

LE C.L.E.A. - COMITE DE LIAISON ENSEIGNANTS ET ASTRONOMES

Le C.L.E.A. , Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée (loi de 1901). Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement public et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

Le CLEA intervient par l'organisation de stages et par ses diverses publications.

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux, éventuellement en liaison avec les Missions Académiques de Formation ou tous organismes de formation des enseignants. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège, du lycée et de l'IUFM. On s'efforce d'y conjuguer information théorique indispensable et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et bon usage de ces matériels).

Aussi bien dans ses stages que dans ses diverses publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.

La liste des publications du CLEA figure en page 3 et 4 de la couverture.

Bureau du CLEA pour 1993

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker
Evry Schatzman
Présidente : Lucienne Gouguenheim
Vice-Présidents : Agnès Acker
Marie-France Duval
Hubert Gié
Jean Ripert
Jacques Vialle
Catherine Vignon
Secrétaire-trésorier : Gilbert Walusinski

Comité de rédaction des Cahiers Clairaut : Daniel Bardin, Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Jean-Paul Parisot, Georges Paturel, Jean Ripert, Daniel Toussaint, Victor Tryoën, Jacques Vialle, Gilbert Walusinski.

	page
La mythologie au service des astronomes	2
Appel à candidature	10
Les marées	11
Pour une histoire de la Galaxie (4)	21
Des diapositives de constellations faciles à réaliser	24
Lectures pour la Marquise	25
Pourquoi faire de la spectroscopie ?	31
Les Potins de la Voie Lactée	37
Un camp international en France en août	38
La 6ème Ecole d'été d'Astronomie au col de Steige	38
Chronique du CLEA-Courrier des lecteurs	39

EDITORIAL

Lecteurs des Cahiers, vous avez des centres d'intérêt divers. Vous nous écrivez parfois que vous souhaitez plus d'activités pratiques, des idées simples pour l'école élémentaire, ou, au contraire, plus de physique. L'astronomie est au carrefour de tous ces chemins.

Nous ouvrons ce numéro avec la première partie d'un article de Cécile Iwaniszewska, qui est une réflexion intéressante sur les relations entre mythologie et astronomie, qu'elle avait exposée lors de l'Université d'été de 1992. Merci à elle de l'avoir rédigée dans le train qui la ramenait de Gap à Paris et à Gilbert d'en avoir assuré la dactylographie ; suite et fin au prochain numéro.

Le phénomène des marées est relativement complexe, souvent mal expliqué. Pierre Bouteloup le présente avec rigueur, sans excès de formalisme : une belle lecture pour physicien.

L'abondance des matières nous avait conduits à différer la publication de cet article sur les marées, ainsi que de celui de Roger Meunier que nous présentons ici et qui relate une expérience de spectroscopie solaire réalisée avec son club. L'auteur insiste sur l'intérêt de l'étude du Soleil, laboratoire de physique à la portée d'instruments modestes, qui donne la possibilité d'aborder le problème de la mesure et oblige à des méthodes de travail rigoureuses.

Cette même richesse nous oblige à reporter au prochain numéro un article de Jacques Vialle sur l'observation des étoiles variables à l'Ecole, une réflexion de Jean-Claude Pecker sur l'astrologie et la "petite histoire du grand projet" du collège George Sand.

Le CLEA organise deux Ecole-Université d'été, l'une au col de Steige, l'autre à Sault. L'équipe d'Orsay organise aussi à Gap une Université d'Eté dédiée stictement à la formation de formateurs destinée aux correspondants académiques du CLEA et à ceux qui s'investissent dans des actions de formation, en relation avec la mise en place des nouveaux programmes. Bon courage à tous.

La Rédaction

LA MYTHOLOGIE AU SERVICE DES ASTRONOMES

Caecilia IWANISZEWSKA

Institute Astronomy Chopina, Toruń (Pologne)

Je voudrais vous présenter ici quelques idées développées d'une façon tout à fait personnelle, des idées sur les relations entre l'astronomie et d'autres disciplines. Si on anime un club de jeunes ou si on donne des leçons de littérature, de peinture, que sais-je encore, je crois qu'on peut chercher à aborder les sujets les plus rebattus d'une autre manière. Voilà tout !

1. "CELUI QUI LEVE LA TETE"

Si nous nous tournons vers les temps anciens, nous nous rendons compte que "jusqu'à récemment, l'humanité avait été une relativement petite entité située sur ce qui paraissait être une très grande planète." (M.G.K. Menon, 1990). C'est seulement aujourd'hui que nous venons d'apprendre que nous vivons en réalité "dans une très mince couche qui supporte la matière vivante contre la gravité en profitant de la mince atmosphère située directement sur cette matière vivante". (M. Mc Nally, 1990)

Alors le premier contact avec le ciel a dû commencer quand l'homme s'est mis debout car anthropos, c'est bien "celui qui lève la tête". En voyant que les phénomènes du ciel changent, on s'est rendu compte de leurs relations avec les événements sur la Terre, avec la vie quotidienne. Qui donc pouvait bien prédire ce qui se passe au ciel ? Ce sont les astronomes dont le rôle a été bien connu à Babylone aussi bien qu'en Egypte et ailleurs. Je voudrais citer ici un texte de Meso-Amérique, traduit du nāhuatl, qui dit que les astronomes sont ceux qui "guident, gouvernent, aident le peuple ; ils savent le jour et la nuit, ils savent l'année, ils montrent le sens de tout." (M. Léon-Portilla, 1961). Dans les temps anciens, la connaissance des sciences était réservée aux prêtres alors leurs connaissances scientifiques étaient étroitement liées avec la religion, les légendes, les mythes.

2. QUELQUES DEFINITIONS UTILES

J'ai trouvé dans les publications des archéologues polonais les définitions suivantes de la mythologie et des mythes.

La mythologie "est un phénomène culturel, un système organisé de croyances magico-religieuses qui forment - avec le comportement ethnique, les pratiques rituelles, les institutions sociales, les objets fabriqués - la sphère de l'activité spirituelle de l'homme qu'on nomme la religion." (A. Wiercinski, 1981)

Quel peut donc être le rôle des mythes ? Un mythe est:

- a) un reflet d'un événement historique ;
 - b) une explication, au niveau populaire, d'un problème lié à l'origine du monde, au destin de l'humanité ; le mythe est alors un instrument au service de la diffusion de quelques idées, pour informer et propager ces idées ;
 - c) une explication au niveau originel du monde pour un bien plus petit groupe d'initiés ; le mythe est alors un instrument symbolique pour les sciences mystiques, occultes, un instrument pour la psycho-analyse moderne, la psycho-thérapie ;
 - d) un instrument aidant la mémoire pour se rappeler d'importantes idées ;
 - e) une réflexion et une explication des mouvements des corps célestes.
- (S.Iwaniszewski, 1982)

Ceci précisé, nous allons voir dans ce qui suit les relations des mythes et des légendes avec la connaissance du ciel.

3. COMPTER LE TEMPS QUI PASSE

Lucretia Maupomé, une astronome mexicaine, nous raconte la légende sur la formation du calendrier : "Quand les dieux ont créé l'étoile du soir, ils ont fait le premier homme et la première femme ; puis ils ont tout de suite formé les jours. Plus tard, ils ont créé le ciel et les dieux de la mort, et à la fin, les autres hommes".(L.Maupommé,1982) Il est assez curieux de relever, dans cette légende meso-américaine, l'ordre des créations : les dieux ont créé seulement le premier couple et, tout de suite après, l'unité fondamentale de temps, le jour (et probablement la nuit du même coup. Probablement pour que le premier couple put compter le temps qui passe, pour qu'il ait la notion du temps.

Quand moi-même j'ai visité le Mexique, en 1987, on m'a raconté la légende suivante sur les premiers habitants. Il y avait une belle princesse Iztaccihuatl qui fut aimée par le prince Popocatepetl. Le prince dut partir à la guerre et longtemps il ne revint pas. La princesse l'attendait puis elle monta au sommet d'une montagne où elle pleura beaucoup et finalement mourut de chagrin. Quand le prince revint, il s'agenouilla au sommet d'une montagne voisine, ne voulant plus s'éloigner de sa bien-aimée et il mourut aussi. Le prince et la princesse forment maintenant deux montagnes de plus de cinq mille mètres, des volcans éteints au milieu desquels on passe quand on voyage au sud de Mexico. Je pense qu'il existe des légendes de cette sorte dans tous les pays, n'est-ce pas ?

