

PLANETAIRE (suite et fin)

REALISATION

1°) Le matériau: Le mieux et le plus simple est un tableau métallique en fer. Pour représenter les petites planètes on utilisera alors des boules de bois (par exemple celles des modèles de chimie) dans lesquelles on logera un petit aimant. Si l'on ne dispose pas d'un tel tableau, on peut utiliser un panneau en contre-plaqué d'un mètre de côté. Il faudra alors monter les boules de bois sur de petites tiges et percer dans le panneau, le long des orbites, tout un ensemble de trous, du diamètre des tiges, régulièrement espacés mais assez rapprochés: il faut être patient car cette technique nécessite près d'un millier de trous.

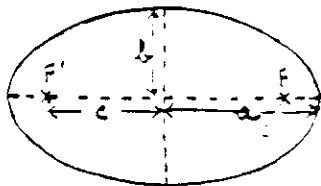
Pour les grosses planètes, Jupiter et Saturne, on pourra utiliser du polystyrène expansé, matériau qui se travaille bien et qui est léger.

Le Soleil, quant à lui, pourra être figuré par une ampoule électrique fixe au centre du tableau. Il est préférable d'utiliser une ampoule opaline et de recouvrir sa moitié supérieure d'une peinture métallique pour éviter l'éblouissement.

2°) Le repère héliocentrique: C'est un cercle de 14 cm environ de diamètre gradué en degrés dans le sens direct, centré sur le Soleil. Le zéro indique la direction du point γ . En raison des positions actuelles de Jupiter et de Saturne, il est commode de placer la direction 0° - 180° horizontalement avec la graduation zéro à gauche (les grosses planètes se trouveront au-dessus du tableau). Le tableau est vertical.

On fixe au centre de ce cercle gradué l'extrémité d'un fil qui, tendu en direction d'une planète, permettra de lire sa longitude héliocentrique.

3°) les trajectoires: Ce sont des ellipses dont le Soleil occupe l'un des foyers. Les caractéristiques de ces orbites ont été données dans le tableau n°1 (voir n° 22 des Cahiers). Remarquons tout d'abord qu'en raison de la faible valeur de l'excentricité de ces orbites, leur forme est celle d'une circonférence. En effet, si l'on appelle e l'excentricité d'une ellipse de demi grand axe a et de demi petit axe b , on a:



$$b / a = \sqrt{1 - e^2}$$

L'excentricité la plus forte est celle de l'orbite de Mercure, pour laquelle $e = 0,2$. On a alors $b/a = 0,98$, c'est-à-dire que si l'on prend $a = 10$ cm, on trouve $b = 9,8$ cm et l'on peut pratiquement confondre a et b .

Par contre la distance des foyers au centre de l'ellipse, que l'on appelle c , est telle que $e = c/a$. Pour l'orbite de Mercure, avec $a = 10$ cm, cela donne $c = 2$ cm, distance non négligeable.

On peut donc représenter les orbites des planètes par des cercles de rayon R mais dont les centres devront être placés à une distance c du centre du Soleil, dans une direction opposée à celle indiquée pour le périhélie dans le tableau n°1. Les valeurs de R et c sont indiquées dans le tableau suivant dans une échelle permettant de représenter commodément toutes les planètes visibles à l'oeil nu.

	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne
R (cm)	10	19	26	40	135	248
c (cm)	2	0,11	0,42	3,7	6,5	13,6

Avec l'échelle adoptée, on voit que l'on peut représenter les orbites de Mercure, Vénus, la Terre et Mars sur le tableau et que l'on devra placer Jupiter et Saturne sur le mur au dessus du tableau, mais ceci n'est pas trop gênant étant donné que les périodes de ces deux dernières planètes sont grandes et donc que leurs déplacements sont lents.

Par contre, il serait bien difficile de placer les orbites de Uranus, Neptune et Pluton dont les rayons seraient respectivement de 5m, 7,8m et 10,2m. Mais ces planètes présentent moins d'intérêt puisqu'elles ne sont pas visibles à l'oeil nu.

A cette échelle, l'étoile la plus proche du Soleil, α du Centaure serait à 70 km.

