LA CONSTRUCTION D'UN PLANETAIRE

OBJECTIF.

La Terre tourne sur elle-même, elle tourne également autour du Soleil ainsi que toutes les planètes. Comment un observateur terrestre perçoit-il tous ces mouvements ?

C'est pour répondre à cette question que nous avons construit un planétaire, maquette qui représente le système solaire avec un repère lié au Soleil permettant de situer les planètes sur leur trajectoire chaque jour del'année et un autre, lié à la Terre, servant à interpréter leurs mouvements vus dela Terre.

Ce planétaire a été réalisé initialement dans une classe de lère A avec des élèves travaillant sur un thème d'astronomie; il ne comportait alors que les trajectoires des planètes et le repère lié au Soleil. Ensuite, dans le cadre du club d'astronomie du lycée, le repère lié à la Terre a été conçu pour interpréter les mouvements apparents des planètes parmi les étoiles.

PRINCIPE.

1 - Le plan du planétaire.

La Terre tourne autour du Soleil dans un plan appelé plan de l'écliptique (Figure 1). Lorsque l'on regarde la face Nord de ce plan on voit la Terre tourner dans le sens direct c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Les autres planètes gravitent autour du Soleil, également toutes dans le sens direct, et suivant des orbites dont les plans sont très voisins de celui de l'écliptique. Parmi les planètes visibles à l'oeil nu, que seules on se propose de représenter sur le planétaire, l'orbite la plus inclinée est celle de Mercure qui fait un angle de 7° avec le plan écliptique.

Nous négligerons donc les inclinaisons des différentes orbites des planètes et nous les représenterons toutes dans un même plan: le plan du planétaire figurera celui de l'écliptique dont on regardera la face Nord.

2 - Le mouvement des planètes par rapport au Soleil: le repère héliocentrique.

Les caractéristiques des orbites des différentes planètes, données dans le tableau n°l permettent de connaître avec précision la trajectoire de chacune d'entre elles. Pour repérer la position d'une planète, il suffit donc de connaître l'angle que fait la droite passant par le centre du Soleil et indiquant la direction de la planète avec une droite de référence passant également par le centre du Soleil (Figure 2). Pour cela nous utiliserons un cercle gradué en degrés dans le sens direct, centré sur le Soleil, et nous placerons le zéro de ce cercle dans la direction du point vernal g choisi comme direction de référence: c'est la direction dans laquelle un observateur terrestre voit le Soleil le jour de l'équinoxe de printemps (Figure1)

En raison de la précession des équinoxes, le point χ se déplace au cours du temps, mais d'environ l° seulement en 71 ans. Dans la réalisation du planétaire nous le considérerons donc comme fixe par rapport aux étoiles.

L'angle que fait la direction de la planète avec la direction de référence est appelé sa *longitude écliptique héliocentrique*. Le tableau n°2 donne les valeurs des longitudes héliocentriques de chaque planète pour l'année 1983. Ce tableau est extrait des Ephémérides préparées chaque année par le Bureau des Longitudes pour

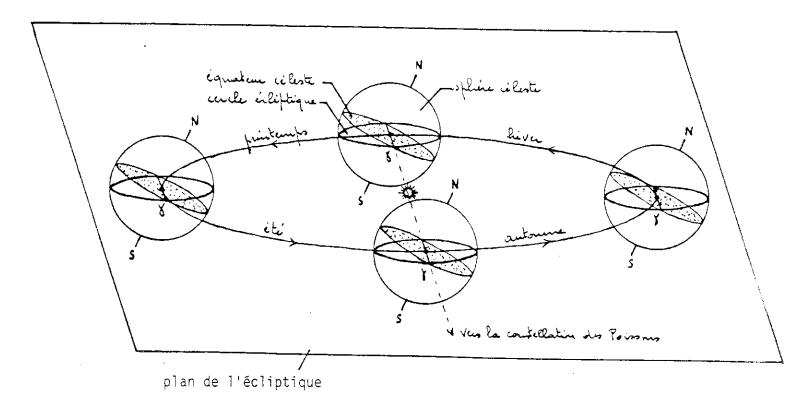
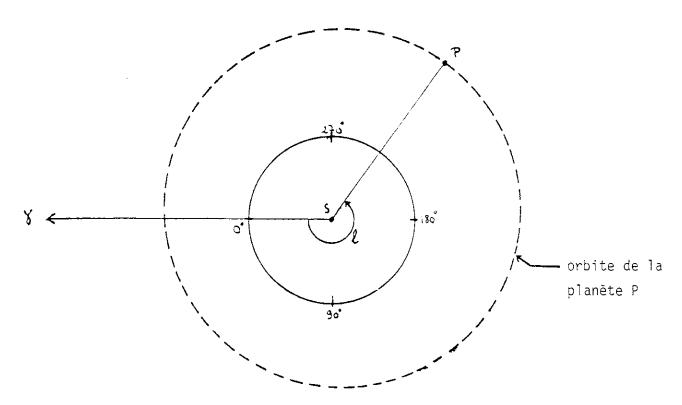