Mais revenons au problème de compter le temps. Les archéologues nous apprennent que l'introduction des calendriers a rendu possible l'organisation, au sein d'une civilisation, d'un système socio-culturel. Avec un calendrier, on peut avoir une stabilisation de l'économie liée à la production agricole, etc.

Comme exemple de calendrier, je voudrais citer celui des Aztèques. L'année y était composée de 18 mois plus 5 jours et on avait aussi un autre cycle rituel de 13 mois. On comptait :

$$18 \times 20 \text{ jours} + 5 \text{ jours} = 365 \text{ jours}$$

$$13 \times 20 \text{ jours} = 260 \text{ jours}$$

$$52 \times 365 = 73 \times 260 = 18\,980 \text{ jours}$$

L'origine, le point zéro du compte était fixé à 3113 av J-C. Un autre cycle important de 584 jours était lié à Vénus. On compte alors :

$$5 \times 584 \text{ jours} = 8 \times 365 \text{ jours} = 2920 \text{ jours ou bien}$$

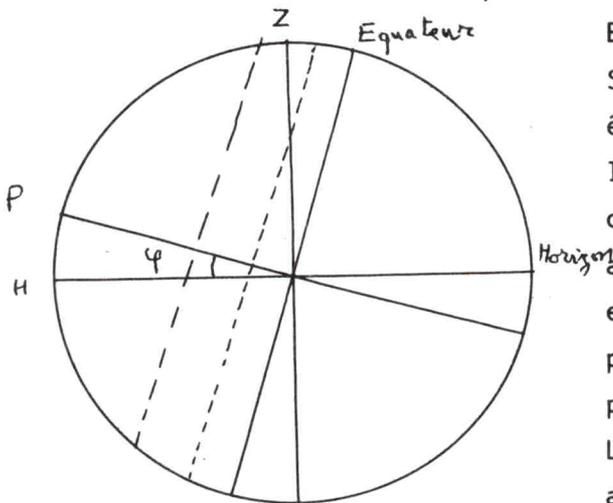
$$65 \times 584 = 104 \times 365 = 146 \times 260 = 37\,960 \text{ jours (J.Broda, 1982).}$$

Vous trouverez aisément dans des manuels d'autres exemples de calendriers aussi instructifs dans différentes civilisations.

4. L'IMPORTANCE DE BIEN SAVOIR TROUVER LES PLEIADAS

L'amas ouvert des Pléiades, qui est aisément reconnu à l'oeil nu, a présenté un grand intérêt dans chaque civilisation. Ou bien elles furent symbole annonciateur du commencement des pluies, ou bien elles étaient liées avec des périodes agricoles. Il fut donc, de tout temps, très important de savoir les placer exactement dans le ciel, c'est à dire de savoir dans quelle direction les trouver à tel moment de l'année. Je pense que tous les lecteurs des Cahiers Clairaut le savent bien !

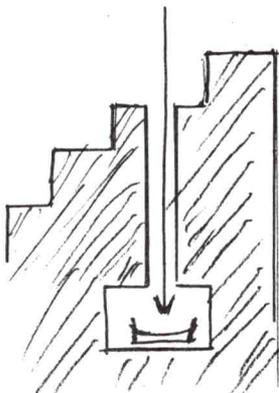
Chez les Aztèques, on fêtait, tous les 52 ans, le "Nouveau Feu" quand les Pléiades, nommées TIANQUIZTLI passaient au zénith à minuit. C'était en novembre, une demi année après le passage du Soleil au zénith.



Essayons de voir les conditions de passage du Soleil au zénith en un lieu de latitude peu élevée. Si cette latitude φ est moindre que l'inclinaison $23^{\circ}27'$ de l'écliptique sur l'équateur céleste, alors le Soleil passe deux fois par an au zénith du lieu, par exemple en mai et en aout. (sur le dessin, en pointillé, les cercles parallèles décrits par le Soleil avec ou sans passage au zénith). (fig.1)

La figure 2 montre comment on mesurait le passage au zénith d'un corps céleste à l'intérieur d'une pyramide en Amérique centrale.

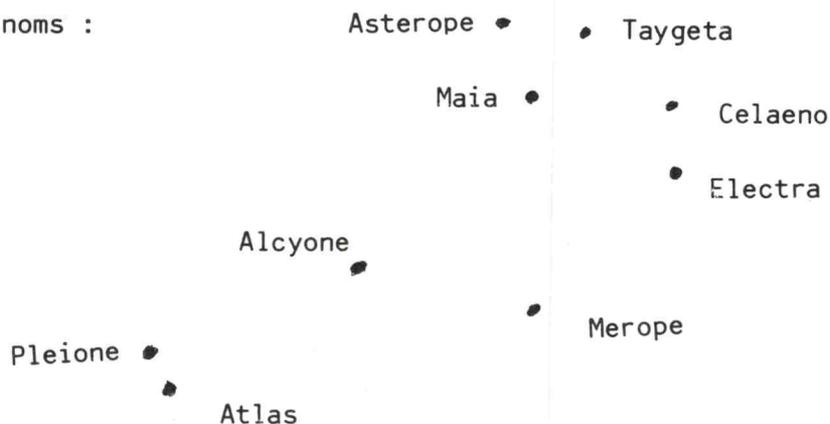
fig.2



Passons de l'autre côté de la Terre, en Inde. En octobre et en novembre, c'est la "fête des lampes" car les Pléiades, nommées ici les "KRITTIKA", symboles du feu, sont en prominence. Tous les douze ans, on fête le "kumbh Mela" quand la planète Jupiter passe près des Pléiades. Le festival est relié à une légende sur Jayanta qui avait emporté le précieux nectar Amvit de la Terre au ciel pour que les mauvais esprits Asuvas ne le boivent pas car cela les aurait rendus immortels. Pendant douze années Jayanta alla de place en place et les Asuvas voulaient l'attraper. Pendant que Jayanta se reposait, c'est le Soleil, la Lune et Jupiter qui gardaient le précieux nectar. Jayanta laissa quand même tomber quelques gouttes du nectar dans le Gange et d'autres rivières qui, de ce moment, sont devenues sacrées. Jayanta était probablement le symbole de Jupiter qui, tous les douze ans, retourne près des mêmes constellations du zodiaque. (N.Raghavan)

Retournons maintenant en Europe en passant par la Pologne. Il paraît que dans le folklore polono-lithuanien, les Pléiades sont nommées le RETIS, ce qui signifie le tamis. Adam Mickiewicz (1798-1855) qui dut s'expatrier et vécut longtemps à Paris où il enseignait la littérature au Collège de France, nous l'explique dans deux de ses poèmes épiques. Dans ses commentaires à "Graryna", il raconte que les Lithuaniens utilisaient les Pléiades pour marquer les heures, les mois, les saisons (A.Mickiewicz, 1823) Dans l'autre poème, "Monsieur Thaddé", il décrit le cercle étoilé du tamis qui fut utilisé par Adam pour trier les grains quand il fut expulsé du Paradis. (A.Mickiewicz, 1834)

Allons au Sud, en Grèce, où l'apparition des Pléiades marquait le commencement de la saison des navigations. Ici nous devons parler du mythe des Pléiades. Voici le dessin de la constellation avec les noms :



Les sept Pléiades étaient les filles de la nymphe Pleione (d'où vient leur nom) et du géant Atlas, le même qui soutenait le ciel entier sur ses épaules. Trois d'entre elles, Taygeta, Maia, Electra furent aimées de Zeus. Maia fut la mère du dieu Hermès, messenger de Zeus. Electra fut la mère de Dardanos,

fondateur de la dynastie des rois de Troie. Deux autres Pléiades, Alcyone et Celaeno s'étaient éprises de Poséidon (Neptune) alors que la sixième Asterope fut l'amante d'Arès (Mars). La septième, Merope, épousa un mortel, Sisyphe, roi de Corinthe ; on disait qu'en raison de la condition mortelle de son époux, Merope était devenue invisible, enveloppée d'un nuage gazeux...

Rappelons encore que chez les Arabes, les Pléiades étaient nommées ath THUREYYA, ce qui veut dire l'abondante.

5. L'ILIADE ET AUTRES POEMES EPIQUES

On se souvient, j'espère, que les mots "planète" et "astre" (d'ou astronomie) viennent des mots grecs "oj planete" et "ta aplane astra". Arrêtons-nous donc encore en Grèce.

Une cinquantaine de constellations (on en reconnaît maintenant 88 dont les noms et les limites ont été approuvées à Rome en 1922 par l'Union Astronomique Internationale) avait été reprise par les Grecs de l'astronomie mésopotamienne. Quelques noms de constellations qui nous sont restés peuvent venir de Mésopotamie. Par exemple Orion, ou Oarion, ou Aorion a peut-être pour origine le mot accadien URU-ANNA qui signifiait lumière du ciel.

