terre, au moment du premier quartier, quel est le sommet qui correspond à une tâche lumineuse dans la partie sombre de la Lune ?

5- Sachant que R représente le rayon de la Lune, et h la hauteur de la montagne, identifier le triangle rectangle dont le rayon de la Lune est un côté, $(R+h)$ l'hypoténuse et le sommet précédent un sommet.

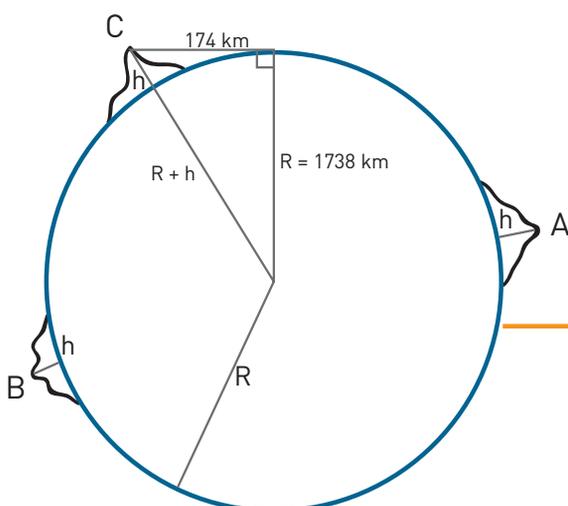
6- Galilée a mesuré une distance de 174 km entre la limite de la zone éclairée et le sommet lumineux. Le rayon de la Lune vaut 1738 km. En appliquant le théorème de Pythagore au triangle rectangle précédent, on peut calculer h . A vous de jouer !



Réponse

Pour que le schéma reste lisible, les zones d'ombre et de lumière ne sont pas représentées.

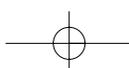
Les montagnes dont le sommet est éclairé sont A et C. Celle qui correspond à une tâche lumineuse dans la zone d'ombre est B.



Calcul de h

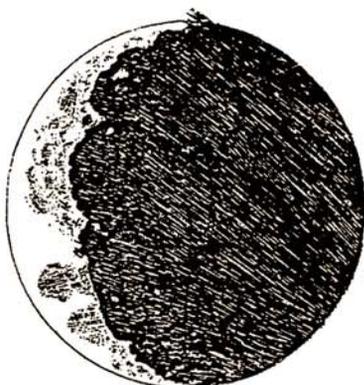
$$\begin{aligned} (R+h)^2 &= R^2 + (174)^2 \\ (R+h)^2 &= 1738^2 + 174^2 \\ (1738 + h)^2 &= 3050920 \\ 1738 + h &= 1746,7 \\ h &= 1746,7 - 1738 \\ \mathbf{h} &= \mathbf{8,7 \text{ km}} \end{aligned}$$

Ce calcul, intéressant pour des élèves de 4^e peut s'accompagner d'une recherche sur Galilée.

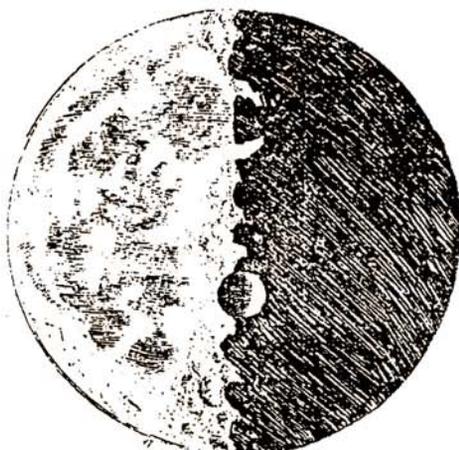


Extrait du "messenger des étoiles" de GALILEE (1610)

« Le quatrième jour après la conjonction, lorsque la Lune s'offre à nous avec des cornes éclatantes, la limite qui sépare sa partie obscure de sa partie lumineuse ne s'étend déjà plus uniformément selon une ligne ovale, comme il arriverait dans un solide parfaitement sphérique ; mais elle correspond à une ligne inégale, accidentée et tout à fait sinueuse, comme la figure ci-contre le représente [...] »



