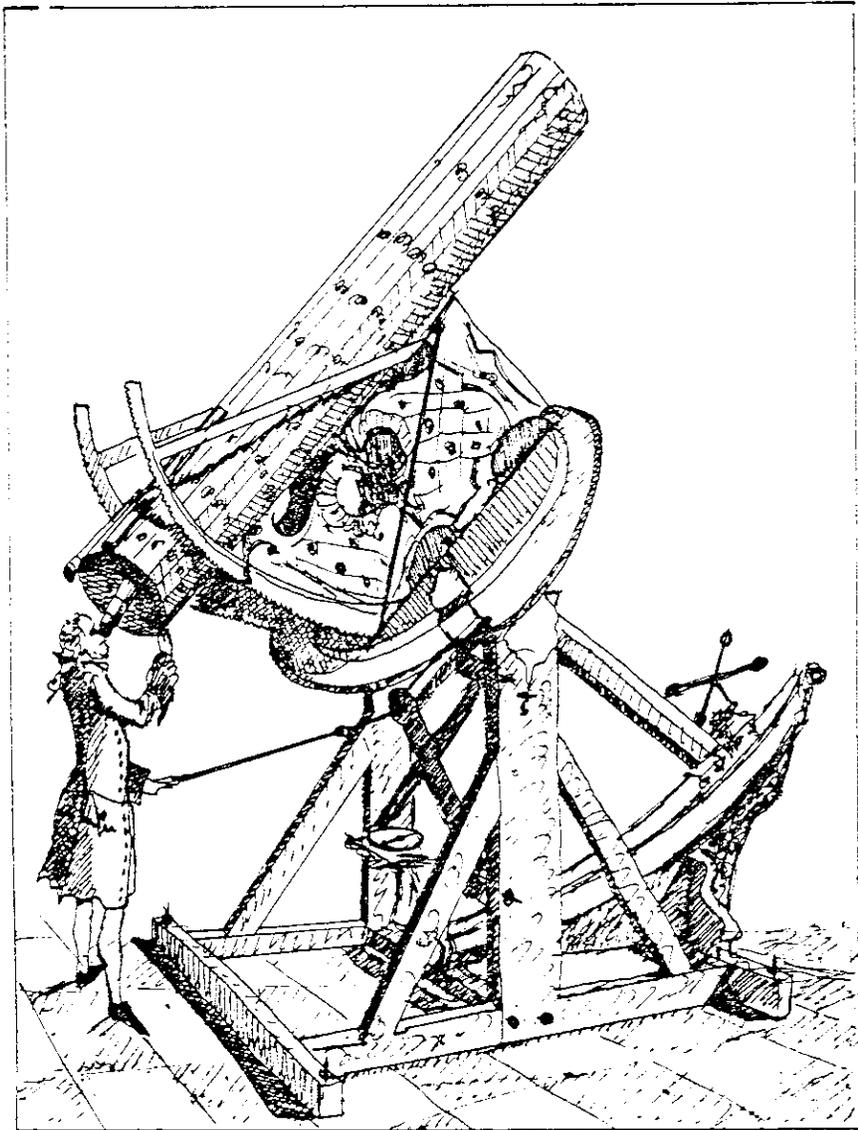


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n° 22 - automne 1983

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 22 Automne 1983

page

La construction d'un planétaire 3
 La Canicule11
 Le concept d'Univers et le Principe Cosmologique12
 L'Ourse et la Comète14
 Courrier des lecteurs16
 Les neutrinos solaires (fin)18
 La chasse aux perles22
 Notre Emilie23
 Triangulation d'un météore26
 Le CLEA et les petites planètes.....31
 Lectures pour la Marquise32
 Erratum34
 Questions sans réponses34
 Page à relire35
 Compte rendu de l'école d'été de Sophia Antipolis.....35
 Chronique du CLEA36
 Expérience: Le bleu du ciel37
 Stages de formation continue des Maitres en Astronomie à Orsay38

EDITORIAL

Merci à tous ceux qui nous ont envoyé des articles: Daniel Bardin, inspiré par la canicule marseillaise; J.P. Rosenstiehl et son club d'astronomie de l'Université du Maine qui se sont souvenus de notre désir de publier des articles "simples" et de donner des idées astronomiques aux fanatiques des ordinateurs; Béatrice Sandré, pour nous avoir dévoilé sa "recette du bleu du ciel"; et enfin Claude Piguet pour sa description détaillée et précise du planétaire qu'elle a construit avec ses élèves. Continuez à nous écrire et à nous envoyer des textes .

N'oubliez pas de vous réabonner si vous ne l'avez pas encore fait; donnez-nous des noms de collègues susceptibles d'être intéressés par les Cahiers: nous voudrions augmenter leur diffusion.

Bonne rentrée pour tous !

La Rédaction

FICHE D'ADHESION AU CLEA (1983) ET D'ABONNEMENT AUX CAHIERS CLAIRAUT

Nom
 Adresse

Si possible donnez l'adresse de votre établissement scolaire, afin de pouvoir bénéficier de la franchise postale, mais n'oubliez pas de nous signaler vos changements d'affectation.

- désire adhérer au CLEA
- désire s'abonner ou se réabonner aux Cahiers Clairaut (n° 21 à 24)
- désire recevoir la collection complète (n°1 à 20)

tarifs: { cotisation seule : 20f ; abonnement seul (n°21 à 24): 35f (soutien 70f)
 { abonnement et cotisation: 50f (soutien 80f)
 { prix de la collection complète des Cahiers Clairaut (n°1 à 20): 120f

A RENVoyer AVEC LE REGLEMENT A L'ORDRE DU CLEA A LA TRESORIERE DU CLEA:

Mme F. DELMAS I.A.P. 98 bis Brd ARAGO 75014 PARIS

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 de l'année et un autre, lié à la Terre, servant à interpréter leurs mouvements vus de la Terre.

Ce planétaire a été réalisé initialement dans une classe de 1ère 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°1 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 γ choisi comme direction de référence: c'est la direction dans laquelle un observateur terrestre voit le Soleil le jour de l'équinoxe de printemps (Figure 1)

En raison de la précession des équinoxes, le point γ se déplace au cours du temps, mais d'environ 1° 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

Tableau n°1

Nom Symbole	Mercure ♁	Vénus ♀	Terre ♁	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturne ♄
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

Nom du signe ou de la constellation	symbole	longitudes écliptiques géocentriques des limites du signe	ascensions droites des limites de la constella- tion sur l'écliptique			
			h	min	h	min
Ariès - le Bélier	♈	0° - 30°	1	46	3	20
Taurus - le Taureau	♉	30° - 60°	3	20	5	58
Gemini - les Gémeaux	♊	60° - 90°	5	58	7	56
Cancer - le Cancer	♋	90° - 120°	7	56	9	28
Leo - le Lion	♌	120° - 150°	9	28	11	42
Virgo - la Vierge	♍	150° - 180°	11	42	14	18
Libra - la Balance	♎	180° - 210°	14	18	15	45
Scorpius - le Scorpion	♏	210° - 240°	15	45	16	24
Ophiuchus			16	24	17	43
Sagittarius - le Sagittaire	♐	240° - 270	17	43	20	07
Capricornus - Le Capricorne	♑	270° - 300°	20	07	21	58
Aquarius - le Verseau	♒	300° - 330°	21	58	23	39
Pisces - les Poissons	♓	330° - 360°	23	39	1	46

LONGITUDES HÉLIOCENTRIQUES MOYENNES DE LA DATE.

1983

Mercure

Vénus

Janv.	1	23,4	5	77,8	Janv.	1	313,2	5	250,4	
	6	52,5	10	109,0		6	321,2	10	258,4	
	11	83,8	15	137,6		11	329,1	15	266,3	
	16	114,6	20	162,3		16	337,0	20	274,2	
	21	142,5	25	183,3		21	344,9	25	282,1	
	26	166,5	30	201,5		26	352,9	30	290,0	
	31	186,9				31	0,8			
			Août	4	217,6			Août	4	297,9
				9	232,4				9	305,8
Févr.	5	204,6	14	246,4	Févr.	5	8,8	14	313,7	
	10	220,4	19	260,2		10	16,7	19	321,6	
	15	235,1	24	274,0		15	24,7	24	329,6	
	20	249,0	29	288,5		20	32,7	29	337,5	
	25	262,7				25	40,7			
			Sept.	3	304,0			Sept.	3	345,4
Mars	2	276,7	13	340,7	Mars	2	48,7	8	353,3	
	7	291,3	18	357,1		7	56,7	13	1,3	
	12	307,1	23	373,5		12	64,8	18	9,3	
	17	324,6	28	390,0		17	72,8	23	17,2	
	22	344,7				22	80,9	28	25,2	
	27	7,9				27	89,0			
			Oct.	3	90,7			Oct.	3	33,2
Avril	1	34,8	8	121,0	Avril	1	97,0	8	41,2	
	6	65,0	13	148,1		6	105,1	13	49,2	
	11	96,5	18	171,2		11	113,3	18	57,2	
	16	126,4	23	191,0		16	121,4	23	65,3	
	21	152,7	28	208,2		21	129,5	28	73,3	
	26	175,1				26	137,6			
			Nov.	2	223,7			Nov.	2	81,4
Mai	1	194,4	7	238,2	Mai	1	145,7	7	89,5	
	6	211,2	12	252,0		6	151,9	12	97,5	
	11	226,5	17	265,8		11	162,0	17	105,6	
	16	240,8	22	279,8		16	170,1	22	113,7	
	21	254,6	27	294,7		21	178,2	27	121,9	
	26	268,4				26	186,3			
	31	282,5				31	194,4			
			Déc.	2	310,8			Déc.	2	130,0
Jun	5	297,6	7	328,8	Jun	5	202,4	7	138,1	
	10	314,0	12	349,4		10	210,5	12	146,2	
	15	332,4	17	370,0		15	218,5	17	154,4	
	20	353,7	22	390,6		20	226,5	22	162,5	
	25	18,4	27	71,9		25	234,5	27	170,6	
	30	46,8				30	242,5			

Tableau n°2

Mars

Janv.	1	342,4	10	90,8	
	11	348,7	20	95,6	
	21	355,0	30	100,4	
	31	1,3			
			Août	9	105,2
Févr.	10	7,5	19	109,8	
	20	13,7	29	114,4	
Mars	2	19,7	8	119,0	
	12	25,8	18	123,5	
	22	31,7	28	128,0	
			Sept.	8	132,5
				18	136,9
				28	141,3
			Oct.	8	145,7
				17	150,1
				27	154,5
			Nov.	7	158,8
				17	163,2
				27	167,6
			Déc.	7	

	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Janv.	1	234,6	245,3	266,9
	21	236,2	245,6	267,0
Févr.	10	237,7	245,8	267,1
Mars	2	239,3	246,1	267,2
	22	240,8	246,3	267,3
Avril	11	242,4	246,5	267,4
Mai	1	244,0	246,8	267,6
	21	245,5	247,0	267,7
Jun	10	247,1	247,3	267,8
	30	248,7	247,5	267,9
Juill.	20	250,2	247,7	268,0
Août	9	251,8	248,0	268,2
	29	253,4	248,2	268,3
Sept.	18	255,0	248,5	268,4
Oct.	8	256,6	248,7	268,5
	28	258,2	249,0	268,6
Nov.	17	259,8	249,2	268,8

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.