Je ne sais pas si dans les écoles on parle encore de l'Illiade de Homère. Au livre 18, on y lit que Hephaistos est en train de fabriquer le bouclier pour Achille et il y sculpte beaucoup de détails, entre autres, la Terre qui est entourée par "Oceanus" et, au-dessus, "Ouranos" le ciel ; entre la Terre et le ciel, "ajter" l'air et "aer", la brume. Homère mentionne des constellations, Orion, la Grande Ourse, des amas stellaires, Les Hyades et les Pléiades. Reprenons un peu le cas de la Grande Ourse? Il est dit dans le poème qu'elle "se retourne, mais ne parvient jamais à se baigner dans l'océan" (D.R.Dicks, 1970). Examinons donc les conditions:

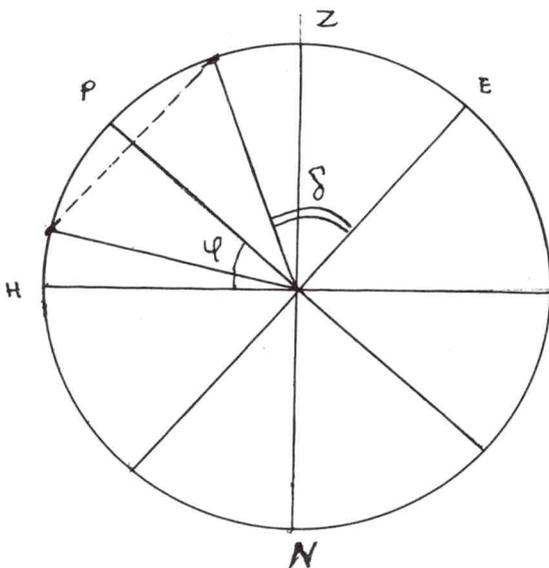
φ = latitude du lieu d'observation

δ = déclinaison de l'étoile η UMa, la dernière étoile du timon du char ou de la queue de l'Ourse.

On voit sur le dessin la condition pour que l'Ourse ne se baigne pas, c'est à dire ne trouve aucune de ses étoiles au-dessous de l'horizon, soit $90^\circ - \delta < \varphi$

Si nous prenons $\delta = 50^\circ$ (la déclinaison de η UMa est un tout petit peu inférieure), on trouve $\varphi > 40^\circ$.

On pourrait donc déduire de ce calcul où se trouvait Homère quand il écrivait cette description.



Il faut aussi raconter le mythe qui donne la raison pour laquelle l'Ourse ne peut jamais se baigner. Callisto, une des nymphes qui accompagnait la déesse de la chasse Artémis, avait eu une idylle avec Zeus d'où lui naquit un fils, Arkas. Hera, l'épouse légitime de Zeus, était furieuse ; elle saisit la nymphe et l'enfant et les transforma en deux ourses. Zeus intervint en les mettant au ciel mais alors Hera s'arrangea pour qu'ils ne puissent jamais se baigner ni se désaltérer.

La Grande Ourse apparaît aussi dans le poème "Monsieur Thaddé" de Michiewicz dont j'ai déjà parlé plus haut. C'est maintenant le chariot de David, préparé pour s'en aller, en pointant son long timon vers l'étoile polaire. Les vieux Lithuaniens savent qu'en réalité ce n'est pas le chariot de David mais celui des anges. Dans les temps anciens, Lucifer avait voyagé avec ce chariot dans la Voie Lactée. Quand il s'est rebellé contre Dieu, Michel l'a rejeté du chariot et du chemin étoilé. Maintenant, le véhicule est hors d'usage, placé là parmi les étoiles et l'archange Michel ne permet pas de le réparer. (A.Michiewicz,1834)

Dans un autre livre de l'Illiade, Homère décrit Hector qui apparaît ça et là dans le champ de bataille, tout à fait comme Sirius, "l'étoile d'automne", qui disparaît fréquemment derrière les nuages emportés rapidement par les vents d'automne. On sait que Sirius était le chien favori du célèbre chasseur Orion, fils du dieu de la mer, Poseidon et de Euralie, fille de Minos, roi de Crète. Orion avait aimé une des nymphes d'Artémis et celle-ci le tua avec sa flèche. Il fut transporté au ciel où il chasse pour toujours. (W.Markowska, 1965)

Après ce voyage parmi les étoiles, retournons plus près de la Terre vers le Soleil. Les Grecs le nommait Helios qui voyageait tout le jour en carrosse d'or attelé de chevaux. Pendant la nuit, Helios se reposait, les chevaux pouvaient se désaltérer dans l'océan. Pendant ce temps, la nuit était éclairée par le passage de la déesse Séléné dans son carrosse d'argent.

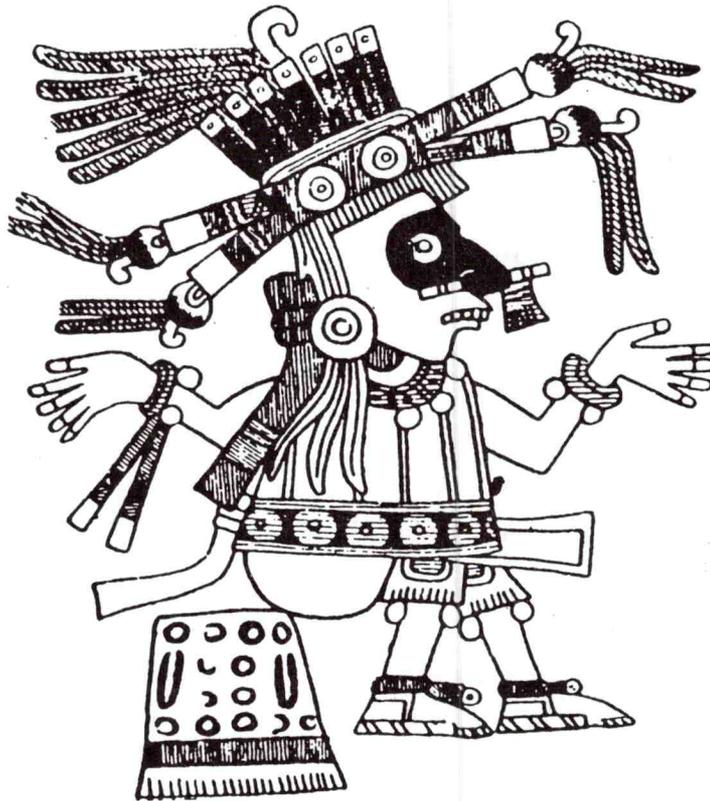
Il serait intéressant de signaler ici que dans la mythologie des Baltes, le Soleil était une femme ! Elle s'appelait Saule et voyageait le jour au-dessus de la Terre ; la nuit, elle se réfugiait dans un bateau d'or ou d'argent et flottait sous la Terre, d'Ouest en Est. Sous la Terre, Saule rendait visite aux morts. (J.Suchocki, 1970)

En langue nahtuatl, le Soleil était nommé TONATIUH. Ce mot peut être lié avec le verbe "tona" (qui signifie éclairer, chauffer) ou bien avec le nom propre "tonalli" (qui signifie le jour), ou encore lié aux mots qui expriment la chaleur et la destination. (M.Léon-Portilla,1982)

6. DES REPRESENTATIONS PEU CONNUES DE LA PLANETE VENUS

La planète Vénus fut toujours considérée comme plus importante que les autres parce qu'on savait qu'elle se tenait près du Soleil, se levant juste avant ou se couchant juste après lui. Pour que les peuples anciens reconnaissent bien ce phénomène important, il fallait le lier avec des légendes apprises par coeur, transmises de bouche à oreille ou bien racontées par les prêtres. Nous autres, Européens, lions toujours la planète avec l'image de la déesse grecque ou romaine dont nous connaissons tous maintes représentations, peintures ou sculptures comme la fameuse Vénus de Milo. Mais ce n'est pas le cas dans d'autres civilisations.