4°) Les planètes: Si l'on prenait l'échelle des orbites pour représenter les planètes, à partir des dimensions données dans le tableau n°1, on trouverait pour les rayons r des boules les valeurs suivantes:

	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne
r (cm)	$0,42 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$12,4 \cdot 10^{-3}$	$10,4 \cdot 10^{-3}$

On voit ainsi qu'il est impossible de représenter à la même échelle les orbites des planètes et leurs rayons. Il est pratique d'adopter pour les rayons des planètes une échelle 1000 fois supérieure à celle des orbites. Ce rapport de deux échelles simple mais grand, montre combien est faible l'espace occupé par les planètes dans l'Univers.

D'autre part, cette échelle fait apparaître nettement la différence de taille entre petites et grosses planètes: à première vue, la sphère de 25 cm de diamètre de Jupiter surprendra toujours, comparée à celle de Mercure, par exemple, dont le diamètre a moins de 1 cm.

5°) La Terre et le repère géocentrique: Pour la réalisation du repère géocentrique, on prend un disque de plexiglas de 7 cm environ que l'on pourra graver facilement avec une pointe métallique. Pour rendre ensuite les graduations visibles, il suffira de les teinter avec une encre de préférence indélébile.

a) Tracé de la graduation du disque: On trace sur le disque deux diamètres faisant entre eux un angle droit et on note à l'extrémité de l'un d'eux la graduation zéro.

On a dit précédemment que ce cercle serait gradué en ascensions droites; pour cela on trace les directions indiquées dans la colonne de la longitude écliptique λ du tableau de conversion ci-dessous, puis on numérote ces directions, dans le sens direct, avec les valeurs en regard de l'ascension droite α ..

α (°)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
λ (°)	0	5,4	10,9	16,3	21,6	26,9	32,2	37,4	42,4	47,5	52,4	57,3	62,1
α	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
λ	66,8	71,5	76,2	80,8	85,4	90	94,6	99,2	103,8	108,5	113,2	117,9	
α	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	
λ	122,7	127,6	132,5	137,6	142,6	147,8	153,1	158,4	163,7	169,1	174,6	180	

Il y a symétrie pour $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

Ce tableau a été construit en utilisant la relation: $\text{tg } \alpha = \text{tg } \lambda \cos \varepsilon$ indiquée p. 10 du n° 22 des Cahiers.

Comme on exprime fréquemment les ascensions droites en heures on placera un trait en face de chaque graduation multiple de 15° . On obtiendra ainsi 24 traits que l'on numérottera de 0 à 23 heures, toujours évidemment dans le sens direct. On pourra rendre plus précise la graduation en partageant chaque intervalle d'une heure en deux ou même quatre parties égales indiquant les demi-heures et les quart d'heures.

Enfin, on inscrira sur le bord du disque les constellations du zodiaque ainsi que les signes à leur position donnée par le tableau n°3.

b) Mise en position du disque: Quelle que soit la position de la Terre, la graduation zéro du repère doit toujours rester dans la direction du point vernal γ . Cette direction ayant été choisie horizontale, le disque sera monté sur un petit roulement à bille et lesté convenablement en y plaçant une petite surcharge. Pour parfaire, lors de l'utilisation, l'orientation du disque, on place un petit fil à plomb attaché en un point de la direction 90° .

c) Graduation horaire: On a vu comment on peut calculer l'heure solaire du passage d'une planète dans le méridien d'un lieu à partir de la différence des ascensions droites de la planète et du Soleil. Ce calcul peut être remplacé par une lecture directe, si l'on ajoute sur la tige supportant la Terre un deuxième disque en plexiglas, indépendant du premier, divisé en 24 parties égales graduées en heures dans le sens direct. On oriente à la main ce disque de façon que 12 h indique la direction du Soleil; la graduation qui se trouve dans la direction de la planète donne l'heure de passage de celle-ci dans le méridien du lieu (il s'agit de l'heure solaire vraie locale).