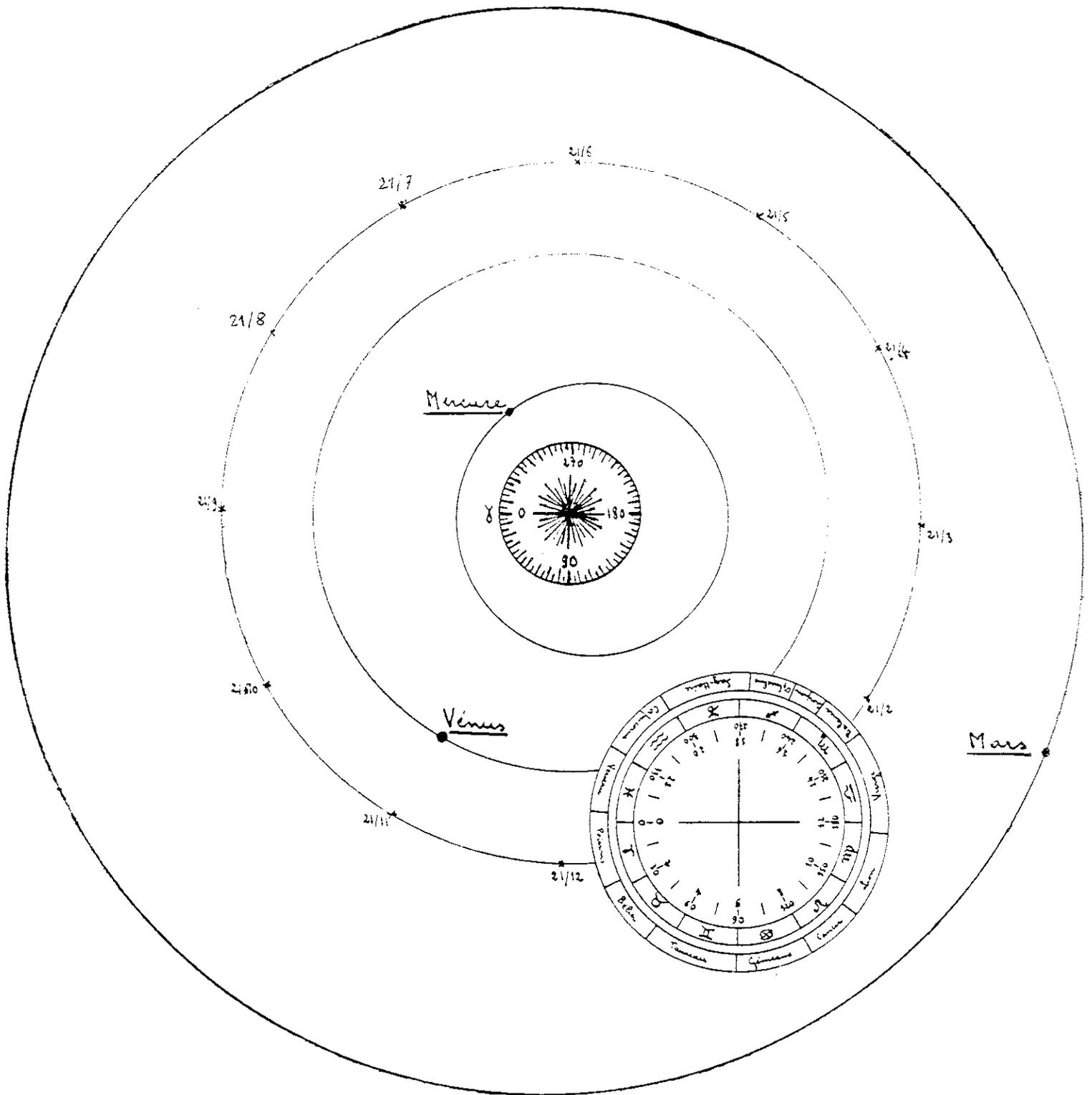
La direction d'une étoile est non seulement indépendante du lieu d'observation, mais au cours du mouvement annuel de la Terre autour du Soleil, elle ne varie pratiquement pas pour un observateur terrestre (la variation est inférieure à 1" pour les étoiles les plus proches). Donc les points représentant les étoiles autres que le Soleil, sur la sphère céleste sont considérés comme fixes les uns par rapport aux autres. Par contre le Soleil et les planètes, beaucoup plus proches de la 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 γ . 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 γ , 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 planète on puisse déterminer à chaque instant dans quelle constellation elle se trouve. (Figure 3).

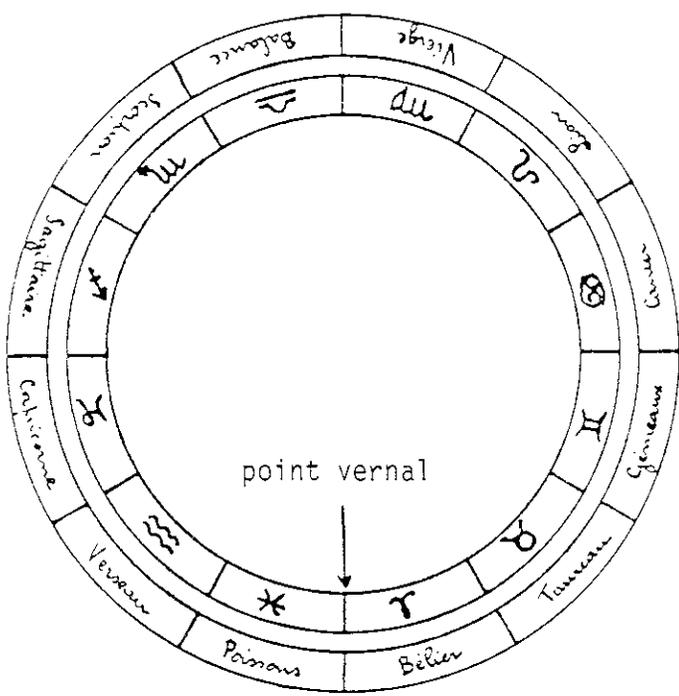


Mercure est en conjonction supérieure; la planète n'est pas visible.

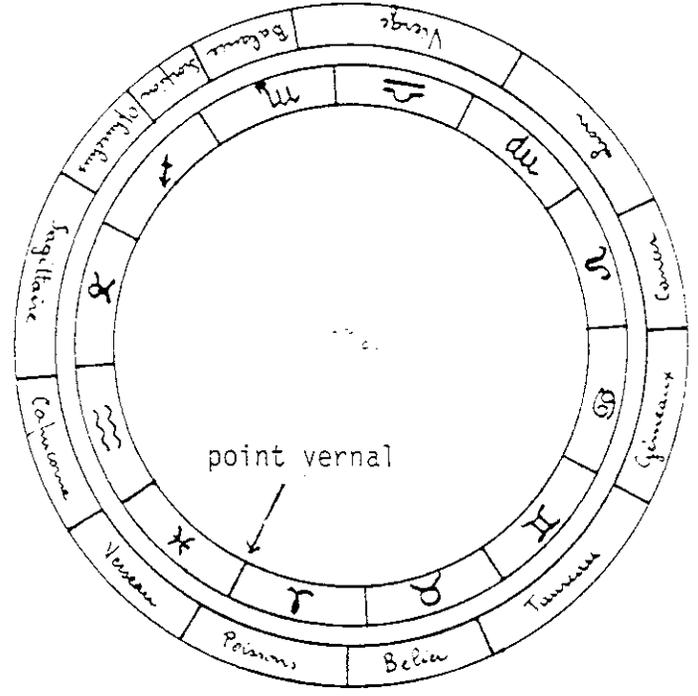
Vénus, qui est dans la constellation du Verseau, a 2 h $\frac{1}{2}$ de retard sur le Soleil, donc est bien visible le soir et en début de nuit.

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



en l'an zéro de notre ère



actuellement

Figure n°4

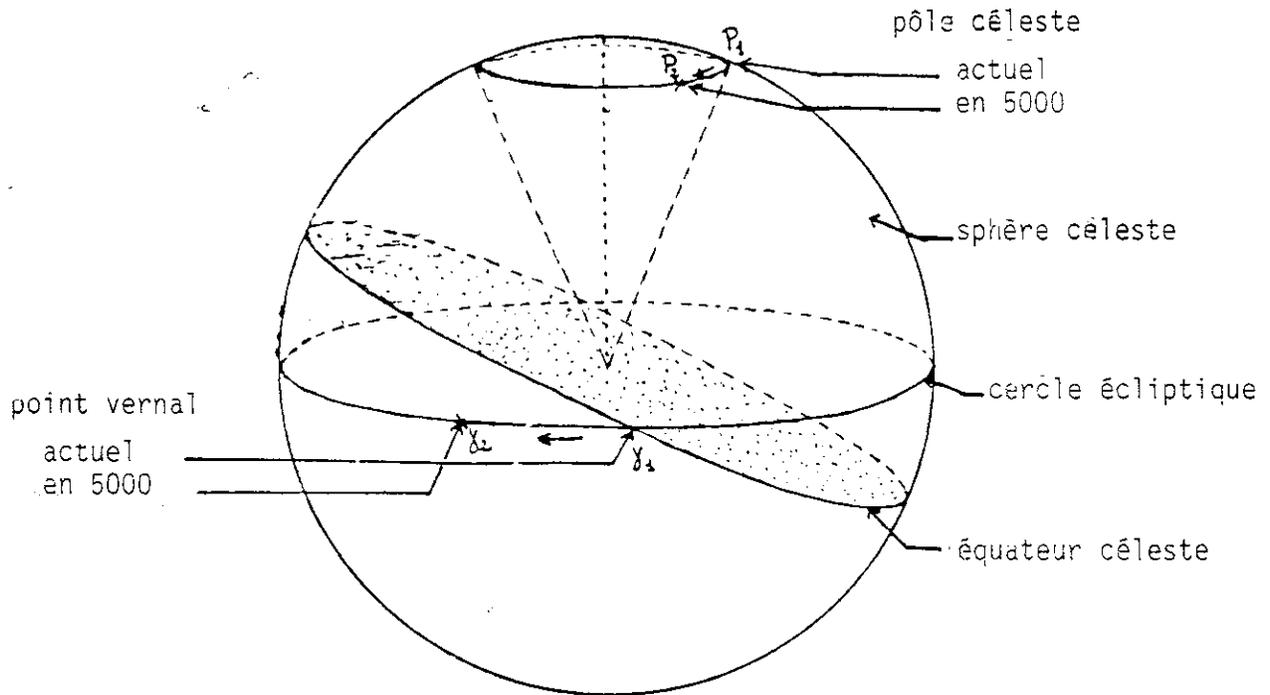


Figure n°5

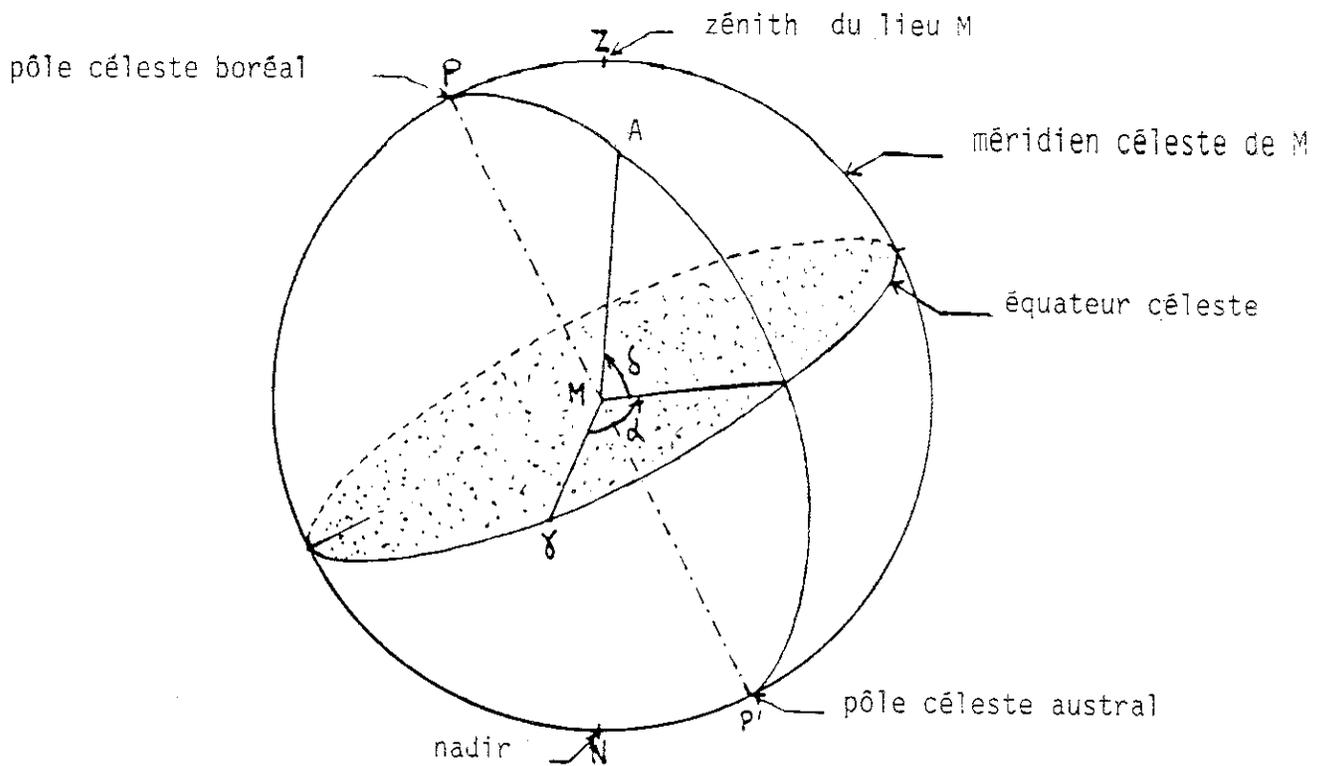


Figure n°6

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 γ 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 α , angle de la droite M γ 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: 1 heure pour une différence d'ascensions droites de 15 degrés puisque la Terre tourne d'un angle de 15° par heure. L'angle α 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:

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \lambda \cos \varepsilon$$

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 γ 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 méridien 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-Exupéry ont obtenu avec ce planétaire un prix de la Mission du Musée de la Villette.