En Amérique centrale, on se disait que Vénus était le dieu QUETZALCOATL, "le plus beau symbole de l'Amérique" (L.Maupomé, 1982). Le mot vient de "quetzal" (oiseau) et de "coatl" (serpent) ; c'est en quelque sorte un serpent à plumes ou bien un oiseau avec une queue. C'est assez difficile de décider de l'un ou de l'autre d'après les dessins suivants:



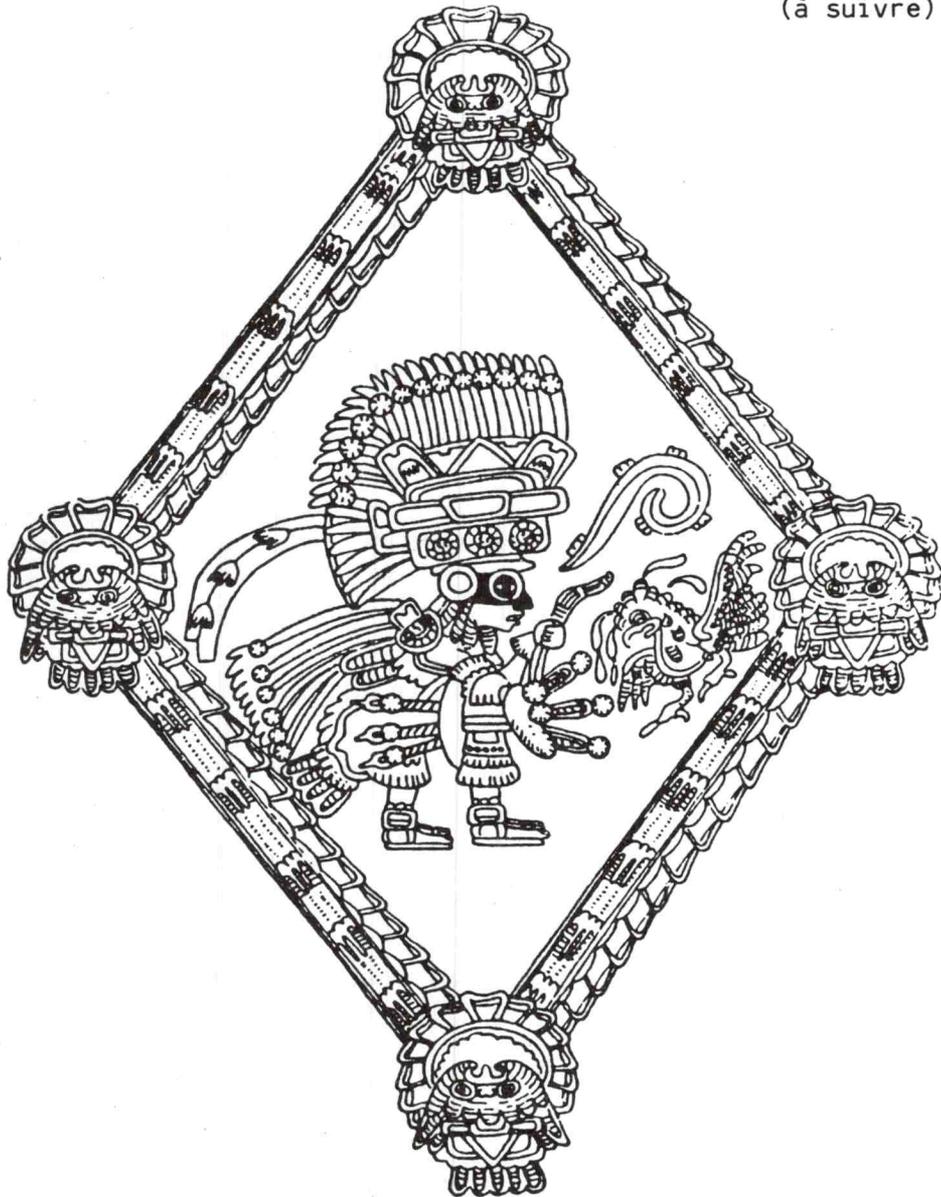
Tlahuizcalpantecuhtli, le dieu de l'étoile du matin
(d'après le Codice Borgia)

Une des légendes sur le dieu Quetzalcoatl nous dit qu'il fut à Tula un roi bon et sage qui proscrit les sacrifices humains. Il y eut pourtant une insurrection contre lui et il fut banni de son royaume. Il vécut en exil à Tlillan Tlapallan ou bien à Cholula (ville qui existe encore au voisinage de l'Observatoire astronomique de l'Université nationale autonome du Mexique, à Tonantzintla). Après sa mort Quetzalcoatl fut transporté au ciel comme une étoile ou comme la planète Vénus (S.Iwaniszewski, 1982).

Quand les conditions n'étaient pas favorables pour observer Vénus, d'autres corps célestes, la planète Mars ou bien des étoiles très brillantes tenaient le rôle d'étoile du matin ou d'étoile du soir.

Dans plusieurs sites d'Amérique centrale où l'on a fait des fouilles archéologiques on a retrouvé des temples à Quetzalcoatl ainsi que des statues et des sculptures qui le représentent.

(à suivre)



Quetzalcóatl, el Señor de la Aurora en un fresco teotihuacano.

APPEL à CANDIDATURE

Poste de coordonnateur au *Jardin des Sciences* Université Louis Pasteur de Strasbourg

Le *Jardin des Sciences* est un Centre de Culture Scientifique et Technique implanté à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg (ULP) depuis 1991. Son objectif est de créer et développer des interfaces et dialogues efficaces entre les milieux de la recherche (Universités, CNRS, INSERM) et tous les types de publics. Il est soutenu par les collectivités territoriales et les Ministères de tutelle (Ministère de l'Education Nationale et de la Culture, Ministère de la Recherche et de l'Espace) et leurs délégations régionales. Les principales missions assurées par le *Jardin des Sciences* sont les suivantes:

- Le *Jardin des Sciences* soutient les actions de culture scientifique menées dans le cadre de sites existant sur le campus: Musée Zoologique, Jardin Botanique, Musée de Sismologie, Planétarium. Il se préoccupe de la valorisation du patrimoine, et de sa présentation au public, par exemple: collections de minéralogie et de géologie-paléontologie de l'ULP, collections d'archéologie et d'égyptologie de l'Université des Sciences Humaines.
- Le *Jardin des Sciences* coordonne les acteurs de manifestations comme *La Science en fête* initiée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie, ou d'actions proposées par le Rectorat de l'Académie ou par la Ville de Strasbourg.
- Le *Jardin des Sciences* organise des opérations nouvelles: expositions thématiques, actions théâtrales faisant appel à la science, colloques et cycles de conférences, expériences interactives (*manips*).
- Le *Jardin des Sciences* propose de participer à la formation d'animateurs scientifiques (responsables de *clubs* et d'associations, enseignants,...), à travers la création et l'organisation d'un *Diplôme Universitaire d'Animateurs Scientifiques*; les notions de base seront enseignées par les enseignants-chercheurs dans divers domaines, et les stages pratiques assurés dans les sites de diffusion.

Afin de permettre une meilleure réalisation de ces missions, l'Université Louis Pasteur demande la création d'un poste de *PRAG* au service du *Jardin des Sciences*. Le candidat doit être professeur agrégé ou certifié de l'enseignement secondaire; il doit posséder une bonne culture scientifique, témoigner d'un intérêt pour la diffusion scientifique et de préférence posséder une expérience reconnue en ce domaine.

Les candidatures doivent être adressées avant le 1er avril 1993 à l'adresse suivante:

Le Jardin des Sciences
Université Louis Pasteur, Institut Le Bel
4, rue Blaise Pascal
67000 Strasbourg

Des renseignements peuvent être obtenus par voie téléphonique, au 88 41 61 54 .

LES MAREES

par

P. BOUTELOUP

I.U.F.M. Versailles; Centre de Cergy

1. Historique

Avant Newton, et depuis l'antiquité, les opinions les plus disparates ont été émises sur l'origine des marées. Certes, quelques philosophes, ou de sagaces observateurs, avaient bien eu l'intuition que la Lune jouait un rôle important. Posidonius avait donné un tableau des concordances qu'il avait observées sur la côte d'Espagne entre les variations diurnes, mensuelles, et même annuelles, des marées et les mouvements de la Lune et du Soleil. Mais, à côté de cette vision exacte, que d'opinions bizarres!

La marée est due au vent, comme le pensait Aristote. D'après Platon, elle était due aux oscillations d'un liquide contenu dans des cavernes souterraines et correspondait à une sorte de respiration de la terre. Le grand Kepler lui-même reprit cette idée insoutenable. Bernadin de Saint-Pierre au 18^e siècle voyait la cause des marées dans la fusion des glaces polaires!

Enfin, Newton lui-même donna une explication détaillée du phénomène à partir de la gravitation universelle. Laplace fixa les bases définitives de la théorie. Citons encore l'américain Harris, Henri Poincaré et bien d'autres...

L'explication définitive des marées représente une grande victoire de l'esprit humain en face de phénomènes aussi complexes.