Figure n°l



l = longitude écliptique héliocentrique de la planète P

Figure n°2

Tableau n°l

Nom Symbole	Mercure Ç	Vénus P	Terre	Mars	Jupiter 4	Saturne h
demi grand axe de l'orbite en 10 ⁶ km	57,9	108,2	149,6	227,9	779	1427
excentricité de l'orbite	0,206	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056
longitude héliocentrique du périhélie	77°	131°	102,5°	335,5°	14°	92°
révolution sidérale en jours	87,969	224,3	365,25	686,98	4332,59	10759,2
révolution synodique en jours	115,88	583,92		779,94	398,88	378,09
rayon équatorial moyen en km	2439	6052	6378,1	3397,2	71398	60000

Tableau n°3

du signe ou Nom de la constellation	symbole	longitud géocentr limites	iqu		ascens limite tion s h	s de	la écl	cons	stella-
Ariès - le Bélier	7	0°	-	30°	1	46	-	3	20
Taurus - le Taureau	d	30°	-	60°	3	20	-	5	58
Gemini - les Gémeaux	I	60°	-	90°	5	58	-	7	56
Cancer - le Cancer	99	90°	-	120°	7	56	-	9	28
Leo - le Lion	N	120°	-	150°	9	28	-	11	42
Virgo - la Vierge	mp	 150°	-	180°	11	42	-	14	18
Libra - la Balance	===	180°	-	210°	14	18	-	15	45
Scorpius - le Scorpion	m	210°	_	240°	15	45	-	16	24
Ophiuchus					16	24	-	17	43
Sagittarius - le Sagittaire	X >	240°	_	270	17	43	-	20	07
Capricornus - Le Capricorne	75	270°	-	300°	20	07	-	21	58
Aquarius - le Verseau	≈≈	300°	-	330°	21	58	-	23	39
Pisces - les Poissons)(330°	-	360°	23	39	-	1	46