LA CANICULE

(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'ailleurs, par suite du mouvement de précession, à l'époque de la canicule, le Soleil n'est plus aujourd'hui dans la constellation du Grand Chien, mais dans celle du Lion."

Quelle brochette d'imprécisions, d'erreurs ou de belles énormités! Sans vouloir discuter de chaque détail, essayons de rectifier les propos ci-dessus:

1°) 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 $\sigma\epsilon\iota\rho\lambda\omicron\varsigma$ (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 "Canicule", 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 !!

Daniel BARDIN (Marseille, 3 août 1983)

LE CONCEPT D'UNIVERS ET LE PRINCIPE COSMOLOGIQUE

(Feuilleton cosmologique: 2ème épisode)

S'il est une science qui prédispose à la méditation philosophique, c'est bien l'astronomie. Par les investigations qu'elle porte si loin aujourd'hui dans le cosmos, elle explore désormais un espace immense et un passé très reculé. Quelle meilleure situation pour rediscuter, sous l'angle de la science moderne, les éternels problèmes de l'espace, du temps, de leur finitude ou de leur infinitude, de l'origine de l'univers, de son devenir et pour restituer enfin à sa juste place l'extraordinaire aventure de l'homme et de la pensée.

Certes l'astronome n'est pas journallement aux prises avec des problèmes de cette envergure et tel d'entre nous qui est aujourd'hui en train de mesurer le spectre d'une certaine étoile est aussi loin de ces préoccupations métaphysiques que s'il exerçait n'importe quel autre métier. Il sait pourtant que son travail sera le grain de sable apporté au gigantesque édifice de la Connaissance et c'est cette idée qui donne un sens à la profession qu'il exerce. Par ailleurs je crois profondément que le rôle essentiel de l'astronomie, son utilité si j'ose dire, est précisément de nous donner les moyens de mieux définir les rapports entre la Philosophie et la Science.

La cosmologie, étude de l'univers à grande échelle, est de ce point de vue particulièrement féconde. Restée très spéculative jusqu'au début de ce siècle, elle est devenue aujourd'hui une science précise, appuyée sur de nombreuses données expérimentales.

C'est l'essor de la cosmologie, sous l'impulsion du génie d'Einstein et des découvertes de l'Astrophysique, que je souhaiterais vous présenter au cours de quelques uns de ces articles et j'espère que vous voudrez bien m'accompagner sur cet aventureux chemin de l'esprit dont chaque détour offre à notre émerveillement les plus belles et les plus fantastiques perspectives sur le monde qui nous entoure. Ainsi faire de la science une poésie reste de nos jours peut-être la manière la plus profonde de s'instruire de choses essentielles.

Les exploits spatiaux des temps modernes nous ont familiarisés avec tout un vocabulaire astronomique, les mots de galaxies, d'années-lumière sont devenus d'un usage courant et plus ou moins confusément, les moins spécialistes d'entre nous se font quand même une idée de l'univers assez conforme aux résultats de l'astronomie actuelle: toutes les étoiles que nous voyons au ciel sont autant de soleils comme le nôtre, avec vraisemblablement leur cortège de planètes; elles sont groupées dans l'espace en une structure spiralée, la Galaxie, fourmillement d'étoiles qui dessine sur la voûte céleste la brillante et vaporeuse Voie Lactée. Enfin, bien au-delà, à des millions voire à des milliards d'années-lumière, d'autres galaxies, innombrables, de structure identique à la nôtre. Il est alors saisissant de rappeler que la première identification d'une galaxie en tant que telle remonte seulement à 1923. Jusque là, leurs images diffuses, les "nébuleuses" disait-on alors, donnaient lieu à diverses interprétations: nuages de gaz ou amas d'étoiles? Là n'était pas finalement le vrai problème. Il fallut surtout savoir si ces objets appartenaient à notre Galaxie ou bien étaient des objets extragalactiques, d'autres galaxies. Avec le plus grand télescope du monde d'alors, le 2m50 du Mont Wilson, Hubble, en 1923, identifia pour la première fois une étoile variable, une céphéide, dans la nébuleuse d'Andromède. C'était connaître la distance de la nébuleuse. Aucun doute ne subsistait plus: Andromède était une extragalactique. Bientôt des milliers, des millions d'autres galaxies seraient photographiées par Hubble sur les clichés du Mont Wilson.

Le concept d'univers venait littéralement d'éclater.

Avant la découverte de Hubble, l'univers, en effet s'identifiait à notre galaxie avec ses quelque 100 000 années-lumière de grandeur et son étrange structure de disque d'étoiles, aplati et spiralé. Désormais, l'univers s'étendrait sur des milliards d'années-lumière, uniformément peuplé de galaxies identiques à la nôtre. C'était le "Royaume des Galaxies" et je ne saurais trop recommander aux passionnés d'astronomie la lecture de l'ouvrage de Hubble qui, sous ce titre, le Royaume des Galaxies, nous entraîne à partager l'enthousiasme de sa découverte du monde cosmique.

Dès lors se posait une question fondamentale et d'ordre épistémologique. Ces galaxies dénombrées par milliards étaient-elles réparties au hasard dans l'espace, ce qui revient à dire uniformément à grande échelle ou bien constituaient-elles un édifice cosmique d'ordre supérieur, la Métagalaxie, à l'image des étoiles qui sont rassemblées dans la structure d'une galaxie donnée.

Il fallait pour répondre à cette question multiplier les observations. Ce fut le gigantesque travail qu'entreprit Hubble, en dépouillant des centaines de clichés du Mont Wilson. Il apparut alors que, localement, par petit nombre, les galaxies se groupaient certes en amas de galaxies mais que les amas de galaxies étaient répartis *uniformément* dans l'espace quelle que soit la direction de la région du ciel observé. C'était l'isotropie parfaite des observations, sauf évidemment dans la direction où notre propre galaxie fait écran sur le décor extragalactique.

Le concept d'univers allait naître de cette observation de l'uniformité, bientôt érigée en principe.

Il importe de bien voir à quel point cette notion d'uniformité de l'univers à grande échelle est fondamentale et cela, d'autant plus qu'elle n'est nullement apparente à l'échelle locale, où l'esprit est au contraire frappé par l'extrême diversité de la nature.

Mais du point de vue de la philosophie de la connaissance qui nous intéresse aujourd'hui, on remarquera que la diversité est, dans un certain sens, vide d'enseignement. Par exemple si la terre est pour moi cet alpiniste qui gravit le sommet de cette montagne, et ce ruisseau et cet arbre en fleurs au fond de la vallée, je ne sais de la terre que cela et cela seulement. Je ne sais ni pourquoi la pierre tombe comme elle tombe, ni pourquoi se produisent, ni a fortiori quand se reproduiront, les marées ou les saisons. Mais si, avec un certain recul d'esprit, qui n'est plus tellement spéculatif aujourd'hui puisque c'est la vision que le cosmonaute a de la terre, je conçois celle-ci comme une sphère parfaite de densité uniforme, ce concept d'uniformité me permet alors d'atteindre aux lois fondamentales qui constituent une connaissance très profonde du concept "terre" s'appliquant aussi bien aux détails de sa diversité qu'à son tout.

La pierre tombe comme elle tombe, suivant la loi précise de la gravitation newtonienne, parce que c'est vrai que, malgré les montagnes et leurs vallées ou les flèches de nos cathédrales, la terre est une sphère parfaitement uniforme.

Cette surprenante constatation prouve seulement que la diversité du monde est négligeable devant son uniformité. Il y a dans la structure que l'uniformité donne à la réalité des choses une vérité d'ordre.

C'est cette vérité que pouvait désormais nous livrer le concept d'univers uniforme, alors qu'autrefois limité à notre galaxie, sa diversité même ne pouvait conduire à aucune cosmologie.

Le principe cosmologique allait bientôt surgir de cette première grande découverte par Hubble du royaume uniforme des galaxies. Il s'énonce ainsi.

A un instant donné, les apparences de l'univers, ainsi que les lois de la physique sont les mêmes en tout point de l'espace.

Cela signifie entre autres choses que si nous habitons Andromède au lieu d'habiter notre galaxie, nous découvririons que les lois de l'optique ou la loi de la gravitation sont les mêmes que sur terre et que l'aspect général du cosmos y est aussi le même. On trouverait par exemple le même nombre de galaxies par unité de volume d'espace, et cela quelle que soit la direction d'observation.

H. Andrillat

£ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £ £

L'OURSE ET LA COMETE

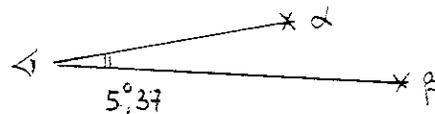
Dans la nuit du 10 au 11 mai 1983 les membres du club d'astronomie de l'Université du Maine ont suivi la progression rapide de la comète IRAS-ARAKI-ALCOCK à travers la constellation de la Grande Ourse. Des clichés ont été pris par plusieurs d'entre eux.

I - DEPLACEMENT DE LA COMETE.

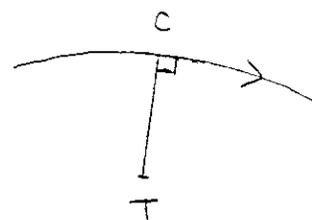
Le document représente deux photographies du même champ d'étoiles prises pendant la même nuit. Les instants des prises de vue sont indiqués en TU.

Reporter sur un papier calque les deux positions de la comète ainsi que les étoiles α et β de la Grande Ourse. L'angle entre les étoiles α et β est de $5,37^\circ$ (séparation angulaire).

On fait l'approximation suivante: les distances linéaires sur le cliché sont proportionnelles aux distances angulaires entre les étoiles.



Calculer le déplacement angulaire de la comète entre les deux instants de prise de vue.



II - VITESSE.

Le passage de la comète au périhélie (point de sa trajectoire le plus rapproché de la Terre) s'est produit à un instant très proche des instants de prise de vues. On peut donc admettre que la ligne de visée était sensiblement perpendiculaire à l'orbite de la comète. La distance de la comète était à cet instant $TC = 45 \times 10^6$ km (nous l'avons échappé belle!). Donner une estimation de la vitesse de la comète par rapport à la Terre. Montrer en particulier que la comète ne pouvait pas devenir un satellite ... de la Terre (dommage pour les astronomes amateurs!) en comparant sa vitesse à la vitesse d'évasion d'un corps placé à la distance TC de la Terre.

Rappel: vitesse d'évasion $v_e = \sqrt{2 GM / R}$

avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $M = 5,977 \times 10^{24} \text{ kg}$; $R = TC = 4,5 \times 10^9 \text{ m}$

voir à ce sujet Méthodes de l'Astrophysique (L.Gouguenheim) page 184.

J.P. Rosenstiehl

22h05

α

β

Clack's Jean - Pierre LEE - Unit 2205 - Université du

23h44

α

β

MARIE (LE MANS)

COURRIER DES LECTEURS

L'horloge parlante A propos d'une question de K.Spié, nous avons donné une réponse partiellement inexacte dans le Cahier 21. Nos très vifs remerciements à Mlle Suzanne Débarbat, Astronome à l'Observatoire de Paris, qui nous écrit à ce sujet :

"Dire que le 12 mars 1932 exactement est inexact (tout autant que le 4ème top). L'horloge parlante et Ernest Esclan-
gon n'ont guère eu de chance avec les coquilles typographiques (que ce soit les Cahiers Clairaut, l'Astronomie, ou ceux qui les ont copiés et même le dépliant édité à l'occasion des journées Horloges parlantes organisées à l'Observatoire (et dont parle l'Astronomie).

La présentation de l'horloge parlante, à l'Académie des Sciences, par Ernest Esclan-
gon, est du 14 mars 1932 (voir procès-verbal de l'Académie page 921). La mise en service public est du 14 février 1933. L'horloge parlante du premier modèle a été en usage jusqu'en 1965. Quant à celle verticale (la 3ème de celles actuellement en fonctionnement) elle a été mise en service en 1975.

Par ailleurs et pour les tops, ce qui est exact, à la précision de l'émission, c'est effectivement le début du 4ème top. Mais entre l'émission et ... la réception, il y a tous les réseaux et si le départ de l'Observatoire de Paris se fait au 1/1000ème de seconde d'heure, la précision à l'arrivée varie selon le point de réception et la nature du transfert. Le 1/50ème de seconde d'heure est garanti sur toute la France.

Il existe une brochure "historique" sur l'horloge parlante (texte d'Ernest Esclan-
gon de 1933) ; pour l'acquérir s'adresser au Service des visites de l'Observatoire de Paris, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris."