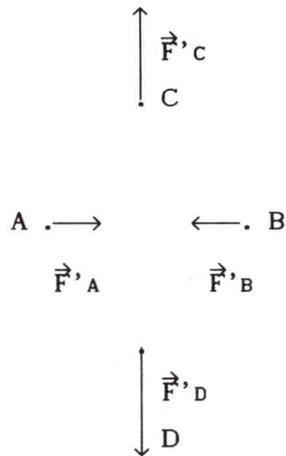
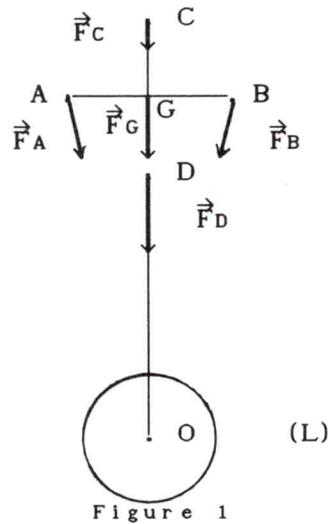
2. L'effet de marée

Considérons sur la figure 1, 5 points matériels immobiles A, B, C, D, G situés à grande distance d'un astre (L) (ce sera la Lune).

La droite CD passe par le centre de l'astre : O, tandis que la droite AB est perpendiculaire à CD. $GA = GB = GC = GD$. Sur la figure sont tracées les forces gravitationnelles subies par les 5 points. On voit qu'à cause de la dépendance en $1/r^2$ $\|\vec{F}_C\| < \|\vec{F}_G\| < \|\vec{F}_D\|$; tandis que du fait que la force est centrale, \vec{F}_A et \vec{F}_B sont inclinées par rapport à la droite GO.

Si on veut appliquer la mécanique newtonienne dans le référentiel ayant l'accélération de chute libre en G : $\vec{\gamma}$, il faut ajouter les forces d'inerties d'entraînement $-m\vec{\gamma}$ aux forces précédentes. Le résultat est alors le suivant (figure 2).

$\vec{F}'_c = \vec{F}_c - m\vec{\gamma}$; idem pour les autres forces. On peut montrer que $\|\vec{F}'_c\|$ et $\|\vec{F}'_d\|$ sont égales et doubles de $\|\vec{F}'_a\|$ et $\|\vec{F}'_b\|$ qui sont aussi égales.



Considérons maintenant un astre sphérique solide (T) (ce sera la Terre), en chute libre en étant attiré par l'astre (L). Le solide prend l'accélération de chute libre qu'aurait un point matériel isolé situé au centre de gravité G. (T) reste à distance constante de (L) en étant constamment en chute libre, emportée par son mouvement tangentiel. Dans le référentiel lié au solide en chute libre, les forces appliquées aux points de la surface, sommes des forces de gravitation dues à (L) et des forces d'inerties, ont alors l'allure suivante (figure 3) :

Tel est bien le cas de la Terre animée à chaque instant d'une accélération dirigée vers la Lune. Le bilan total des forces appliquées à un point de la surface terrestre suppose d'ajouter à cette force de marée la force d'attraction terrestre.

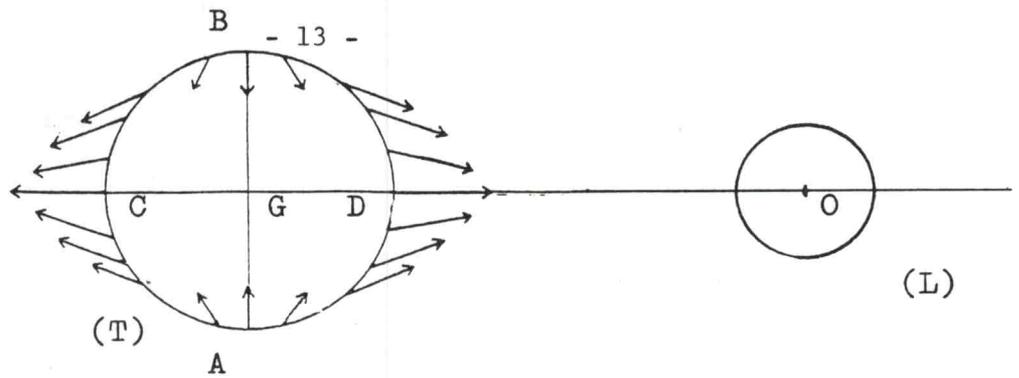


Figure 3

3. Théorie statique de Newton

Cette théorie suppose que les particules d'eau des océans prennent instantanément la position d'équilibre correspondant aux forces précédentes. La surface de l'eau prend alors la forme d'un ellipsoïde dont le grand axe est porté par la droite joignant la Terre à la Lune (figure 4) :

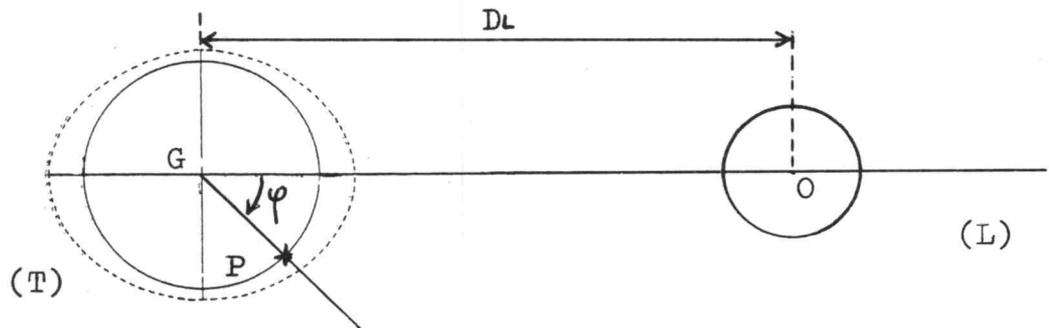


Figure 4

Le Soleil est également à l'origine d'un effet de marée. L'ellipsoïde d'origine solaire est indépendant de l'ellipsoïde d'origine lunaire, et chacun d'eux donne un bourrelet positif, au dessus de la surface primitive, dans la direction de l'astre et dans la direction opposée, bourrelet compensé par un aplatissement équivalent dans le plan normal à la droite joignant le centre de l'astre au centre de la Terre, en raison de la constance du volume total de la mer.

La hauteur d'eau en chaque point est la somme algébrique des intumescences positives ou négatives provoquées par chacun des deux astres. Lors des syzygies (Pleines Lunes ou Nouvelles Lunes), les grands axes des ellipsoïdes lunaire et solaire étant en coïncidence, les marées sont fortes. On a les grandes marées, ou marées de vive-eau. Lors des quadratures (Premier ou Dernier Quartier), les marées sont faibles parce que les grands axes sont à 90° l'un de l'autre. On a les petites marées ou marées de morte-eau.

En faisant intervenir la rotation de la Terre, on voit que la marée doit avoir une périodicité semi-diurne et une périodicité diurne. En effet, si l'astre perturbateur n'est pas dans le plan de l'équateur (déclinaison δ non nulle), on voit sur la figure 5 que les points situés sur le parallèle aa' éprouvent deux pleines mers ab et $a'b'$ nettement différentes. Il y aura donc une périodicité diurne puisqu'une fois par jour la marée sera plus forte, et cela au moment où l'astre passe au méridien supérieur du lieu. Cette périodicité diurne sera

d'autant plus marquée que la déclinaison de l'astre sera plus forte, donc aux solstices. Elle sera nulle aux équinoxes.

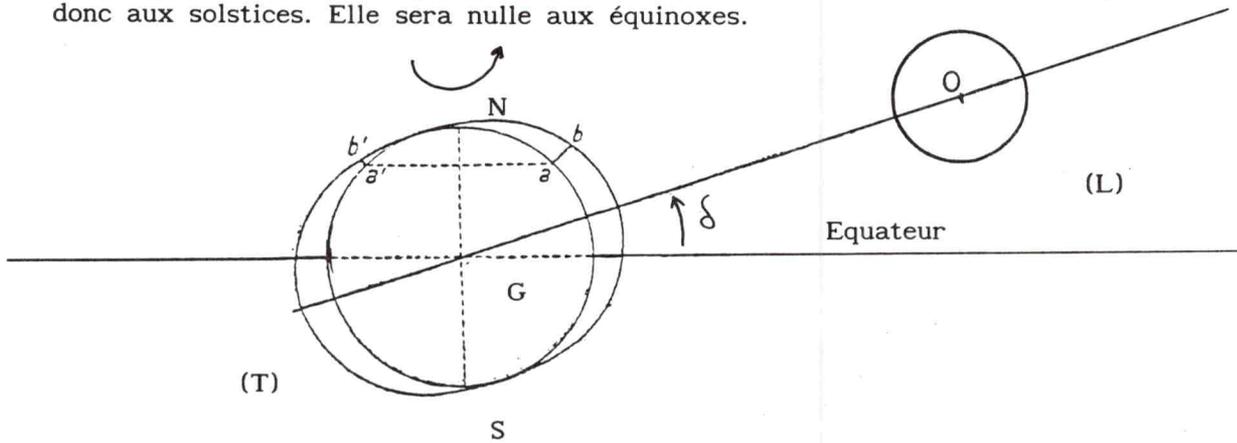


Figure 5

4. Quelques formules

Un calcul complet donne la valeur algébrique h de l'écart au niveau moyen. φ est l'angle (\vec{GO}, \vec{GP}) (figure 4).

$$h = \frac{G \text{ ML } R^2}{2 g \text{ DL}^3} \left(3 \cos^2 \varphi - 1 \right)$$

ML masse de la Lune ; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
 DL distance Terre-Lune ; G constante de la gravitation universelle
 R rayon de la Terre

Le point fondamental est la dépendance en $1/\text{DL}^3$.