1983 Vénus 1983 Vénus 1983 Vénus 1983 Vénus 1983 Vénus 1983 Vénus 1994 1994 1994 1994 Vénus 1994 1994 Vénus	Mercure 1983 Venus	1983 1983 1983 1983 1. 5 77.8 Janv. 1 313.2 19 137.6 H 329.1 20 162.3 J 10.8 21 137.6 H 329.1 22 183.3 21.2 J 84.9 30 201.5 26 332.9 30 201.5 26 332.9 31 26.0 32.7 24 274.0 26 32.9 29 288.5 29.2 288.5 11 340.7 Avril 1 97.0 2 223.7 Mai 1 145.7 2 223.7 Mai 1 16 121.4 2 223.7 Mai 1 16.20 1 265.8 Jun 5 202.4 2 310.8 Jun 5 202.4 2 388.8 Jun 5 202.4 1 388.8 Jun 5 202.4	Mars	LA DATE: 0 0 0. Lanv. 1 342,4 Juill. 10 90,8 11 348,7 20 95,6 21 355,0 30 100,4 31 1,3	Fèvr. 10 7,5 19 109.8 20 13,7 29 114.4	19.7 Sept. 8	12 25.8 22 31,7	* **	21 48.9 21 48.9	54.4 Nov. 7	21 59.9	; :: ::				. Jupiter Saturne Uranus Neptune	to the second se	Janv. 1 234,6 207,6 245,3 266,9 21 236,2 208,2 245,6 267,0	Févr. 10 237,7 208,9 245,8 267,1	Mars 2 239,3 209,5 246,1 267,2	246,3	=	Mai 1 244,0 211,4 246,8 267,6 212,1 247,0 267,7	Juin 10 247,1 212,7 247,3 267,8	30 248,7 213,3 247,5	Juilt. 20 250,2 214,0 247,7 268,0	Août 9 251,8 214,6 248,0 268,2	7,042	Sept. 18 255,0 215,9 248,5 268,4	Oct. 8 256,6 216,5 248,7 268,5	28,2 211,2 249,0	Nov. 17 259.8 217.8 249.2 268.8
OCENTRRQUES MI 1983 1983 1983 1983 1983 1983 1983 1984 1985 1985 1986 1988	Mercure Juill. 5 77,8 Janv. 1 20 162,3 16 23 183,3 21 30 201,5 26 24 274,0 20 29 284,4 Févr. 5 14 246,4 Févr. 5 15 284,0 Mars 2 28 321,2 7 29 288,5 2 20 288,5 2 20 288,5 2 21 29,8 311,2 16 22 223,7 Mai 1 11 18 171,2 16 23 294,7 265,8 16 24 236,8 Juin 5 15 236,8 Juin 5 16 22 349,4 10 17 338,8 Juin 5 18 13,5 15 18 23,9 11,0 25 19 265,8 Juin 5 11 13,5 13,5 15 22 241,2 29 23 294,7 25 24 23,7 Mai 11 24 239,8 Juin 5 25 294,7 250 27 294,7 250 28 289,4 10 27 289,4 10 28 289,8 Juin 5 27 294,7 250	Actitudes Hellocenter 1983					э	5 250,4	15 266,3	25 282,1		4 297.9	313,7	19 321,6 24 329,6	~	3 345,4	· ~	18 9,3 23 17,2		3 33,2 8 41.2	13 49,2	. ~	28 73,3	2 81,4 7 89,5	٠.,	17 105,6 22 113.7	27 121.9	2 130,0	_	12 146,2 17 154.4		27 170,6
CENTIFY Continue of the conti	Mercure Juill. 5 77,8 10 109,0 15 137,6 20 162,3 20 162,3 30 201,5 4 274,0 29 284,5 19 340,7 18 3,3 28 321,2 19 340,7 18 3,3 28 321,2 19 340,7 18 3,3 28 321,2 19 340,7 19 268,5 28 208,2 Nov. 2 223,7 Nov. 2 223,7 Dec. 2 310,8 27 294,7 Dec. 2 310,8 17 338,8 17 338,8	Mercure Mercure Mercure Mercure Mercure 1 23,4 Juill. 5 77,8 6 52,5 10 109,0 11 83,8 15 137,6 11 142,5 20 162,3 12 142,5 20 162,3 13 146,9 20 201,5 14 23,4 14,6 20 162,3 14 14,6 20 162,3 15 13,3 16 249,0 24 204,0 17 291,3 8 321,2 2 36,7 8cpt. 3 304,0 2 49,0 249,0 249,0 2 344,7 29 28,5 2 202,7 8cpt. 3 304,0 2 344,7 28 39,2 2 36,1 1 13,4 1 324,6 23 191,0 6 126,4 18 171,2 1 194,4 Nov. 2 223,7 6 240,8 175,1 28,2 1 282,5 12 252,0 6 240,8 175,1 28,2 1 284,6 22 294,7 1 282,5 Dèc. 2 310,8 6 268,4 27 294,7 1 282,5 Dèc. 2 310,8 6 268,4 7 328,8 6 268,4 7 13,8 6 332,4 17 13,5 6 333,7 22 41,2 6 333,7 11,9				Vénus		Juill. 5	2 2 8	25	30	Août 4	<u> 4</u>	19 24	67	Sept. 3	3 5	18 23	87	Oct. 3	_	23	28	Nov. 2	12	17	27	Dec. 2	7	12	22	27
	Mercure Août 1 1 1 1 1 1 1 1 1	**************************************				Venus		1 313,2 Juill. 5	329,1 15	344,9 25	352,9 30 0,8	Août 4	10 16,7 14	24,7 19 32,7 24	25 40,7 29	2 48,7 Sept. 3	64,8	72,8 18 80,9 23	87 0'68 17	1 97,0 Oct. 3 6 105.1 8	113,3 13	129,5	26 137,6 28	1 145,7 Nov. 2 6 153,9 7	162,0	170,1 17	186,3 27	Déc. 2	5 202,4 7	210,5 12 12 218.5 17	226,5 22	234,5 27

Tableau n°2

Fev.