Colloque des planétariums de l'Europe En collaboration avec le Comité Mixte Européen de la Coopération Scientifique de l'Assemblée Parlementaire du CONSEIL DE L'EUROPE, le PLANETARIUM DE STRASBOURG organise à Strasbourg, en avril 1984, un colloque des planétariums de l'Europe. Le colloque aura lieu dans les locaux du Conseil de l'Europe. L'interprétation simultanée sera fournie en anglais et en français, les deux langues officielles du Conseil de l'Europe.

Nous proposons un programme qui abordera les grands thèmes suivants : 1) la diffusion des connaissances scientifiques au grand public ; 2) les activités pédagogiques dans le milieu scolaire ; 3) la technique actuelle : projecteur principal et additionnels ; 4) les problèmes de gestion, particuliers aux petits planétariums.

Avant de fixer définitivement le contenu du programme, nous serons heureux de recevoir vos suggestions, si possible avant le 30 septembre 1983.

Autour du planétarium de Strasbourg En 1982, avec M. Poncelet, IPR de physique, nous avons organisé au Planétarium une journée pour les professeurs ; 2 x 65 personnes ont participé aux séances du planétarium le matin, séances suivies d'exposés astronomiques l'après-midi. Trois autres séances spéciales gratuites ont été organisées pour les chefs d'établissement de Strasbourg et banlieue les 30 mars, 5 octobre et 23 novembre 1982. Pour la rentrée scolaire 1983, nous sommes prêts à reconduire ces différentes actions. De plus, nous proposons une demi-journée, destinée aux professeurs. Nous aimerions y discuter, entre autres, sur les moyens d'adapter les programmes du Planétarium aux enfants de tous âges.

Sur la construction d'une lunette M. Jacques Codry, président du Club astronomique de Bercé, à Beaumont-Pied-de-Boeuf, 72500 Château-du-Loir, nous écrit :

"Je me permets de vous indiquer une amélioration à la construction d'une lunette astronomique simple, l'excellent article de Georges Paturel dans le CC n° 13 (été 1981).

Les tubes P.V.C. brillent intérieurement et donnent des reflets gênants aux images observées. Pour éviter cela, un tube, simple enroulement non collé de canson noir, face velours à l'intérieur, corrige ce défaut.

On roule légèrement le morceau nécessaire sur un bâton et on l'introduit en place, où il épouse exactement la face intérieure du tube. Penser au tube porte oculaire et au fait qu'il doit coulisser facilement. C'est une méthode que je recommande à tous les jeunes qui construisent ce genre de lunette.

Bravo pour les CC qui m'enchâtent ainsi que les membres de notre Club."

L'astronomie au Musée du Louvre Grâce à un don, le Musée du Louvre vient de s'enrichir d'un tableau de Vermeer qui nous intéressera particulièrement. Il s'intitule "L'Astronome".

C'est une peinture sur toile de 50/45 cm. La lumière vient de la gauche par une fenêtre à vitraux comme dans tous les beaux intérieurs hollandais peints par Vermeer. L'astronome est assis devant une table face à la lumière du jour. Il a de longs cheveux tendant vers le roux et certains spécialistes pensent que c'est un auto portrait du peintre. Sa main gauche est posée sur la table près d'un livre ouvert (peut-être les Tables Rudolphines que Kepler avait calculées ; peut-être mais on ne peut distinguer). De sa main droite il fait tourner une sphère céleste richement dessinée comme cela se faisait à l'époque (le tableau est daté de 1668, l'année où paraissent la Cométopographie d'Hévélius à Dantzic-Gdansk et les Ephémérides bolonaises des Astres de Médicis calculées d'après les hypothèses de Cassini). Au fond de la pièce, dans l'ombre, on distingue une armoire avec une pile de livres et un cadran indiquant 11 h 10.

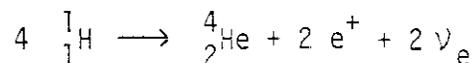
Domage que cet astronome n'ait disposé d'aucun instrument d'observation, alidade ou lunette.

LES NEUTRINOS SOLAIRES
(suite et fin)

MODELES SOLAIRES

De quoi disposons-nous pour décrire l'intérieur du Soleil et construire un modèle solaire ? D'abord trois données fondamentales: sa masse $m = 2 \times 10^{30}$ kg son rayon $R = 7 \times 10^8$ m; sa luminosité, c'est-à-dire la puissance qu'il rayonne: $3,6 \times 10^{26}$ W. Ensuite une connaissance raisonnable de sa composition chimique: 75% de sa masse en hydrogène, 23% en hélium, 2% en carbone, azote, oxygène, néon, magnésium, silicium, fer etc.

L'idée sur la source d'énergie du Soleil a été formulée par Jean Perrin en 1924 puis mise au point par Bethe avec la réaction proton-proton qui peut globalement se résumer par la formule:



Le problème du modèle solaire est de déterminer en fonction de la distance r au centre du Soleil les trois grandeurs, pression $P(r)$, densité $\rho(r)$, température $T(r)$. Ceci en faisant le moins d'hypothèses possibles - même s'il est inévitable d'en faire faute de pouvoir effectuer des prélèvements ou des mesures à l'intérieur du Soleil - , pour obtenir la physique la plus simple possible.

Pour la *pression* , pas d'hypothèse supplémentaire; il y a équilibre hydrostatique, la pression croît de l'extérieur vers l'intérieur.

Pour la *température*, le transport de chaleur est gouverné par le rayonnement. C'est un peu ce qui se produit dans la matière solide c'est-à-dire la conductivité thermique que nous connaissons dans les objets familiers. Seulement, au lieu que la chaleur soit transportée par le mouvement des atomes, ici c'est par la lumière, par le mouvement des photons. Le plus délicat est d'avoir une écriture correcte du transport de chaleur par les photons.

Ce qu'on connaît le mieux, ce sont les *réactions nucléaires*. Les mesures de laboratoire fournissent les "sections efficaces", ce qui revient à connaître les vitesses de réaction. Celles-ci sont très contrôlables et conduisent à des résultats bien établis. La température centrale ainsi obtenue est 13×10^8 K, grandeur qu'il est difficile de se représenter sous cette forme. Elle correspond à une énergie de 1,12 keV, c'est-à-dire quelque chose de très commun et qui n'a rien à voir avec la physique des hautes énergies - bien que le neutrino, lui, ait à voir avec les hautes énergies.

Le problème du désaccord entre les mesures observées et les modèles du Soleil est tout entier dans la température centrale du Soleil. En effet, si on considère les neutrinos qui proviennent de la désintégration du bore et qui sont pratiquement les seuls à être détectés par le chlore 37, leur flux dépend beaucoup de la température. On peut dire approximativement que le flux est proportionnel à la puissance 20 de la température centrale; le bore est produit par une série de réactions toutes sensibles à la température et leur produit entraîne cette proportionnalité à T^{20} . Il en résulte qu'un changement de quelques pour cent de la température fait varier le flux de neutrinos d'un facteur 2 ou 3. Il n'est pas besoin de jouer beaucoup sur la température centrale du Soleil pour obtenir une réduction du flux de neutrinos.

Le désaccord entre mesures et modèle étant constaté, on a pensé qu'il était dû à un défaut du modèle. Il fallait chercher comment réduire la température centrale.

Une première solution envisagée consistait à mélanger la matière solaire. Pourquoi ? On le comprend en imaginant que la matière solaire ne se mélange pas du tout; alors l'hydrogène s'épuise dans la région centrale où la concentration en hydrogène diminue et pour rattraper la luminosité observée il faut augmenter la température centrale. Au contraire, un mélange de la matière apporte de l'hydrogène au centre et on peut retrouver la luminosité observée avec une température centrale plus basse. Cependant, si on fait le calcul, on s'aperçoit que mélanger ne suffit pas, on ne réduit pas assez le flux de neutrinos.

Une autre solution consiste à chercher comment diminuer la pression gazeuse au centre et par conséquent la température. Par exemple, on peut ajouter la contribution d'une pression magnétique. La pression gazeuse est réduite d'autant. Mais le calcul conduit à exiger un champ considérable, de l'ordre du milliard de gauss. On peut aussi supposer que l'intérieur du Soleil tourne très vite sur lui-même, la force centrifuge faisant ainsi diminuer la pression centrale.

On rencontre deux obstacles:

- 1) si la région centrale est moins dense et moins chaude avec un très fort champ magnétique, des "bulles de champ magnétique" devraient se produire et être observées en surface; on n'observe rien de semblable
- 2) si l'intérieur du Soleil tournait assez vite pour qu'on obtienne au centre l'abaissement de température souhaité, le Soleil serait beaucoup plus aplati qu'il ne paraît l'être à l'observation. Des mesures de l'aplatissement du Soleil ont été faites et refaites avec beaucoup de soin et la période minimale de rotation au centre compatible avec ce qui est observé serait comprise entre un et deux jours, pour une période en surface de 29 jours. Alors que pour obtenir l'abaissement désiré de la température centrale il faudrait une période de 2 heures.

Bref, il faut trouver autre chose.

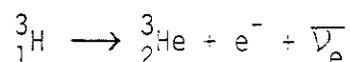
OSCILLATION DU NEUTRINO.

L'autre hypothèse possible serait que le neutrino est plus compliqué qu'on ne l'a cru d'abord. Il y a trois sortes de neutrinos:

- le neutrino ν_e , produit par les électrons, ce qui est le cas des neutrinos solaires
- le neutrino ν_μ , produit par les muons
- le neutrino ν_τ , produit par la décomposition du méson tau.

Si le neutrino a une masse alors il peut y avoir transformation d'une sorte de neutrino en une autre sorte, c'est le phénomène appelé "*oscillation*". Pour savoir si cela se produit pour les neutrinos ν_e du Soleil, il faut donc tenter de mesurer la masse du neutrino.

La première méthode de mesure, tentée par Lyubimov en URSS en 1980 est fondée sur la désintégration bêta du tritium:

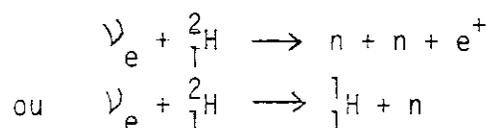


On étudie le spectre d'énergie des électrons produits et on compare avec le spectre prédit ; on constate une différence dont on déduit la masse du neutrino. Mesure difficile car la différence est très petite, de l'ordre de la dizaine d'électron-volt alors que l'énergie en jeu est de 18 000 eV. On trouverait une masse de 35 eV. Il faut attendre confirmation.

Une autre méthode consiste à mesurer les oscillations. On complète le dispositif de l'expérience de Cowan et Reines en ajoutant un second détecteur, identique au premier, un peu plus loin. Si le neutrino se conserve "en vol", le nombre de neutrinos reçus dans le second détecteur ne différera du nombre décelé par le premier que par l'élargissement du faisceau émis par le réacteur. Si des neutrinos sont perdus en cours de route (parce que transformés en neutrinos non décelables par le chlore 37) le nombre de neutrinos reçus dans le second détecteur sera sensiblement plus petit.

L'expérience a été faite à l'Institut Langevin-von Laue de Grenoble et à Los Alamos. Dans les deux cas, l'expérience a été négative; on n'a pas constaté d'oscillation avec une assurance de 90% sur le résultat.

Reines a fait aussi une expérience indirecte. Près d'un réacteur la capture d'un neutrino par un deutérium peut donner soit deux neutrons et un électron positif soit un proton et un neutron:



S'il y a mélange de neutrinos, toutes les espèces de neutrinos vont casser les atomes de deutérium mais seuls les neutrinos ν_e pourront produire $n + n + e^+$. Par conséquent, en évaluant le pourcentage des divers composants, on doit, en principe, pouvoir déduire le pourcentage des neutrinos ν_e sur l'ensemble des neutrinos et avoir ainsi la preuve des oscillations. L'expérience est très délicate et donne aussi une masse du neutrino comprise entre 10 et 30 eV. Mais cela demande confirmation puisque les expériences précédentes donnaient un résultat négatif.