L'amplitude (dénivellation entre la basse mer et la haute mer) due à la Lune s'obtient par la différence $h(\varphi = 0) - h(\varphi = \pi/2)$. On trouve 54 cm. Les amplitudes réelles sont souvent bien supérieures à cela. Nous en verrons l'explication au paragraphe 5. Le rapport de l'amplitude due à la Lune à celle due au Soleil vaut :

$$r = \frac{\text{ML}}{\text{Ms}} \left(\frac{\text{Ds}}{\text{DL}} \right)^3 = 2.18$$

Exprimons (figure 6) la hauteur h en fonction de la déclinaison de l'astre (angle avec le plan équatorial), de la latitude λ du lieu d'observation, et de l'angle horaire α de l'astre (angle entre le méridien du lieu et celui où l'astre culmine). On trouve :

$$3 \cos^2 \varphi - 1 = \frac{3}{2} \cos^2 \lambda \cos^2 \delta \cos 2 \alpha + \frac{3}{2} \sin 2 \lambda \sin 2 \delta \cos \alpha$$

$$+ \frac{1}{2} \left(1 - 3 \sin^2 \lambda \right) \left(1 - 3 \sin^2 \delta \right)$$

On retrouve la périodicité semi-diurne par le terme en $\cos 2 \alpha$. Cette périodicité est maximale aux équinoxes quand $\cos^2 \delta$ est maximal. On retrouve également la périodicité diurne par le terme en $\cos \alpha$.

Cette périodicité est nulle aux équinoxes, quand $\sin 2\delta$ est nul, comme nous l'avons vu au § 3.

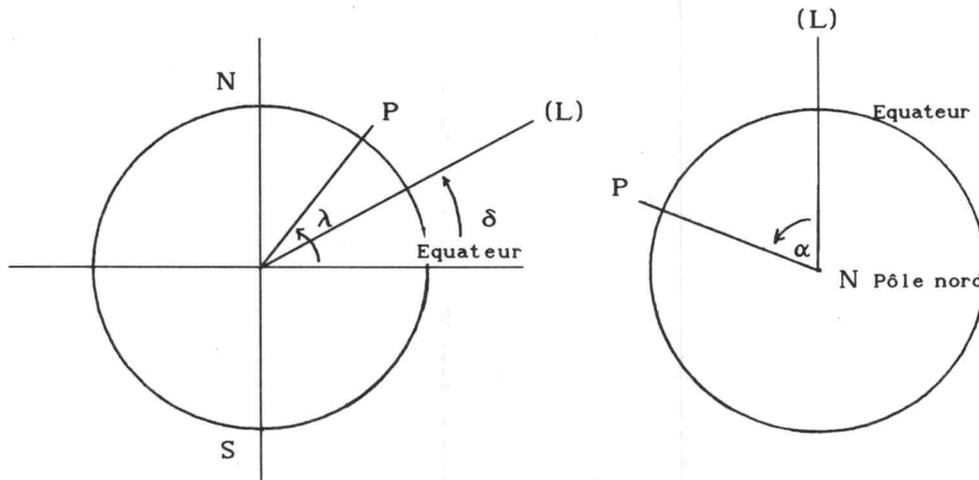


Figure 6

5. Théorie de Laplace

En fait, les marées constituent un phénomène dynamique. La rotation de la Terre demande au bourrelet d'eau, pour pouvoir rester aligné avec l'astre à l'origine de la marée, de se propager par rapport aux fonds marins. Il y a donc formation d'une onde de marée progressive. Mais les bassins océaniques constituent des systèmes clos. Il va donc se créer par de multiples réflexions des ondes stationnaires. Il va alors apparaître le phénomène de résonance lorsque la période propre d'oscillation d'un bassin océanique coïncidera avec une période astronomique d'excitation.

Laplace suppose que dans l'intervalle de temps considéré (quelques périodes de marées) tous les paramètres astronomiques peuvent être pris comme constants, les bassins océaniques étant soumis aux excitations diurnes et semi-diurnes solaires et lunaires. C'est alors l'expérience qui donne l'amplitude et la phase de la réponse (le calcul théorique est effroyable).

Considérons par exemple, sur la figure 7, la carte des lignes cotidales de l'Océan Atlantique, élaborée par Harris et Sternek (lignes d'égales heures de haute mer). Le point central marqué par un rond dans l'Atlantique nord est un point amphidromique (amplitude de marée nulle). De ce point à Brest, la mer est haute à 4h simultanément pour tous les points de la ligne. Pendant ce temps la mer est basse du point amphidromique au Labrador, puisqu'elle est haute 6h plus tard à 10h.

On a donc une onde stationnaire. La mer est haute en France pendant qu'elle est basse au Canada. L'amplitude est très faible entre ce point amphidromique et l'Islande, sans être nulle, à cause de l'existence d'une onde stationnaire perpendiculaire à la précédente; la force de Coriolis en effet, crée un déplacement transversal des eaux du bassin dès qu'elles se mettent en mouvement. Les lignes cotidales doivent se succéder autour des points amphidromiques dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord.

Considérons sur la figure 8 un bassin de longueur l . On sait que lorsque la longueur d'onde est très supérieure à la profondeur du

bassin, la vitesse de propagation vaut $v = \sqrt{g z}$ z étant la profondeur; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

La période T d'oscillation correspond au temps d'aller et retour de l'intumescence et l'on a :

$$v = \frac{2 l}{T} ; \quad T = \frac{2 l}{\sqrt{g z}}$$

c'est la formule de Mérian.

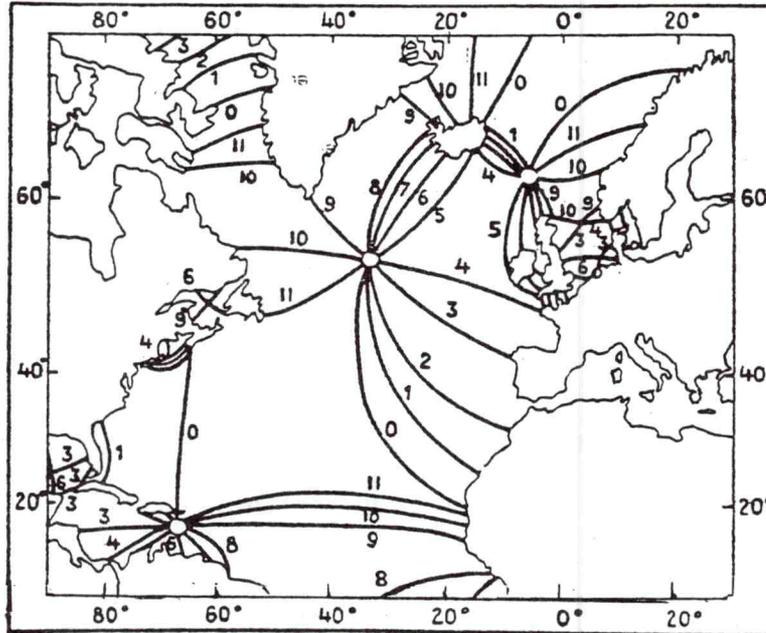


Figure 7

Dans le cas de l'Atlantique Nord, $l \approx 4000 \text{ km}$, distance de Brest au Labrador, et $z \approx 3000 \text{ m}$. On trouve $T \approx 12.8 \text{ h}$. Ainsi, l'Atlantique Nord résonne parfaitement sur l'onde semi-diurne lunaire de période 12.4 h. Ceci explique le fait que les marées sur nos côtes soient fortes. D'autres cas existent. Ainsi, à Tahiti, il y a résonance sur l'onde semi-diurne solaire et la mer est haute tous les jours à midi et à minuit; mais l'amplitude est faible.