Mars 2
7
12
12
17
22
22

Avril

Σ

Juin

la Société Astronomique de France.

3 - Le mouvement des planètes par rapport à la Terre: le repère géocentrique.

Les dimensions de la Terre et des étoiles sont si petites par rapport à leurs distances, que, vu de la Terre, on peut assimiler chaque étoile à un point et, de plus, considérer que les rayons lumineux qu'en reçoivent à un instant quelconque les divers points de la surface de la Terre, sont parallèles entre eux. La direction de la lumière que nous envoie l'étoile est donc indépendante du lieu d'observation: c'est elle que nous appelons direction de l'étoile

Puisque le ciel forme une voûte au-dessus de tout observateur terrestre, on a imaginé, pour repérer les étoiles, d'utiliser une sphère sur laquelle chaque direction d'étoile est représentée par un point: on l'appelle sphère céleste. Théoriquement le centre de la sphère céleste est l'oeil de l'observateur, mais puisque la direction d'une étoile est indépendante du lieu d'observation, on peut confondre tous les points de la Terre et situer le centre de la sphère céleste au centre de la Terre.

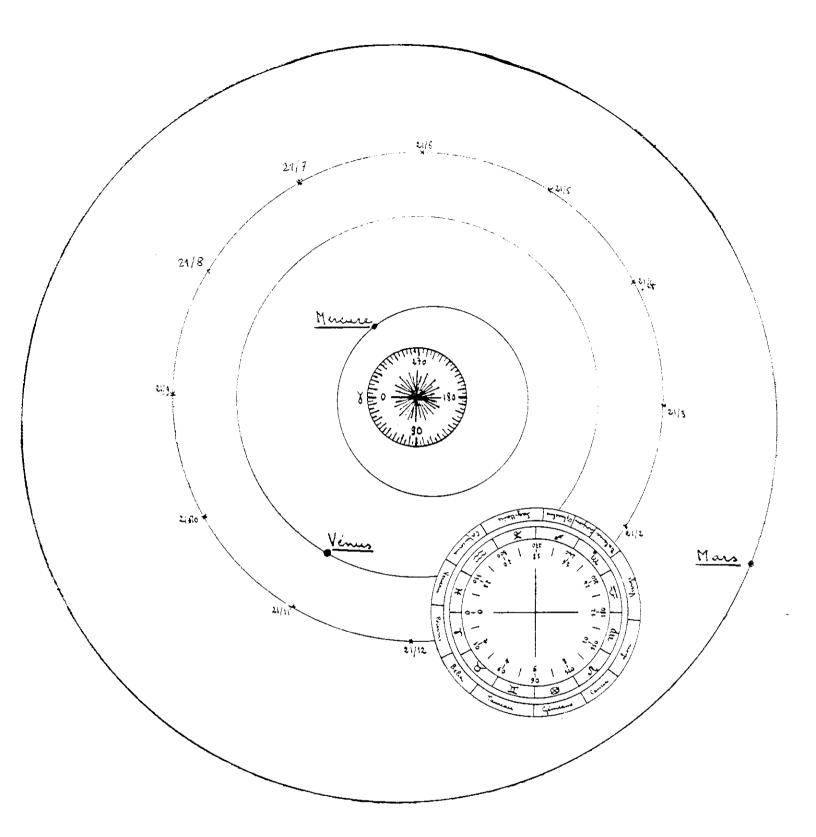
La direction d'une étoile est non seulement indépendante du lieu d'observation, mais au cours du mouvement annuel de la Terre autour du Soleil, elle ne varie pratiquement pas pour un observateur terrestre (la variation est inférieure à l' pour les étoiles les plus proches). Donc les points représentant les étoiles autres que le Soleil, sur la sphère céleste sont considérés comme fixes les uns par rapportaux autres. Par contre le Soleil et les planètes, beaucoup plus proches dela Terre, se déplacent sur cette sphère parmi les étoiles au cours de l'année.