« En réalité, non seulement les frontières entre les ténèbres et la lumière, sont, sur la Lune, visiblement inégales et sinueuses, mais - ce qui suscite un plus grand émerveillement - un très grand nombre de points brillants apparaissent au sein de la partie ténébreuse de la Lune, entièrement séparés et détachés de l'étendue illuminée et éloignés d'elle par un intervalle qui n'est pas peu considérable. Ces points augmentent peu à peu, après quelques temps, en grandeur et en luminosité ; après deux ou trois heures, ils se joignent au reste de la partie brillante, qui s'est agrandie désormais. Entre-temps, toutefois, de plus en plus de points, qui pullulent, pour ainsi dire, de-ci, de-là, dans la partie ténébreuse s'allument, augmentent, et finalement s'unissent à la surface lumineuse, qui est encore plus étendue maintenant.[...] Or n'est-il pas vrai que sur la Terre, avant le lever du Soleil, quand l'ombre occupe la plaine, les sommets des monts les plus élevés sont illuminés par les rayons solaires ? Qu'après un court laps de temps la lumière se répand, tandis que les parties médianes, plus larges, de ces monts s'illuminent ? Enfin lorsque le Soleil est déjà levé, les illuminations des plaines et des collines ne se rejoignent-elles pas ? »



LEXIQUE

Année-Lumière (A.L.) : distance parcourue par la lumière en un an. 1 A.L. = $9,47 \cdot 10^{15}$ m

Astéroïde : petit corps rocheux de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques centaines de kilomètres de diamètre gravitant entre Mars et Jupiter. Leur masse ne dépasse pas 1/3000 de la masse de la Terre

Atmosphère : couche de gaz qui entoure une planète.

Comète : bloc de glace de quelques kilomètres de diamètre venant du fond du système solaire gravitant autour du Soleil sur des orbites très allongées. Quand la comète s'approche du Soleil, elle dégaze et il se forme ainsi une "chevelure" lumineuse.

Constellation : regroupement d'étoiles sans lien physique entre elles, mais avec une forme particulière vue depuis la Terre.

Diazote : nom donné à la molécule du gaz communément appelé azote. La molécule N_2 contient 2 atomes d'azote, d'où son nom.

Dihydrogène : nom donné à la molécule du gaz communément appelé hydrogène. La molécule H_2 contient 2 atomes d'hydrogène, d'où son nom.

Equinoxe : date de l'année qui correspond au début du printemps ou de l'automne. On a alors la durée du jour qui est égale à celle de la nuit, soit 12 heures.

Etoile : astre qui produit sa propre lumière

Météorite : pierre de quelques centimètres à quelques mètres de diamètre qui erre dans le système solaire.

Naine blanche : résidu d'étoile, c'est le résultat d'un effondrement de matière. C'est une étoile hyperdense (une tonne par centimètre cube...) qui émet un pâle rayonnement blanc.

Objet de Kuiper : petit corps rocheux très lointain de taille comparable à celle d'un astéroïde et gravitant au-delà de Neptune.

Période de révolution d'une planète : temps nécessaire à la planète pour effectuer un tour complet autour du Soleil.

Planète : astre qui ne brille pas par lui-même, il diffuse dans l'espace la lumière qu'il reçoit d'une étoile. Les planètes principales du système solaire sont celles qui tournent autour du Soleil.

Poussière cosmique : micro météorite de la taille d'un grain de sable ou moins.

Révolution d'une planète autour du Soleil : mouvement de rotation de la planète autour du Soleil. Ce mouvement est indépendant de la rotation propre de la planète sur elle-même.

Rotation rétrograde : Rotation qui s'effectue dans le sens inverse de celui des autres planètes. Les planètes, sauf Vénus, tournent sur elles-mêmes dans le sens inverse des aiguilles d'une montre

Satellite naturel : planète secondaire qui gravite autour d'une des planètes principales du système solaire. La Lune est le satellite naturel de la Terre.

Solstice : date qui correspond au début de l'été ou de l'hiver. Le décalage entre la durée du jour et celle de la nuit est le plus grand.

Unité Astronomique (U.A.) : distance entre la Terre et le Soleil. 1. U.A. 150 millions de km