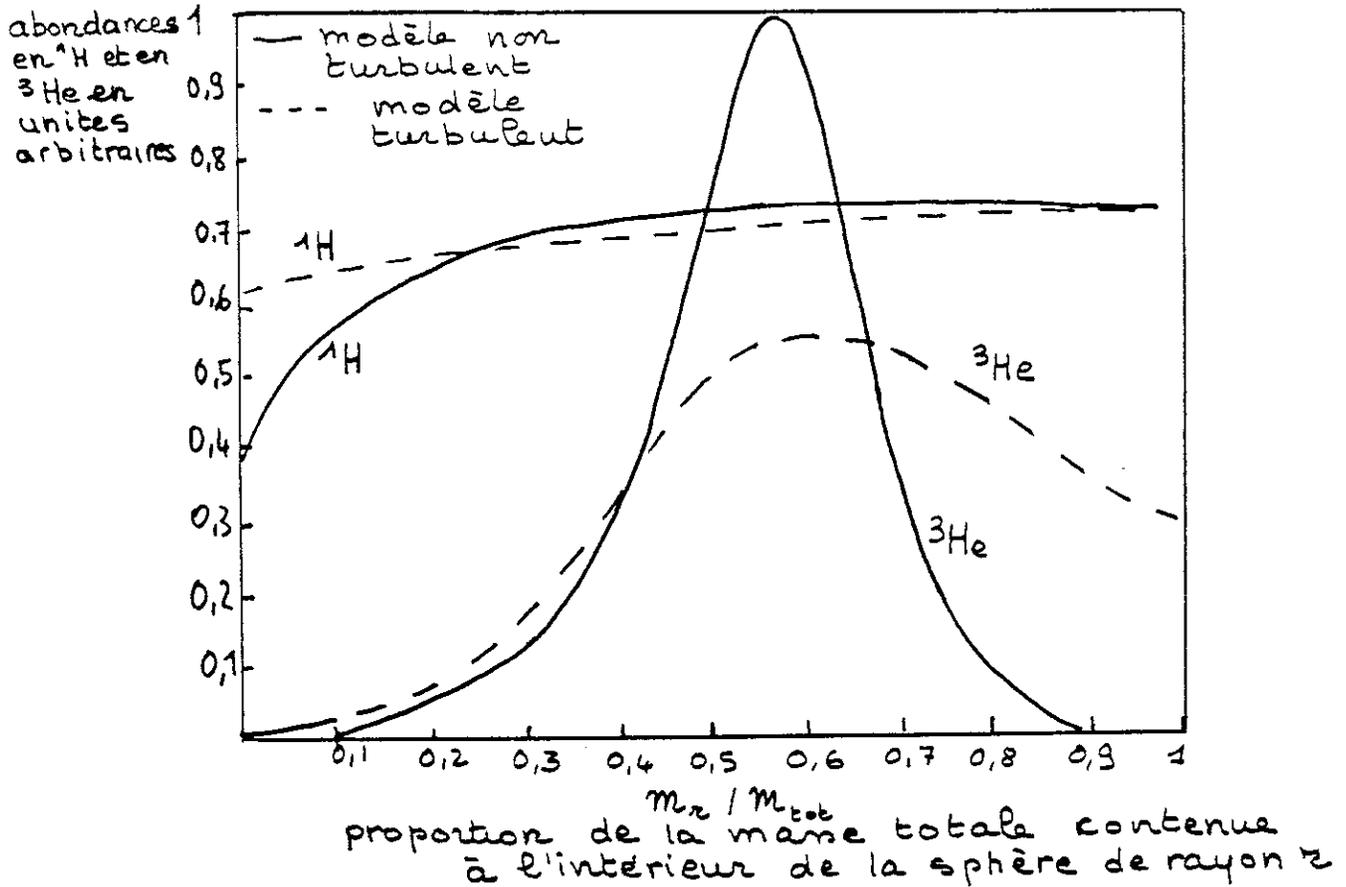
EFFET D'UN TRANSPORT PAR TURBULENCE.

Une autre idée, sur laquelle nous avons travaillé, M. Maeder, de l'Université de Genève et moi-même, consiste à introduire un phénomène bien connu en milieu turbulent, le transport par phénomène macroscopique d'un contaminant du fluide. Ainsi, la traînée laissée par un avion dans le ciel disparaît peu à peu par un effet de turbulence de la haute atmosphère. Ou encore la forme aléatoire de la fumée d'une usine.

Imaginons alors que dans le Soleil, même dans les couches les plus stables, des phénomènes analogues, très lents, réalisent un transport de matière. Dans les régions les plus internes du Soleil, la concentration en hélium 3 résulte de l'équilibre entre la production et la destruction de ce noyau atomique; la concentration d'équilibre dépend de la température et augmente lorsque la température décroît. Dans les couches extérieures il y a encore fabrication d'hélium 3 mais moins de destruction, par conséquent l'hélium 3 s'accumule. L'accumulation de l'hélium 3 observé dans les couches externes pendant la vie du Soleil soit 4,6 milliards d'années, engendre, entre le centre et la surface, un maximum de concentration en hélium 3 extrêmement pointu (voir figure page suivante).

En introduisant un mécanisme de transport par turbulence, on va amener de l'hélium 3 en surface et vers le centre. Rappelons que dans un modèle sans transport on aura 20% de l'énergie fournie par l'hélium 3 alors qu'avec le transport, ce serait près de 40%. Globalement, l'apport d'hélium 3 au centre par transport aboutit à un accroissement de l'énergie disponible.

Or la luminosité L du Soleil est due uniquement au taux de la réaction proton-proton (dite pp). Elle est réglée par la température dans les régions



centrales et, comme elle fait intervenir deux noyaux de même espèce, le terme est proportionnel au carré de la concentration X en hydrogène. Quant à la dépendance de la température T elle est approximativement en T^4 :

$$L \propto X^2 T^4$$

Si la concentration X en protons au centre augmente, ou ce qui revient au même la quantité d'énergie disponible par proton, on parvient à diminuer suffisamment la température centrale T pour que le flux de neutrinos calculé soit à peu près celui qui est observé.

PERSPECTIVES D'AVENIR.

On espère que divers procédés expérimentaux pourront être utilisés pour vérifier cette explication. Grâce à une large coopération internationale qui groupe une demi douzaine de grands laboratoires, on se préoccupe d'utiliser un autre détecteur que le chlore: le *gallium* dont le seuil de capture des neutrinos est à 0,231 MeV. Ce qui lui permettra de détecter non seulement les neutrinos provenant de la radioactivité du bore mais essentiellement ceux qui proviennent de la réaction pp. Or les réactions pp sont les réactions de départ du cycle de production de l'énergie solaire. Le nombre de neutrinos provenant du cycle pp dépend donc uniquement de la luminosité solaire. Seuls les flux des autres neutrinos (principalement ceux du bore) dépendent des conditions physiques, c'est-à-dire de la température. Dans l'expérience projetée avec le gallium, la majorité des neutrinos provient de la réaction pp et on ne sera plus tributaire de la température centrale. Autrement dit, le détecteur au gallium nous donnerait essentiellement le flux des neutrinos pp, flux ne dépendant pas du modèle, mais seulement des réactions nucléaires.

Pourquoi cette mesure est-elle importante ? Si le neutrino oscille entre plusieurs variétés, les neutrinos détectés par le chlore peuvent être moins nombreux qu'on ne les a calculés puisqu'ils peuvent s'être transformés en neutrinos non décelables par le chlore. On devrait constater le même déficit de neutrinos en provenance de la réaction pp pour la même raison dans le cas de l'expérience au gallium. Au contraire, si les effets sont comme on dit modèle-dépendants pour les neutrinos

nos de basse énergie on a à peu de choses près le flux prévu et c'est par la modification du modèle que l'on ramènera le flux de neutrinos en provenance du bore au flux observé.

L'expérience a été faite avec 4,6 tonnes de chlorure de gallium; elle a montré qu'on peut extraire 97% des produits de la réaction neutrino-gallium. Mais pour faire l'expérience sur les neutrinos solaires, il faut voir grand, utiliser 50 tonnes de gallium, ce qui représente la production annuelle mondiale de ce métal ! Il faudrait un mécène pour fournir les 50 tonnes nécessaires !!

* *
*

On peut penser que d'ici quelques années on aura la réponse au problème de la masse du neutrino et à celui des neutrinos solaires. L'affaire est aussi importante pour la physique du Soleil que celle du neutrino.

Si l'expérience au gallium donne le flux de neutrinos directement associé à la luminosité du Soleil, on aura, entre expériences au sol et mesure des neutrinos solaires, la preuve qu'il n'y a pas d'oscillation ce qui implique presque certainement que la masse du neutrino est nulle.

Au CERN de Genève deux nouvelles particules viennent d'être découvertes, le méson w chargé et le méson z neutre. Ces particules avaient été introduites par la théorie pour expliquer essentiellement la très faible portée des interactions du neutrino. Leur existence latente commande le très petit rayon d'action des interactions faibles. Mais elles apparaissent lorsque l'énergie est suffisante. Ceci est lié aux propriétés du neutrino. Cela prouvera - à mon avis, c'est vraisemblable, - qu'il n'y a pas d'oscillation et que la masse du neutrino est nulle. Ce qui contribuera à faire un pas en avant important en physique.

Si l'hypothèse de la diffusion turbulente se confirme, cela constituera un argument de poids sur l'importance plus grande qu'il faut apporter au phénomène macroscopique de la turbulence.

E. Schatzman

(texte transcrit par G. Walusinski de l'enregistrement pris en séance de la conférence prononcée par E. Schatzman lors de l'Assemblée Générale du CLEA, le 22 janvier 1983.)

LA CHASSE AUX PERLES

Dans notre série "La chasse aux perles", voici un extrait de "L'Homme et ses inventions" d'André Lefèvre, éditions TOURET; (livre de vulgarisation destiné aux jeunes lecteurs).

Au chapitre: "l'optique", après quelques paragraphes signalant l'invention et l'utilisation des lentilles de verre pour les corrections de la vue, l'auteur termine ainsi (page 39):

"Mais la science de l'optique ne se résume pas aux seules lunettes. Sa pénétration s'opère dans de multiples industries, ou dans différentes sciences: la médecine l'astronautique, l'électronique, l'astrologie, etc...

Et l'on peut, peut-être, espérer que les hommes, nantis des derniers perfectionnements de la science optique y verront clair dans leur destinée."

ZODIACAL ! TRANSPARENT ! SANS AUTRE COMMENTAIRE .

transmis par Daniel BARDIN

Notre Emilie

Notre Emilie !... Le lecteur ne doit pas se méprendre sur ce possessif. Sous prétexte que les Cahiers Clairaut ont une rubrique permanente des "lectures pour la Marquise", nous n'avons aucun prétention de faire notre propriété de Gabrielle Emilie de Breteuil, marquise du Châtelet, amie d'Alexis Clairaut et traductrice de Newton. Ce possessif est le même que celui de "Mon cher Ami" écrit en haut d'une lettre ; il entend seulement marquer une sorte particulière d'attachement.

Et pourquoi cet article ? Parce que la publication récente d'un nouveau livre, "Emilie, Emilie, l'ambition féminine au XVIII^{ème} siècle", (492 p., éd Flammarion, 95 F), par Mme Elisabeth Badinter nous propose un double et vivant portrait, haut en contrastes et riche en similitudes profondes. Celui d'Emilie de Breteuil (1706-1749), notre Emilie, et celui de Louise d'Esclavelles (1726-1783), la future Madame d'Epinay dont nous avons moins de raisons de parler ici bien que, amie de Rousseau, elle ait toujours marqué beaucoup d'intérêt aux problèmes de l'éducation (d'où le second Emilie du titre du livre, en écho à l'Emile de J-J.R.).

Des contrastes marqués et des similitudes qui ne le sont pas moins. Côté contrastes : toute la vie de la première avant le milieu du siècle plus occupé de science que d'éducation, la grande époque de l'autre alors que la pédagogie a été mise à la mode ; mariage de raison ou de convenance pour la Marquise et ce fut en somme une réussite, mariage d'amour pour Louise, un véritable échec ; une scientifique, notre Marquise, un authentique écrivain philosophe Mme d'Epinay ; un attrait profond pour la science en contraste avec un talent littéraire hors de pair. Beaucoup de contrastes, par conséquent et j'en oublie.

Mais aussi des similitudes profondes. En premier lieu, ce que Mme Badinter appelle leur ambition, vouloir être pleinement une personne à une époque où seuls pouvaient y prétendre certains hommes privilégiés ; de ce point de vue, ce livre est un excellent plaidoyer féministe. Nos deux héroïnes ont su être libres, aidées sans doute par un air du temps qui n'était heureusement pas celui de la réaction bourgeoise louis-philipparde. Aidées surtout par les amitiés qu'elles ont su conquérir par leur intelligence et leur charme. Autour de la Marquise, nous trouvons, entre autres, Maupertuis, Bernoulli, Clairaut, Voltaire disons qu'elle fut en bonne compagnie ; autour de Louise, Rousseau, Grimm, ce n'était pas mal non plus.

Je laisse là ce qui fait l'intérêt spécifique du livre de Mme Badinter pour m'intéresser plus particulièrement à notre Emilie.

Elle avait eu de la chance au départ : naître dans une famille de petite noblesse respectueuse des règles de bienséance mais d'esprit libéral. Son père favorisa sa curiosité qui était immense et surtout lui permit de s'instruire en évitant le couvent. Dans la bibliothèque paternelle elle trouve Fontenelle, les premiers écrits de Voltaire ; à 17 ans, elle lit Locke

et Descartes. Le marquis du Châtelet qui était militaire était sans doute intimidé par la grande culture de son épouse. Notre Emilie montre un esprit rigoureux, plus porté à la déduction qu'à l'induction, sa formation scientifique est d'abord géométrique. Peu de qualités littéraires en dehors d'un souci permanent de précision. Un caractère souvent impérieux et dominateur tempéré par un charme féminin évident. Élégante, aimant les fanfreluches ; "Mme Pompon-Newton", l'appelait Voltaire pour la taquiner ; "fort jolie au demeurant" reconnaissait Mme Denis, la nièce de Voltaire qui fut pourtant sa rivale dans les faveurs du grand écrivain.