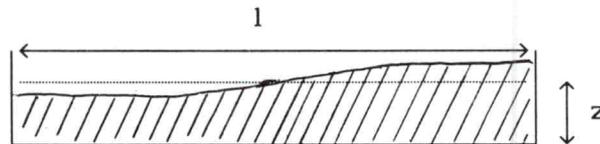


Figure 8

6. Les marées sur les côtes de France bordant la Manche ou l'Atlantique

Pour les marées sur ces côtes, nous ne garderons donc dans l'expression théorique de h que les termes semi-diurnes lunaires et solaires, la résonance étant pratiquement nulle sur l'onde diurne. On obtient donc la Formule de Laplace, privée des termes diurnes :

$$h = L \cos^2 \delta \cos 2(\alpha - a) + S \cos^2 \delta' \cos 2(\alpha + Ph - b)$$

Les amplitudes L et S ainsi que les phases a et b sont à déterminer expérimentalement. Ph représente l'angle que font le Soleil et la Lune entre eux : l'angle des phases de la Lune. $Ph = (\overline{GS}, \overline{GL})$ (figure 9).

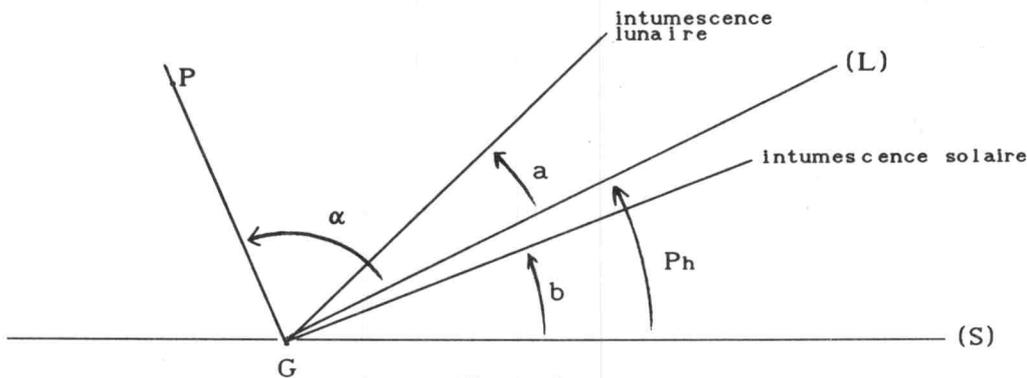


Figure 9

a est l'établissement corrigé du port : retard entre le moment de la haute mer et le passage de la Lune au méridien lors des grandes marées (ondes lunaire et solaire en phase). L'établissement corrigé du port à Brest vaut 3h 46 mn, ce qui donne $a = 360 \times 3.77/24 = 57^\circ$. Notons que l'heure de la haute mer est de plus en plus tardive lorsque l'on s'enfonce dans la Manche par le retard de l'onde venant de l'Atlantique lors de sa progression.

On peut montrer que le retard entre le moment de la marée haute et le passage de la Lune au méridien ne varie pas beaucoup en un endroit donné. La marée se décale donc régulièrement, comme la Lune, d'un jour à l'autre. Elle se décale plus au moment des marées de morte-eau. Il résulte de cela, en particulier, que en un lieu donné, la mer est haute toujours à la même heure en grande marée : 7h T.U. et 19h T.U. au Mont Saint Michel, 11h T.U. et 23h T.U. au Havre.

Les grandes marées se produisent lorsque les intumescences lunaire et solaire sont en phase (figure 10), ce qui donne :

$$2(\alpha - a) = 2(\alpha + Ph - b) + 2k\pi$$

$$Ph = b - a + k'\pi$$

$k' = 0$ à la nouvelle lune, et $k' = \pi$ à la pleine lune.

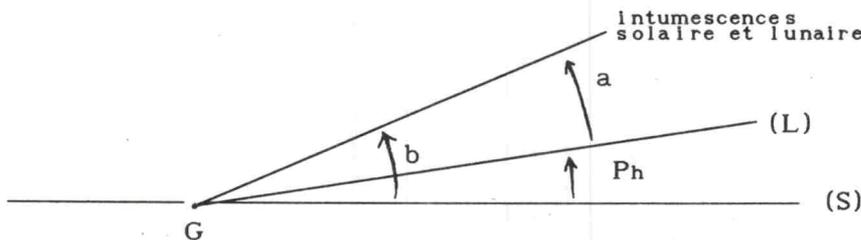


Figure 10

$b - a$ est l'âge de la marée : décalage entre les grandes marées et

les syzygies (la grande marée a lieu un peu après la Pleine Lune ou la Nouvelle Lune). Pour Brest $b - a = 19^\circ$; or Ph varie de 19° en 37 heures. La grande marée est donc la troisième après celle la plus voisine de la conjonction ou de l'opposition.

7. Formule approchée du coefficient en grande marée

On peut donner une formule approchée très simple pour les coefficients des grandes marées sur nos côtes (Atlantique et Manche) :

Lors d'une grande marée, les ondes solaire et lunaire sont en phase, et à marée haute, $h = L \cos^2 \delta + S \cos^2 \delta'$. Mais la distance Terre-Lune varie. On introduit la parallaxe lunaire p , angle sous lequel on voit depuis la Lune le rayon terrestre. La parallaxe moyenne $\langle p \rangle$ vaut $57'$.

La dépendance en $1/DL^3$ donne, l'action moyenne de la Lune étant trouvée égale à 3 fois celle du Soleil :

$$h = S \left[3 \left(\frac{p}{\langle p \rangle} \right)^3 \cos^2 \delta + \cos^2 \delta' \right]$$

D'un port à l'autre, sur nos côtes, les amplitudes des marées sont toujours proportionnelles entre elles. Une fois les rapports connus, l'intensité de la marée sera connue quand on la connaît en un lieu. On définit ainsi le coefficient de marée C , qui par définition vaut 100 pour une grande marée ayant lieu lorsque le Soleil et la Lune ont une déclinaison nulle, la Lune étant à sa distance moyenne de la Terre. Les coefficients peuvent varier de 20 à 120. On obtient l'amplitude de la marée en un lieu en multipliant $C/100$ par la hauteur du port (variation au lieu considéré entre le niveau moyen et la haute mer en coefficient 100), puis par 2 pour passer de la hauteur à l'amplitude.

Notre formule approchée donne alors :

$$C = 25 \left[3 \left(\frac{p}{\langle p \rangle} \right)^3 \cos^2 \delta + \cos^2 \delta' \right]$$

Donnons un exemple de calcul :

Les tables des marées donnent pour le 9 mars 1993 : $C = 119$. Les éphémérides donnent $\delta' = -4^\circ 34.6'$; $\delta = -3^\circ 18.2'$; $p = 61' 26''$. La formule donne $C = 118.5$.

8. Examen des Grandes Marées

Négligeant l'inclinaison du plan de l'orbite de la Lune sur l'écliptique et Ph , on a $\delta \approx \delta'$. L'amplitude d'une grande marée dépend donc essentiellement de deux choses : p auquel correspond la distance Terre-Lune, et δ' déclinaison du Soleil. Une très forte marée correspond à une Lune au périgée (le périgée est lui-même variable, la Lune passant plus ou moins près!) au voisinage de l'équinoxe ($\delta' = 0$), au moment d'une Nouvelle Lune ou d'une Pleine Lune.

Si la Lune est proche du périgée à la Nouvelle Lune par exemple, il est clair qu'elle sera près de l'apogée à la Pleine Lune, ce qui fait qu'une grande marée sur deux a un coefficient supérieur à 100. Les très grandes marées ont donc lieu une fois par mois au voisinage des équinoxes.

Un petit schéma (figure 11) nous montre que si, au printemps, on a de très grandes marées (périgée) de Pleines Lunes, à l'automne, on aura de très grandes marées de Nouvelles Lunes (et vice versa), la précession du périgée étant négligeable sur six mois.