Sur cette sphère il existe deux grands cercles remarquables (Figure 1), celui qui a pour axe la droite joignant les deux pôles, appelé l'équateur céleste, et celui qui a la direction du plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil et que l'on appelle le cercle écliptique. La ligne d'intersection de ces deux cercles n'est rien d'autre que la direction du point vernal y. Par leur définition même, ces deux cercles sont liés aux mouvements, diurne ou annuel, de la Terre, mais sont fixes par rapport aux étoiles.

En un lieu donné, le plan habituel de référence est le plan horizontal, mais son orientation par rapport aux étoiles varie à cause de la rotation de la Terre sur elle-même et de son mouvement autour du Soleil; de plus, en deux lieux d'observation différents, le plan horizontal n'est pas le même. Pour pouvoir comparer des mesures faites à différentes dates et en différents endroits, il est préférable d'avoir un repère universel, indépendant du lieu d'observation, de l'heure et du jour de l'année. Pour cela on utilise la sphère céleste et plus particulièrement l'équateur céleste ou l'écliptique.

Puisque les planètes et le Soleil, dont on veut étudier les mouvements apparents, sont tous dans le plan de l'écliptique, le plus simple, pour nous, est de prendre un repère ayant comme plan de référence le plan de l'écliptique et comme droite de référence la direction du point vernal &, déjà choisie pour le repère héliocentrique. Si ce repère est un cercle centré sur la Terre, gradué en degrés dans le sens direct, l'angle que fait la direction de la planète avec la direction de référence est appelé *longitude céleste* ou longitude écliptique géocentrique et correspondant au système de coordonnées écliptiques.

Les étoiles situées au voisinage de l'écliptique sont regroupées en treize constellations appelées constellations du zodiaque et dont les longitudes célestes sont bien connues. Il suffit donc de tracer sur le bord du cercle gradué géocentrique les limites de ces constellations pour qu'en visant, depuis la Terre, une planête on puisse déterminer à chaque instant dans quelle constellation elle se trouve. (Figure 3).



Mercure est en conjonction supérieure; la planète n'est pas visible. Vénus, qui est dans la constellation du Verseau, a $2 h \frac{1}{2}$ de retard sur le Soleil, donc est bien visible le soir et en début de nuit. Mars est dans la constellation de la Vierge, a 7 h d'avance sur le Soleil; elle est donc visible en fin de nuit

Figure n°3

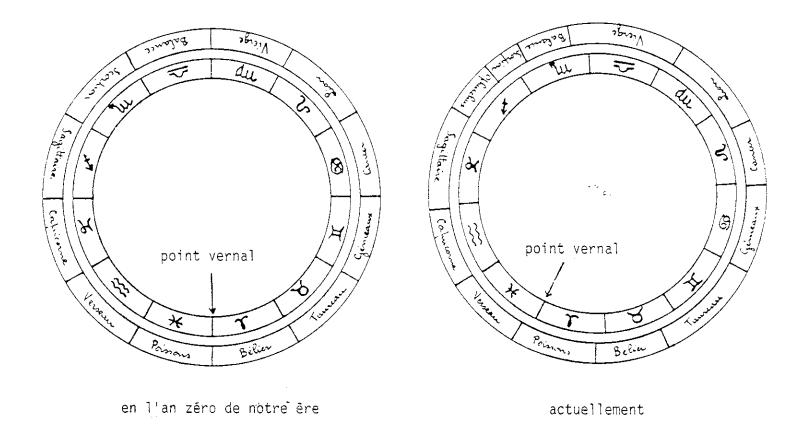
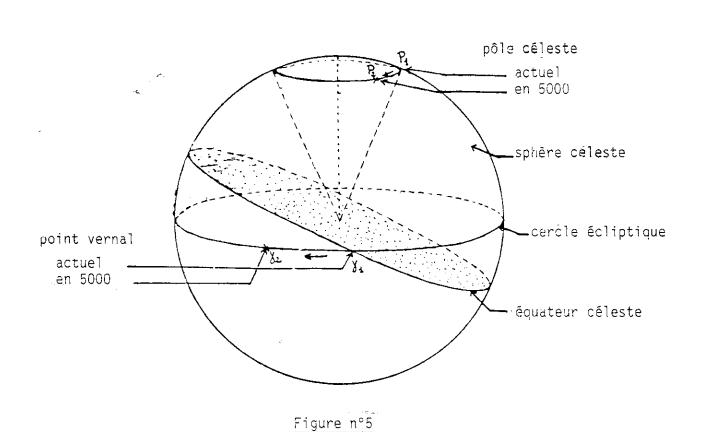