Elle nous paraît dure quand elle écrit à Maupertuis, alors que son troisième fils vient de mourir à l'âge de seize mois : "J'ai éprouvé un malheur attaché à l'état de mère ; j'ai perdu le plus jeune de mes fils. J'en ai été plus fâchée que je ne l'aurais cru et j'ai senti que les sentiments de la nature existaient en nous sans que nous nous en doutassions." Il faut d'ailleurs nous rappeler qu'à l'époque la mort des bébés était chose plus courante que de nos jours ; de plus notre Emilie fut en effet peu maternelle au contraire de Mme d'Épinay qui tint à allaiter ses enfants, un scandale chez les "gens bien" de l'époque. Notre Emilie se reprend vite et poursuit dans sa lettre à Maupertuis : "J'ai fait défendre ma porte, mais je sens qu'il n'y a point de temps où je ne trouve un plaisir extrême à vous voir." (1734). Pour elle, d'abord la science. Mais cela ne signifiait pas mépris de la société, bien au contraire ; d'ailleurs elle raffolait des jeux de hasard et n'eut pas comme amants que des savants (Maupertuis, Clairaut) ou Voltaire, mais aussi Guébriant de Saint-Simon et le Duc de Richelieu. Relisons ce qu'écrivit Voltaire dans sa "préface historique" publiée en tête de la traduction des Principes mathématiques de la philosophie naturelle : "Parmi tant de travaux que le savant le plus laborieux eut à peine entrepris, qui croiroit qu'elle trouvât du temps, non seulement pour remplir tous les devoirs de la société, mais pour en rechercher avec avidité tous les amusements ? Elle se livroit au plus grand monde comme à l'étude : tout ce qui occupe la société était de son ressort, hors la médiance."

En soulignant les contrastes entre les deux Emilies du livre de Mme Badinter, j'ai pu laisser croire que notre Marquise n'avait jamais eu de souci pédagogique. Cela doit être corrigé. En 1740, elle publie, pour son fils de treize ans ses "Institutions de physique" qu'elle présente ainsi : "J'ai toujours pensé que le devoir le plus sacré des hommes était de donner à leurs enfants une éducation qui les empêchât, dans un âge plus avancé de regretter leur jeunesse, qui est le seul temps où l'on puisse véritablement s'instruire." Le problème de l'éducation ne lui est donc pas étranger ; elle va même un peu loin dans son affirmation, la jeunesse, le seul temps pour s'instruire ; soyons indulgent, en 1740, la formation continue n'était pas à l'ordre du jour et notre Emilie ignorait le CLEA et les écoles d'été d'astronomie ... ; si cela avait été possible on l'y aurait sûrement invitée.

Revenons sur ces "Institutions" qui, d'un autre point de vue, font contraste dans l'oeuvre de notre Emilie. Avant de traiter

véritablement de physique, à la manière de Descartes, elle commence par un exposé métaphysique qui, dans le cas présent, est d'inspiration leibnizienne, concluant à l'existence nécessaire de Dieu, raison d'être du monde. Relisons ce que Voltaire en dit dans sa préface historique, on se doute qu'il n'approuvait pas : "Le Discours préliminaire qui est à la tête de ces Institutions est un chef d'oeuvre de raison et d'éloquence : elle a répandu dans le reste du livre une méthode et une clarté que Leibniz n'eut jamais et dont ses idées ont besoin, soit qu'on veuille seulement les entendre, soit qu'on veuille les réfuter. Après avoir rendu les imaginations de Leibniz intelligibles, son esprit qui avait acquis encore de la force et de la maturité par ce travail même, comprit que cette Métaphysique si hardie mais si peu fondée ne méritoit pas ses recherches. Son âme était faite pour le sublime, mais pour le vrai. Elle sentit que les monades et l'harmonie préétablies devoient être mises avec les trois éléments de Descartes, et que des systèmes qui n'étaient qu'ingénieux n'étaient pas dignes de l'occuper. Ainsi après avoir eu le courage d'embellir Leibniz, elle eut celui de l'abandonner.."

Femme de caractère, par conséquent, et qui continua à apprendre au delà de sa jeunesse. D'ailleurs, dans les "Institutions" elle est en accord avec Bernoulli sur la force vive (mv^2) contre Mairan (mv) qui représente à l'époque la science officielle et l'Académie.

On ne relit plus aujourd'hui les "Institutions", en 1983 un tel ouvrage n'intéresse plus que les historiens des sciences. N'oublions pas, cependant un des premiers essais de vulgarisation de la physique ; à ce titre il mérite notre estime particulière.

Ce qui fait de Madame du Châtelet notre Emilie, c'est son grand ouvrage auquel elle travailla durant toutes les dernières années de sa trop courte vie, la traduction en français des "Principes mathématiques de la philosophie naturelle" par Isaac Newton. Fini le flirt avec Leibniz, comme Voltaire l'a expliqué, Emilie est revenue aux choses sérieuses. La Marquise meurt en 1749 de suites malheureuses d'un accouchement (elle s'était éprise d'un Saint-Lambert qui lui fit un enfant) sept années avant la parution du grand ouvrage (1756). Le livre contient la "préface historique" de Voltaire qui rend ainsi hommage à son amie ; il contient aussi, la quatrième partie du second volume, les "Commentaires" de Clairaut qui a également revu l'ensemble de la traduction. Un ouvrage capital dans l'histoire de la science, on le dit plus complet que l'édition anglaise.

Feu l'éditeur Albert Blanchard a publié en 1966 une réédition photographique de l'édition originale, en deux volumes qui sont à portée de la main dans ma bibliothèque. Chaque fois que je les ouvre, et cela arrive souvent, je ne manque pas de murmurer, avec une sorte d'admiration affectueuse "salut, Marquise !" ou bien "merci, chère Emilie".

K.Mizar

TRIANGULATION D'UN METEORE

Le 11 août 1982, plusieurs astronomes-amateurs du Club d'Astronomie de l'Université du Maine et du Club astronomique de Bercé ont photographié le ciel après concertation préalable. Le but était d'obtenir des clichés exploitables afin de déterminer la hauteur, la vitesse et la trajectoire d'une "étoile filante". La triangulation devient possible si on dispose de deux clichés pris au même instant en des lieux différents (les deux stations) ... et que l'on ait eu la chance de photographier le même météore. Ce fut le cas, à plusieurs reprises, pendant cette nuit mémorable !

Ce document a pour but de montrer comment il est possible, dans un premier temps, d'obtenir l'altitude du même point de la trajectoire de la météorite, à savoir celle du point d'explosion (E).

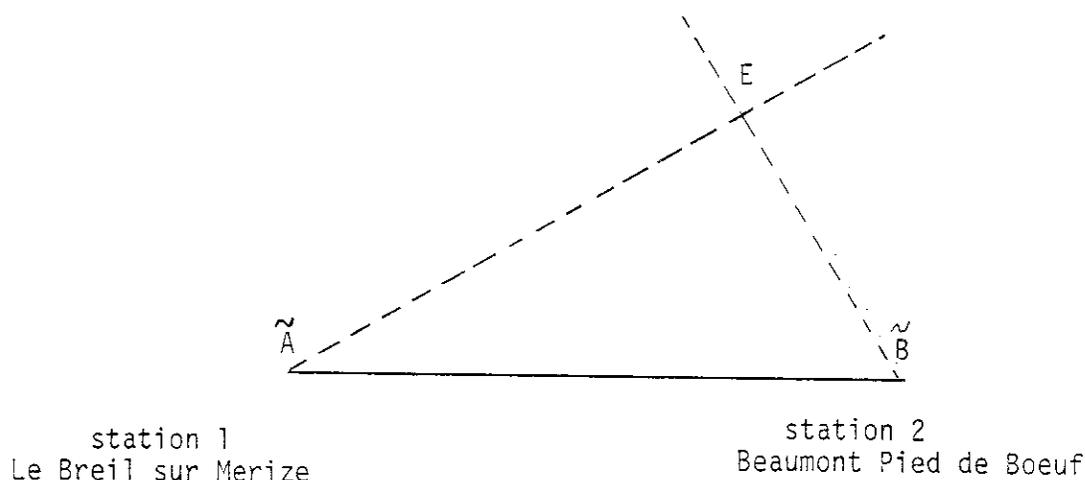


Figure 1

La figure 1 ci-dessus montre clairement que la ligne de visée $\tilde{A}E$ et la ligne de visée $\tilde{B}E$ rencontrent la voûte céleste étoilée en deux points différents. Les trajectoires des "étoiles filantes" seront décalées sur les clichés pris en A et en B par rapport au fond du ciel. La figure 2, résultant du compositage des deux clichés, fait voir ce décalage.

La ligne $\tilde{A}E$ rencontre la sphère céleste en E_1 et la ligne $\tilde{B}E$ en E_2 . Il nous faut déterminer les coordonnées équatoriales de ces deux points en utilisant celles des étoiles repères figurant sur les clichés.

1 - Coordonnées équatoriales de E_1 et E_2 .

Afin de simplifier les calculs, nous admettrons que les longueurs mesurées entre deux points images d'étoiles sont proportionnelles aux écarts angulaires de ces étoiles. Cela signifie que l'échelle du cliché exprimée par exemple en $^{\circ}/\text{mm}$ est constante sur la région concernée.

On choisit deux étoiles (1) et (2) situées de part et d'autre de la trace du météore. La ligne qui les joint donne une intersection A avec la trace.

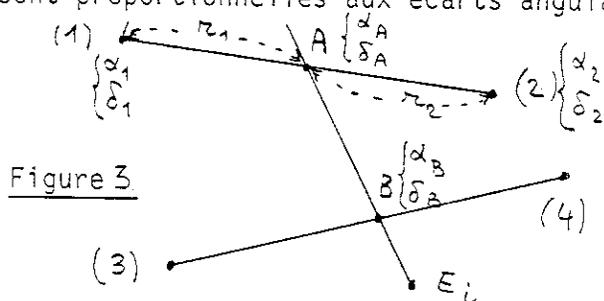


Figure 3

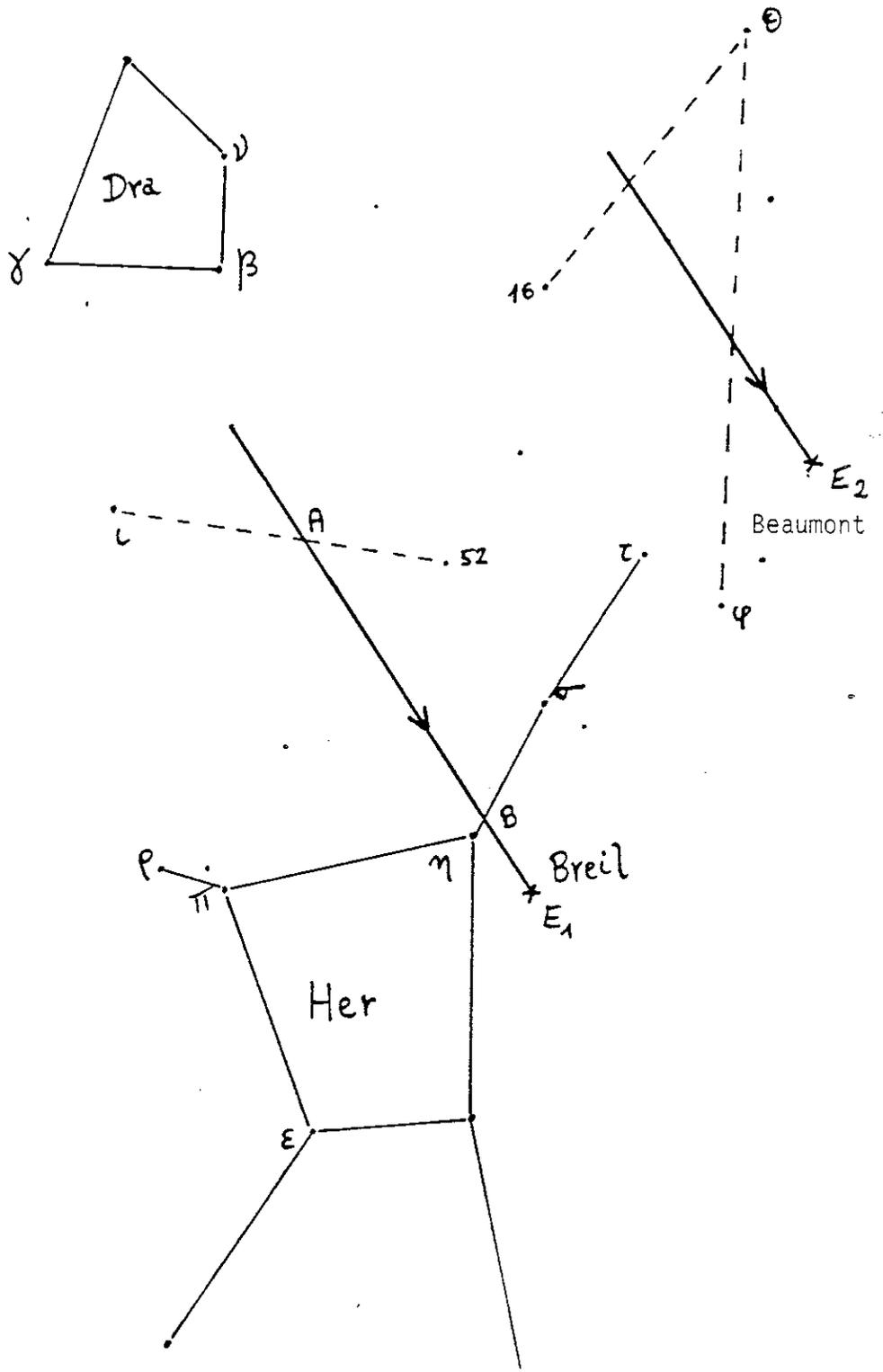


Figure n°2

L'hypothèse précédente se traduit par: $\frac{\alpha_1 - \alpha_A}{r_1} = \frac{\alpha_A - \alpha_2}{r_2} = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{r_1 + r_2}$