Cette méthode plus rapide que le calcul présente cependant l'inconvénient d'être moins précise car le disque devrait être perpendiculaire aux méridiens c'est-à-dire dans le plan équatorial. Or on le place dans le plan de l'écliptique et on le gradue sans pouvoir faire la correction due à l'obliquité de l'écliptique sur l'équateur, comme on l'a

fait sur le disque précédent, car l'orientation de ce disque varie au cours de l'année (il fait un tour en un an). Toutefois l'erreur de lecture ainsi faite sur l'heure de passage d'une planète au méridien ne dépasse pas 10 minutes puisque sur le tableau de conversion ci-dessus l'écart maximal entre α et λ est de $2,5^\circ$ soit $60 \times 2,5 / 15 = 10$ min.

d) Fil de visée : On attache à l'axe de la Terre un fil que l'on tendra à la main en direction d'une planète ou du Soleil, permettant ainsi la lecture sur l'une ou l'autre des deux graduations géocentriques précédentes.

6°) Position de la Terre chaque jour de l'année: On remarque que le tableau n°1 ne donne pas les longitudes héliocentriques de la Terre. Par contre, les Ephémérides donnent les ascensions droites du Soleil chaque jour de l'année. Pour trouver la position de la Terre à une date donnée, on peut donc utiliser le repère géocentrique en plaçant la Terre de façon que la graduation correspondant à l'ascension droite du Soleil à ce jour se trouve juste sous le fil de visée tendu en direction de celui-ci.

Toutefois la longitude héliocentrique de la Terre pour une date donnée varie peu d'une année à l'autre, il est donc commode de graduer l'orbite de la Terre de jour en jour. Pour cela on repère la position où se trouve la Terre le 21 mars jour de l'équinoxe de printemps: c'est le point de l'orbite qui est situé à l'opposé du point γ , puis on divise la trajectoire en segments correspondant par exemple à des déplacements effectués en 10 jours. Il est facile ensuite de diviser ces segments en 10 parties égales.

UTILISATION

Présentation du système solaire: Le planétaire permet de montrer, chaque jour de l'année, la position des planètes sur leurs trajectoires et de reconnaître les positions remarquables: conjonctions, oppositions, quadratures, alignements.

Il est également utile pour faire prendre conscience des très petites dimensions des planètes par rapport aux distances qui les séparent et de rendre sensible le faible encombrement de l'espace interplanétaire.

Etude des mouvements apparents du Soleil et des planètes: C'est une application particulièrement intéressante du planétaire montrant le caractère fondamental du repère dans la définition d'un mouvement.

On montre facilement, grâce au repère géocentrique, le déplacement apparent annuel du Soleil dans le sens direct parmi les constellations du zodiaque. Comme nos horloges sont réglées sur le mouvement du Soleil (midi est l'instant de passage du Soleil au méridien du lieu) on explique ainsi pourquoi à une même heure de la nuit, on voit de jour en jour les étoiles se déplacer dans le sens rétrograde et décrire une circonférence complète ayant pour axe celui des pôles, en un an.

De même on peut suivre le cheminement d'une planète, constater qu'elle se déplace généralement aussi dans le sens direct parmi les constellations du zodiaque, mais qu'à certaines périodes ce mouvement semble s'arrêter pour devenir rétrograde puis reprendre ensuite dans le sens direct. On peut montrer que ceci se produit au moment d'une opposition pour les planètes supérieures et au moment d'une conjonction inférieure pour une planète inférieure.

Le tracé de la trajectoire apparente du Soleil et d'une planète peut faire l'objet d'un exercice pratique montrant que la trajectoire dépend du repère choisi et mettant en évidence de façon remarquable le mouvement rétrograde de la planète au moment où celle-ci passe le plus près de la Terre. Ce tracé permet également de déterminer sans calcul la période synodique de la planète.

Conditions de visibilité des planètes et des constellations du zodiaque: Le cercle horaire nous indique l'heure de passage d'une planète ou d'une constellation au méridien du lieu: on saura donc immédiatement si on pourra l'observer dans le ciel nocturne et quelles seront les heures approximatives de son lever et de son coucher.

CONCLUSION

Ce planétaire permet d'expliquer simplement les mouvements apparents des planètes et de prévoir à quel moment on pourra les voir dans le ciel nocturne alors que ceci paraît généralement très mystérieux aux élèves. Sa mise à jour régulière est très rapide et facile. Il a donc sa place sur les murs d'une salle où les sciences physiques sont enseignées.