Figure n°4



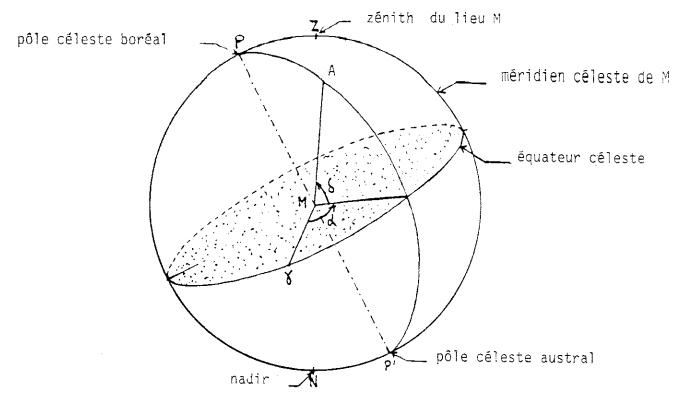


Figure nº5

Les Anciens avaient divisé le zodiaque en douze parties égales, appelées "signes" et qui portent le nom des constellations qui s'y trouvaient autrefois, il y a quelque 2 000 ans. Il peut être intéressant de les représenter également sur le cercle gradué pour montrer le décalage entre signes et constellations, dû au lent déplacement du point y sur l'écliptique depuis le début de notre ère (Figures 4 et 5).

En utilisant comme repère un cercle gradué en degrés, l'angle donnant la direction de la planète est, nous l'avons dit, sa longitude céleste. Or, sur les cartes du ciel et dans les éphémérides, le système de coordonnées utilisé habituellement est un système de coordonnées équatoriales. Si donc on veut pouvoir utiliser les indications données par le planétaire en les reportant sur une carte céleste, il est préférable qu'elles soient dans ce système de coordonnées.

Les coordonnées célestes d'un astre A sont (figure 6): - la déclinaison δ , angle, mesuré en degrés, que fait la direction de A avec l'équateur céleste,

- l'ascension droite & , angle de la droite M & avec la projection de MA sur le plan de l'équateur céleste. L'ascension droite peut être mesurée en degrés, mais le plus souvent on l'exprime en heures. Cette habitude provient du fait qu'il y a une correspondance entre l'intervalle de temps qui sépare les passages de deux étoiles au méridien du lieu et la différence de leurs deux ascensions droites: l'heure pour une différence d'ascensions droites de 15 degrés puisque la Terre tourne d'un angle de 15° par heure. L'angle & est compté positivement dans le sens direct.

Il existe une relation simple entre la longitude céleste λ et l'ascension droite α d'un astre:

 $tg \propto = tg \lambda \cos \varepsilon$ avec $\varepsilon = 23^{\circ} 27'$ angle entre l'écliptique et l'équateur céleste.

Il suffit alors de graduer le repère géocentrique directement en ascensions droites et de l'orienter de façon que la direction du zéro soit celle du point y pour que, par une simple visée en direction de la planète, on obtienne la valeur de son ascension droite.

La déclinaison de la planète n'est pas donnée directement par le planétaire, mais sur les cartes du ciel l'écliptique est généralement tracé; il suffit donc de connaître l'ascension droite de la planète pour la situer et lire, si on le désire la déclinaison sur la carte.