r_1 et r_2 étant les distances de A aux étoiles, mesurées sur le cliché. De même:

$$\frac{\delta_1 - \delta_A}{r_1} = \frac{\delta_A - \delta_2}{r_2} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{r_1 + r_2}$$

soit, finalement:

$$\begin{cases} \alpha_A = \frac{1}{2} \left[\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{r_2 - r_1}{r_1 + r_2} (\alpha_1 - \alpha_2) \right] \\ \delta_A = \frac{1}{2} \left[\delta_1 + \delta_2 + \frac{r_2 - r_1}{r_1 + r_2} (\delta_1 - \delta_2) \right] \end{cases}$$

Puis on refait les mêmes calculs pour obtenir les coordonnées équatoriales d'un autre point de la trace en choisissant un nouveau couple d'étoiles (3) et (4) ce qui conduit au point B.

En pratique, les coordonnées des étoiles (1), (2), (3) et (4) doivent être celles de l'instant de la prise de vue; nous lisons leurs coordonnées dans "Sky Catalogue 2000.0" et nous leur appliquons une correction de précession et de mouvement propre.

* exemple (voir figure 2)

	α_{1982}	δ_{1982}		
i Her	17h 38min 57s	46° 00' 55"	}	$r_1=27$ mm $r_2=22$ mm
52 Her	16h 48min 42s	46° 00' 50"		
η Her	16h 42min 17s	38° 57' 21"	}	$r_1=3$ mm $r_2=19$ mm
ϵ Her	16h 33min 31s	42° 28' 24"		

On obtient:

$$A \quad \begin{cases} \alpha_A = 17h 11min 16s \\ \delta_A = 46^\circ 00' 52'' \end{cases}$$

$$B \quad \begin{cases} \alpha_B = 16h 41min 05s \\ \delta_B = 39^\circ 26' 08'' \end{cases}$$

On détermine maintenant les coordonnées de E_1 (α_1, δ_1)

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[\alpha_A + \alpha_B - \frac{r_1 + r_2}{r_1 - r_2} (\alpha_A - \alpha_B) \right]$$

$$\delta = \frac{1}{2} \left[\delta_A + \delta_B - \frac{r_1 + r_2}{r_1 - r_2} (\delta_A - \delta_B) \right]$$

ce qui donne $E_1 \quad \begin{cases} \alpha_1 = 16h 33min 32s \\ \delta_1 = 37^\circ 47' 27'' \end{cases}$

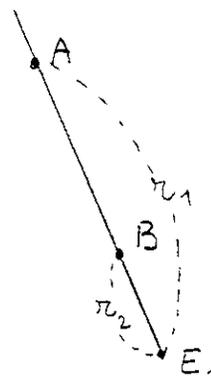


Figure 4

On procède de la même manière pour le point E_2 :

étoiles repères:

	α 1982	δ 1982
16 Dra	16h 35min 46s	52° 56' 08"
θ Dra	16h 01min 33s	58° 36' 47"
φ Her	16h 08min 12s	44° 58' 53"

on obtient finalement

$$E_2 \begin{cases} \alpha_2 = 15h 53min 05s \\ \delta_2 = 48^\circ 12' 11'' \end{cases}$$

2 - Coordonnées horizontales de E_1 et E_2 .

Il faut appliquer la transformation des coordonnées équatoriales en coordonnées horizontales (hauteur h et azimut A). Celle-ci fait intervenir les longitudes (λ) et latitudes (φ) des deux stations ainsi que l'instant d'observation (instant sidéral T à l'endroit donné).

Date: 11 août 1982

Heure: 23h 06min 17s TU

$$\text{Breil} \begin{cases} \varphi_1 = 48^\circ 00' 22'' \\ \lambda_1 = -0^\circ 28' 31'' \end{cases}$$

$$\text{Beaumont} \begin{cases} \varphi_2 = 47^\circ 45' 38'' \\ \lambda_2 = -0^\circ 24' 00'' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_1 = 16h 33min 32s \\ \delta_1 = 37^\circ 47' 27'' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_2 = 15h 53min 05s \\ \delta_2 = 48^\circ 12' 11'' \end{cases}$$

On applique dans chaque station les formules suivantes:

$$\begin{cases} \sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos (T - \alpha) \cos \delta \\ \sin A = \cos \delta \sin (T - \alpha) / \cos h \\ \cos A = (\sin \varphi \cos \delta \cos (T - \alpha) - \cos \varphi \sin \delta) / \cos h \end{cases}$$

$T_1 = 20h 28 \text{ min } 31s$

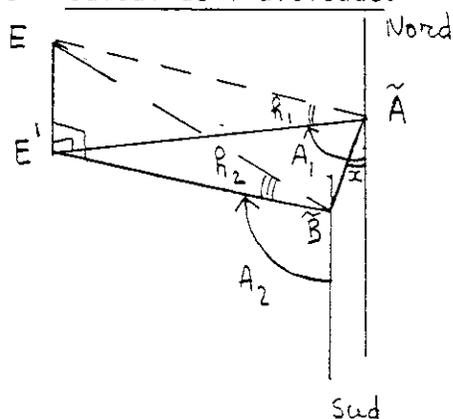
$T_2 = 20h 28 \text{ min } 13s$

on obtient les résultats suivants:

$$\text{Breil} \begin{cases} h_1 = 46^\circ 51' 51'' \\ A_1 = 98^\circ 51' 23'' \end{cases}$$

$$\text{Beaumont} \begin{cases} h_2 = 45^\circ 33' 59'' \\ A_2 = 117^\circ 26' 19'' \end{cases}$$

3 - Calcul de l'altitude.



x = azimut de \tilde{B} vu de \tilde{A}
 $a = \tilde{A}\tilde{B}$ = dimension de la base
 E' = projection de E sur le sol
 on calcule EE' , l'altitude, à partir de
 a, x, A_1, A_2, h_1, h_2
 $a = 27,87 \text{ km}$
 $x = 11,6^\circ$

$$H_1 = a \sin(A_2 - x) \operatorname{tg} h_1 / \sin(A_2 - A_1)$$

$$H_2 = a \sin(A_1 - x) \operatorname{tg} h_2 / \sin(A_2 - A_1)$$

ici on obtient:

$$H_1 = 89,79 \text{ km}$$

$$H_2 = 89,10 \text{ km}$$

$$\text{soit } H = \frac{H_1 + H_2}{2} = \underline{\underline{89,45 \text{ km}}}$$

4 - Position du radiant.

Le radiant est le "point du ciel" d'où semble venir l'étoile filante. Chaque trace photographique est un grand cercle de la sphère céleste. Le radiant est donc l'une des intersections des deux grands cercles dont les trajectoires font partie (figure 5)

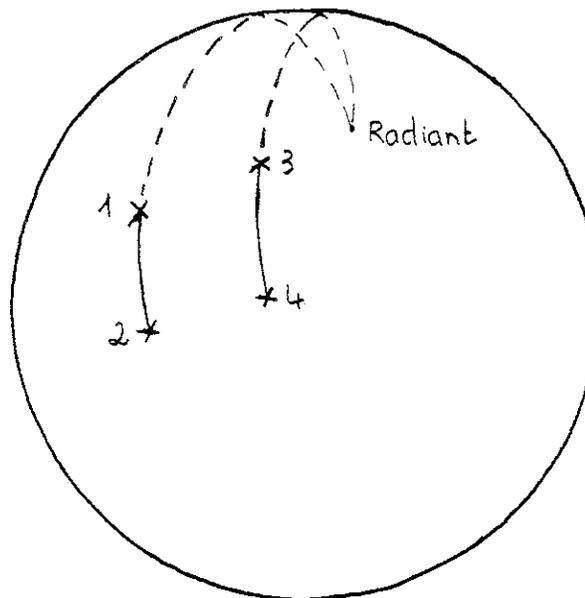


Figure 5

on applique les formules suivantes:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = (\cos \alpha_2 \operatorname{tg} \delta_1 - \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_2) / (\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_2 - \sin \alpha_2 \operatorname{tg} \delta_1)$$

$$\operatorname{tg} \delta_x = -\cos(\alpha_x - \alpha_1) / \operatorname{tg} \delta_1 = -\cos(\alpha_x - \alpha_2) / \operatorname{tg} \delta_2$$

$$\operatorname{tg} \alpha_y = (\cos \alpha_4 \operatorname{tg} \delta_3 - \cos \alpha_3 \operatorname{tg} \delta_4) / (\sin \alpha_3 \operatorname{tg} \delta_4 - \sin \alpha_4 \operatorname{tg} \delta_3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = -\cos(\alpha_y - \alpha_3) / \operatorname{tg} \delta_3 = -\cos(\alpha_y - \alpha_4) / \operatorname{tg} \delta_4$$

$$\operatorname{tg} \alpha_R = (\cos \alpha_y \operatorname{tg} \delta_x - \cos \alpha_x \operatorname{tg} \delta_y) / (\sin \alpha_x \operatorname{tg} \delta_y - \sin \alpha_y \operatorname{tg} \delta_x)$$

$$\operatorname{tg} \delta_R = -\cos(\alpha_R - \alpha_x) / \operatorname{tg} \delta_x = -\cos(\alpha_R - \alpha_y) / \operatorname{tg} \delta_y$$

on trouve:

$$\begin{cases} \alpha_1 = 17^{\text{h}} 11^{\text{min}} 16^{\text{s}} \\ \delta_1 = 46^{\circ} 00' 52'' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_2 = 16^{\text{h}} 33^{\text{min}} 32^{\text{s}} \\ \delta_2 = 37^{\circ} 47' 27'' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_3 = 16^{\text{h}} 21^{\text{min}} 12^{\text{s}} \\ \delta_3 = 55^{\circ} 21' 05'' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_4 = 15^{\text{h}} 53^{\text{min}} 05^{\text{s}} \\ \delta_4 = 48^{\circ} 12' 11'' \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha_R = 1^{\text{h}} 40^{\text{min}} 23^{\text{s}} \\ \delta_R = 29^{\circ} 40' 10'' \end{cases}$$

dans le "Triangle", près de M33

+++++
| Lectures pour la Marquise et pour ses amis |
+++++

Les étoiles variables par M.Petit ; préface du Professeur P. Maffei ; 260 p ; éd Masson [niveau II-III].

Les étoiles fixes, les "fixes" comme on disait jadis, sont animées de mouvements à l'intérieur de la Galaxie. Ces étoiles qui présentaient aux yeux des hommes un spectacle qu'ils eurent vite fait de qualifier d'éternel sont, non seulement mobiles, mais variables d'éclat. Bref, pas d'éternité, rien ne demeure.

Beaucoup d'étoiles ont cependant une brillance à peu près constante, comme notre Soleil. Il faut donc réserver le qualificatif de variables à des classes bien précisées d'étoiles. L'ouvrage de M.Petit nous propose une documentation bien mise à jour sur ce sujet qui a l'avantage de concerner aussi bien les astronomes professionnels que les amateurs et en particulier les lecteurs des Cahiers. L'observation des étoiles variables est en effet un domaine où professionnels et amateurs peuvent utilement collaborer.

Examinons ce livre un peu plus en détails. Après un rappel des données fondamentales et des généralités, 70 pages sont consacrées aux diverses pulsantes ; saviez-vous qu'il y en avait de tant de types différents ? RR Lyrae, Céphéides, variables à longues périodes, variables semi régulières et irrégulières, variables pulsantes diverses. En commun, le même mode de variation. Ensuite autant de pages aux variables éruptives ou cataclysmiques : les novae, les supernovae, les novoïdes, les novae naines, les variables associées aux nébuleuses gazeuses, les naines rouges variables. Quelques pages sur les binaires à éclipses. Enfin la dernière partie traite des variables particulières ou insolites, les pulsars, les binaires X, les novae X, les étoiles à sursauts X. Un chapitre concerne même les galaxies à noyaux actifs, galaxies de Seyfert, lacer-tides et quasars mais laisse de côté les radiogalaxies.

Cet aperçu du sommaire suffit à montrer l'étendue et l'actualité de l'ouvrage complété par une bibliographie et surtout un index de tous les objets cités qui sera très apprécié des observateurs.

Rares seront les lecteurs de ce livre qui n'y auront pas pêché quelque information qu'ils auraient du savoir mais.. Saviez-vous, par exemple, que dans le Grand Nuage de Magellan les céphéides de périodes plus courtes sont surtout localisées dans la région centrale, celles de périodes plus longues dans la périphérie ; alors que c'est le contraire dans le Petit Nuage et dans la Galaxie.

J'oserai émettre, non une critique, mais un regret. Le livre est abondant en exemples décrits avec toutes les précisions utiles, il est moins riche en explications sur les divers modes de variabilité. En fin de volume, on aurait voulu un aperçu sur ce que la variabilité des étoiles nous apprend en général sur l'évolution stellaire. Il est vrai que ce n'était pas le sujet et sur celui-ci justement M.Petit nous a bien servi.

L'astronomie à l'école élémentaire Sous le titre "Pour une prise en compte de l'astronomie à l'école élémentaire", notre Collègue Maurice Thuillière a présenté un rapport de 108 pages dans le cadre du Centre de formation aux fonctions d'Inspecteur Départemental de l'Éducation Nationale.

Pourquoi, s'est demandé notre Collègue, cette absence de l'astronomie dans l'enseignement élémentaire ? Alors que la curiosité des enfants pour les choses de la nature est insatiable. Mais comment initier les plus jeunes ? C'est tout le problème de l'éveil scientifique.

Thuillière le prend par le bon bout, s'appuyant sur une expérience réalisée dans une classe de CE 2 (une quinzaine de séances étalées sur deux trimestres), se guidant sur une prudente réflexion pédagogique éclairée par quelques savoureux propos d'Alain (en particulier, un propos XVIII dans le recueil sur l'éducation, un texte que les Cahiers pourraient citer tout au long.)

Une initiation à l'astronomie est donc possible et souhaitable au niveau élémentaire. Il suffit de commencer par le commencement, savoir avancer au pas des élèves, ne pas mettre la relativité et les quasars en guise de peaux de bananes sous les pieds des débutants. La réussite est possible comme le prouve cet entretien final des élèves entre eux, questions, réponses et discussions entre jeunes astronomes ...

Réjouissons-nous qu'un tel rapport ait été écrit et présenté dans un cadre officiel et félicitations à son auteur. J'y vois le signe d'un mouvement pédagogique qui doit se développer.

La collection "Planétarium" Il s'agit d'une collection de brochures réalisées par l'équipe du Planétarium de Strasbourg animée par notre amie Agnès Acker. Les sujets suivants sont traités :

1) L'Univers astronomique - 2) La Terre ; les jours et les nuits ; les saisons - 3) La Lune - 4) Le système solaire à la lumière de l'exploration spatiale - 5) Les étoiles - 6) L'astronomie en Alsace - 7) Le temps qui passe - 8) L'étoile de Bethléem. [niveau I-II]

Les commandes sont à adresser au Planétarium de Strasbourg, 11 rue de l'Université, 67000 Strasbourg.

Chaque brochure : 10 F. niveau I

L'encyclopédie Atlas du ciel L'attrait qu'exerce l'astronomie sur le grand public attire les marchands de papier imprimé, je veux parler des entreprises de presse à succès. Comme beaucoup d'entre nous sans doute j'ai été tenté et acheté le premier numéro de l'encyclopédie Atlas du ciel ; 10 F pour les numéros 1 et 2, avec en prime de lancement, une carte du ciel. Mais je n'ai pas acheté le n° 3. Trop de photos "tape à l'oeil" insuffisamment légendées (exemple p.10, 12, 18) ou venant mal à propos (pourquoi ces protubérances solaires, p.44 dans un chapitre sur les planètes ?). Et pour l'ensemble, un prix de revient trop élevé : 120 fascicules à 10 F

L'Argonaute Saluons l'initiative de la Ligue Française de l'Enseignement qui a lancé un nouveau magazine scientifique pour les jeunes de 7 à 15 ans. Son titre "L'Argonaute".

Pour tout renseignement sur ce magazine, s'adresser à l'Argonaute, 11 bd de Sébastopol, 75001 Paris (tél 233 34 40).

Espace Information Dans son numéro n°25 de juin 1983, E.I. publie un dossier : "De la Pesanteur à la Gravitation" qui intéressera tous les lecteurs des Cahiers que le feuilleton "Errants et errances" de K.Mizer aura laissés sur leur faim.

Dans les revues

=====

L'Astronomie (juillet-août 83) - "Sur le problème des retours périodiques de la Terre et des autres planètes dans des situations identiques" par G.Berger.

Pour la Science - Août 83 : "La matière sombre des galaxies spirales" par Vera Rubin.

La Recherche - Juin 83 : "Cos-B, le rayonnement gamma de l'Univers" par Catherine Cesarsky et Jacques A.Paul ; "La chasse aux étoiles de Wolf-Rayet" par Daniel Kunth - Juillet-août 83 : "Leonhard Euler, un sommet de la pensée scientifique au XVIII ème siècle" par Michel Blay ; "Le pulsar ultra-rapide est-il le cousin du pulsar binaire ?" par Marc Lachièze-Rey.

Le Monde - A partir du numéro daté 26 juillet 83, une série de quatre articles "L'astronomie en révolution" par Michel Cassé de la section d'astrophysique du Centre d'études nucléaires de Saclay.

ERRATUM

Une erreur de pagination a entraîné quelque confusion dans les "lectures" du Cahier 21, les pages 13 et 14 ont été permutées dans leur contenu. Les lecteurs auront sans doute rectifié en lisant page 14 la suite de la page 12 et page 13 la suite de la page 14. Nous n'avons nulle intention de semer la confusion, nous avons le plus grand respect de l'ordre, celui des naturels. Excusez-nous.

QUESTIONS SANS REPONSES

- Pourquoi la pleine lune est-elle haute au-dessus de l'horizon en hiver et basse au-dessus de l'horizon en été (sous nos latitudes) ?
- Peut-on observer une éclipse totale de Soleil pendant l'hiver au pôle nord ? Et une éclipse totale de Lune ?
- La Lune nous semble plus grosse quand elle est bas sur l'horizon; il s'agit là d'une illusion, en fait son diamètre apparent ne varie pas au cours de son mouvement diurne; comment le démontrer simplement ?

Chronique du CLEA

Répétons ce que nous avons déjà écrit dans cette chronique : nous comptons sur tous les membres du CLEA et en particulier ceux de son conseil pour nous informer avec précision sur les projets en cours dans les diverses académies. Nous espérons pouvoir ainsi publier bientôt un relevé aussi complet que possible de toutes les réalisations en faveur de l'enseignement de l'astronomie et la formation des enseignants.

L'évaluation du STARLAB

La mission confiée par le Musée de la Villette (voir CC n°21, p.27) s'est déroulée du 12 janvier au 18 avril 1983. Après la présentation du matériel dans les locaux du musée, une première évaluation a pu en être faite auprès des participants à l'assemblée générale du CLEA. Grâce à quoi un calendrier d'utilisation intense et raisonnée a pu être établi ; le matériel a circulé dans de bonnes conditions entre Paris, Toulouse, Le Mans, Andrézy et Conflans, Aix-en-Othe, Reims, Charleville et ses environs, de nouveau Orsay et Meudon.

Au total, plus de six mille personnes ont pu suivre des présentations astronomiques avec le Starlab, public allant des élèves de la Maternelle aux personnes du troisième âge (pour lesquelles le confort des sièges paraît insuffisant).

Le rapport de synthèse établi par le CLEA et remis à la Direction du Musée en juin fait état des remarques adressées par les expérimentateurs. Du côté des qualités, la facilité du transport et de l'installation (gonflage de la coupole en quelques minutes), ingéniosité et qualité du système de projection, souplesse de l'utilisation par un démonstrateur compétent. Une seule réserve, l'appareil est plus un stellarium qu'un planétarium car en dehors du Soleil et de la Lune, la présentation des planètes est moins facile.

Le CLEA n'aurait pu établir ce rapport sans les contributions des expérimentateurs qui doivent tous être chaleureusement remerciés : J-P. Brunet et l'équipe du lycée Fermat, Josette Hatchondo et Marie-Lise Desblanc, J-P. Rosenstiehl, Brigitte Zana Daniel Toussaint, Gérard Bazin, Claude Mathieu, Bernard Carbonneaux, Philippe Didier, Alain Dargencourt et bien entendu toute l'équipe d'Orsay.

Tout ce travail aura été utile :

- l'expérimentation du Starlab a permis l'organisation de nombreuses séances d'initiation astronomique ;
- le rapport de synthèse a conduit la Direction du Musée à faire l'achat de l'appareil ; celui-ci sera mis à la disposition de l'école d'été 1983 à Grasse ; pour son utilisation ultérieure s'adresser) M. Olaf Malgras, Musée de la Villette, 211 avenue Jean-Jaurès, 75019 Paris, tél (1) 240 27 28 poste 1245.
- des rapports favorables à l'achat de l'appareil ont été déposés sur les bureaux de plusieurs universités.

EXPERIENCE : LE BLEU DU CIEL

La lumière émise par le Soleil est composée de toutes les couleurs (de l'arc en ciel). Les molécules de l'atmosphère terrestre diffusent la lumière du Soleil: elles la renvoient dans toutes les directions. C'est pourquoi, sur Terre et de jour le ciel est lumineux alors que sur la Lune, dépourvue d'atmosphère, il est noir.

Mais les molécules de l'air diffusent cette lumière de façon sélective: le bleu (courtes longueurs d'onde) est plus diffusé que le rouge (grandes longueurs d'ondes). La lumière renvoyée par l'atmosphère est donc riche en bleu. Le ciel paraît bleu. Au contraire la lumière nous parvenant directement du Soleil est appauvrie en bleu. Le Soleil paraît jaune-orangé ou même rouge au couchant lorsque ses rayons ont traversé une épaisseur d'air importante.

D'autres particules que celles de l'atmosphère diffusent la lumière de façon sélective. Dans l'expérience décrite ci-dessous, la lumière émise par un projecteur de diapositives est diffusée par des particules de soufre en suspension dans une solution.

MATERIEL.

- un projecteur de diapositives
- un écran de projection
- du thiosulfate de sodium cristallisé ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- de l'acide chlorhydrique du commerce
- une petite cuve parallélépipédique en verre ou en plastique transparent et incolore; sa base rectangulaire a 2 à 5 cm de côté
- un peu de papier canson noir

PREPARATION.

Dans du papier canson noir, découper un carré de 5 cm de côté. Au centre percer un trou de 1 cm de diamètre environ. Le coller sur un carré de diapositive. Préparer la solution de thiosulfate de sodium: 0,4 g dans 100 ml d'eau.

REALISATION.

Placer la "diapositive" dans le projecteur. Elle figure le Soleil. Mettre au point sur l'écran.

Devant le projecteur placer la cuve contenant la solution de thiosulfate de sodium. Ajouter, à l'aide d'une petite seringue par exemple, de l'acide chlorhydrique concentré (10 mm pour 50 ml de solution).

Ensuite, il faut patienter quelques minutes. Progressivement, l'image du "Soleil" devient jaune, orange et même rouge tandis que la solution devient bleutée.

INTERPRETATION.

L'acide chlorhydrique réagit lentement avec le thiosulfate de sodium donnant un précipité de soufre en suspension dans la solution. Comme les molécules de l'atmosphère, le soufre diffuse la lumière et d'autant plus que sa longueur d'onde est courte.

REMARQUES.

- Si on utilise une petite cuve quelconque, ses faces ne sont pas parfaitement parallèles. On peut la déplacer légèrement de telle sorte qu'une partie du faisceau lumineux passe à côté de la cuve. On obtient alors sur l'écran une deuxième image du Soleil ser-