Le planétaire permet de déterminer et d'expliquer le déplacement apparent des planètes et du Soleil parmi les étoiles, mais on peut également l'utiliser pour déterminer l'heure solaire du passage d'une planète dans le mériduen du lieu. En effet, la différence entre les ascensions droites, exprimées en heures, de deux astres donne l'intervalle de temps qui s'écoule entre leurs deux passages au méridien du lieu. En visant successivement le Soleil et la planète sur le planétaire, on obtient leurs deux ascensions droites: on saura donc combien de temps avant ou après le Soleil, la planète passera au méridien du lieu. Comme il est midi solaire quand le Soleil est dans le méridien local, on en déduit facilement l'heure solaire du passage de la planète dans ce méridien en ajoutant 12 heures à la différence entre l'ascension droite de la planète et celle du Soleil. On pourra ainsi savoir quels jours de l'année la planète sera observable et à quel moment de la nuit elle sera visible dans le ciel local.

Claude Piguet (lycée Saint Exupéry à Lyon)

La seconde partie de cet article, consacrée à la réalisation et à l'utilisation du planétaire sera publiée dans le prochain numéro des Cahiers.

Nous rappelons (voir le n°17 des Cahiers Clairaut) que Claude Piguet et le lycée Saint-Exupery ont obtenu avec ce planétaire un prix de la Mission du Musée de la Villette.

LA CANICULE

plus aujourd'hui dans la constellation du Grand Chien, mais dans celle du Lion."

(Extrait du Dictionnaire Larousse en 2 volumes, édition de 1948)

"Canicule: n.f. (de Canicule, nom que porte l'étoile Sirius dans la constellation du Grand Chien; époque où Sirius se lève et se couche avec le Soleil: 22 juillet - 23 août).

Les anciens attribuaient aux jours caniculaires une influence désastreuse; à cette époque, d'après leurs croyances, les médecins sont impuissants contre la maladie, la nature seule peut réagir, et c'est pour écarter tous les malheurs qui peuvent se produire pendant ces jours néfastes que les Romains sacrifiaient tous les ans, à l'époque de la canicule, un chien roux, animal qui plaisait à cette constellation. Aujourd'hui, on attribue encore, dans quelques campagnes, une influence funeste à la canicule. D'ail-leurs, par suite du mouvement de précession, à l'époque de la canicule, le Soleil n'est

Quelle brochette d'imprécisions, d'erreurs ou de belles énormités! Sans vou-loir discuter de chaque détail, essayons de rectifier les propos ci-dessus: l°) le nom de Sirius vient de la notion de "briller" que Flammarion rappelle dans "Les Etoiles et les curiosités du ciel", 1882, page 471, en indiquant la racine σ (seirios), adjectif qualifiant d'ailleurs aussi bien le soleil que Sirius chez les poètes grecs.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

La plus brillante étoile du ciel se trouvant dans le Grand Chien, la plupart des civilisations antiques utilisèrent cette référence pour la nommer "l'étoile du chien", stella canicula chez les Romains. De là à écrire que Sirius avait pour autre nom "Cani-cule", il y a erreur par glissement sémantique.

- 2°) Glissons aussi sur les superstitions; les pauvres chiens roux devaient passer un vilain quart d'heure, mais pouvaient se consoler en pensant qu'ils avaient fait plaisir à une constellation; le géant Orion, flanqué de ses deux chiens, le grand et le petit, doit avoir, depuis, une meute magnifique si les pauvres animaux sacrifiés l'ont rejoint, au ciel!
- 3°) A notre époque, si l'on se réfère aux dates données par l'article du dictionnaire (soit du 22 juillet au 23 août), le soleil se trouve au moment de la canicule dans le Cancer, où il entre le 20 juillet pour en sortir le 10 août et passer dans le Lion. Je cite ici les positions du soleil sur l'écliptique par rapport aux limites modernes des constellations. Il est clair que l'article signale le Lion en tant que signe astrologique et non pas comme constellation!

Mais la perle réside dans la dernière phrase, lorsqu'il est dit que, dans l'antiquité, le soleil se trouvait dans la constellation du Grand Chien!

L'auteur de l'article du dictionnaire a sans doute écrit son chef d'oeuvre à la fin de juillet ou au début d'août, et la chaleur aidant "en quelque campagne"...!

Au fait, et moi donc!!