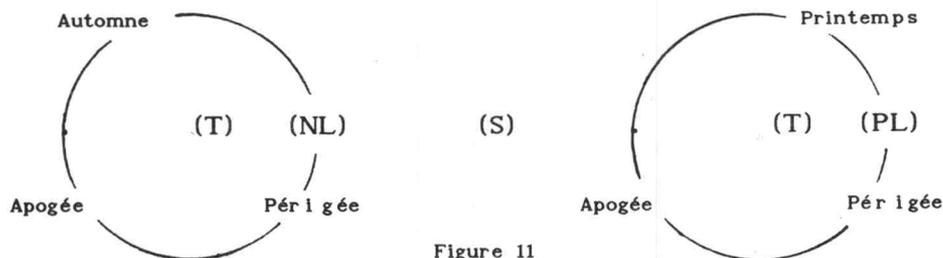


Figure 11

D'autre part, si il y a une très bonne coïncidence entre syzygies, passage au périgée et proximité de l'équinoxe une année, on peut vérifier, compte tenu de la précession du périgée (Révolution Anomalistique) et de la durée de la Lunaison, que la situation se reproduit convenablement environ 4 ans plus tard, mais la Pleine Lune est remplacée par la Nouvelle Lune et vice versa. Les très grandes marées ont donc lieu environ tous les 4 ans. Citons ainsi :

1980	18 mars	118	Nouvelle Lune
1985	6 avril	117	Pleine Lune
1989	10 mars	117	Nouvelle Lune
1993	9 mars	119	Pleine Lune

Citons également le Saros : la hauteur de la mer n'étant fonction dans le même lieu que des positions relatives du Soleil, de la Lune et de la Terre, elle doit redevenir la même au bout de la période qui ramène la même position des trois astres. Cette période est appelée Saros. Elle vaut 6585.5 jours soit 18 ans 11 jours. Il y a donc tout de même un lent décalage par rapport à l'équinoxe.

9. Encore quelques réflexions

En ce qui concerne la hauteur du port, elle est amplifiée dans les baies par effet de conservation de l'énergie de l'onde dans un espace réduit : resserrement des côtes et hauts fonds. C'est le cas de la baie du Mont Saint Michel (hauteur de 6.25 m à Granville).

Il faut également parler du mascaret : L'onde de marée se propage plus vite en aval d'un fleuve où la profondeur est plus grande qu'en amont. Il y a donc déformation progressive de l'onde de marée lors de sa montée dans le fleuve. Cela peut aller jusqu'à la formation, en tête de l'onde, d'un ressaut hydraulique. Une vague remonte le fleuve avec le flot. C'est le mascaret.

Il y a des mascarets en Angleterre sur la Severn, et également sur la Dee près de Chester; sur le Petitcodiac au Canada (1.50 m de hauteur); dans l'Amazone (5 à 6 m).

En France, il y a un mascaret dans le Couesnon d'une hauteur de quelques dizaines de centimètres (la hauteur est fonction de la profondeur du fleuve); dans la Garonne entre Bordeaux et Cadillac.

Dans la Seine, avant les travaux d'endiguement (digue du Ratier) et d'approfondissement du chenal, le mascaret atteignait une hauteur de 2.50 m à Caudebec, là où maintenant il a disparu. Mais il existe encore

au débarcadère du bac de Sahurs en aval de Rouen pour les coefficients supérieurs à 100 où il arrive 12 minutes avant l'heure de la haute mer au Havre.

10. Analyse harmonique des marées

En fait, la théorie de Laplace supposait tous les paramètres astronomiques constants pendant l'intervalle d'une marée : distance Terre-Lune, déclinaisons etc. Or ces paramètres varient. La réponse d'un océan à ces paramètres variables doit également être déterminée expérimentalement, avec encore la possibilité de résonances modifiant l'amplitude de la réponse. On développe alors tous les paramètres astronomiques ayant une influence sur les marées en fonctions sinusoïdales : les harmoniques, et on détermine expérimentalement la réponse de l'océan à chacune de ces harmoniques. On arrive alors à une précision de quelques centimètres sur les hauteurs, et de quelques minutes sur les heures des marées. C'est la méthode utilisée actuellement pour construire les tables des marées.

Si l'on ne tient compte que des ondes semi-diurnes, diurnes et des périodes plus longues, la courbe donnant la variation de la hauteur d'eau au cours d'une marée est très voisine d'une sinusoïde. Mais la présence d'harmoniques de périodes plus courtes peut la déformer considérablement. Ainsi, la baie de Seine possède l'harmonique quart-diurne la plus forte du monde. Elle entraîne une très longue étale de pleine mer (plusieurs heures), à l'origine de la construction du Havre par François I^{er}, et une montée du flot très rapide en grande marée.

Bibliographie

Que sais-je? Jacques Bouteloup : Vagues, marées, courants marins; P.U.F.

Jules Rouch : Traité d'océanographie physique, Tome III; Les mouvements de la mer; Payot Paris 1948

Jules Rouch : Les marées; Payot Paris 1961

Michel Dars : Les marées; E.N.S.T.A. Tome I et II

Librairie et Bibliothèque

Librairie Maritime et d'Outre Mer, 17 rue Jacob 75006 Paris

Médiathèque du musée de la Villette, rayon Océanographie (3615 Villette)

Coefficients des marées etc

3615 SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

Almanach du marin breton

POUR UNE HISTOIRE DE LA GALAXIE (4)

Un feuilleton, comme ces notes pour une histoire de la Galaxie, peut faire penser à une pyramide aztèque, empilement de bases successives de plus en plus petites mais élevant le monument de plus en plus haut. A la base, l'observation capitale de Galilée, la Voie Lactée est composée d'étoiles. Etage suivant, les Messier et autres Lambert font un premier catalogue de nébuleuses. Troisième étage, William Herschel accumule les comptages d'étoiles et imagine une structure d'ensemble de cette Voie Lactée qui serait à elle seule tout l'Univers. Mais la comparaison avec la pyramide s'arrête là, l'étage Herschel n'est pas moins important que la base Galilée. Surtout, nous savons d'avance qu'il n'y aura pas d'étage final et qu'après celui du "grand débat" qui sera notre n°5, il y aura toujours "à suivre" car nous sommes tous bien convaincus que la recherche scientifique ne finira jamais. Dans ce quatrième épisode, trois grandes avancées seront riches de promesses pour le cinquième :

- l'accumulation de données avec des catalogues de plus en plus riches de nébuleuses de divers types ;
- les premières mesures de distances stellaires ;
- la grande aventure de la spectrographie qui marque la véritable naissance de l'astrophysique.

L'histoire de la Galaxie aura été une grande école pour l'astronomie.

LES CATALOGUES DE NEBULEUSES

On se rappelle que, pour Messier, dresser un catalogue de ces objets d'apparence floue avait surtout pour intérêt d'éviter de les confondre avec des comètes. William Herschel, lui, est le premier à s'intéresser aux nébuleuses pour elles-mêmes ; il s'étonne de leur abondance, en dresse catalogue et quelques réussites lui font penser que toutes pourront être résolues en étoiles.

Son fils John reprit et élargit l'ouvrage. Grâce à un long séjour au Cap et à l'île de Ste Hélène, il étendit d'exploration à l'hémisphère céleste austral. Son General Catalogue, publié en 1840, contenait cinq mille objets observés par son père ou par lui-même en distinguant amas et nébuleuses.

J'ouvre ici une parenthèse. J'ai lu quelque part, mais je ne sais plus où et c'est cette référence que je cherche, une relation fantastique d'observations faites par John Herschel, à partir de Ste Hélène. Fantastique, en effet, le récit d'une vision d'êtres vivants se promenant sur la Lune ! L'oeuvre de John Herschel mérite considération. S'agit-il, dans la circonstance, d'un récit de deuxième main dont l'auteur serait un témoin imaginaire ou peu scrupuleux ? Si un lecteur des Cahiers avait une référence à me donner sur cette affaire, merci d'avance de me la donner.

"Back to brass tacks", comme on dit en anglais, car en ce milieu du XIX^{ème} siècle c'est un ensemble d'amateurs anglais, écossais ou irlandais qui, passionnés par l'observation, seront assez riches pour se faire construire de grands télescopes. En tête de ces amateurs, William Parsons qui installe un grand télescope de 182 cm d'ouverture à Birr Castle près de Parsonstown. Avec cet instrument - et certainement beaucoup de patience et d'application - il découvre la structure spiralée de plusieurs nébuleuses, en particulier M.51 dans les Chiens de Chasse que les Anglais dénomment Whirlpool, (le tourbillon), et M.33, la belle nébuleuse échevelée du Triangle. Nous disons aujourd'hui que ce sont des galaxies vues de face et il est sans doute assez normal que cette structure spiralée ait été

découverte sur des objets dans cette disposition par rapport à nous.

Pour une galaxie vue de trois quart comme M.31 dans Andromède, ce fut un peu plus difficile à reconnaître et un autre astronome amateur anglais s'y illustra, Isaac Roberts, en 1888.

William Parsons devenu Lord Rosse (l'Angleterre victorienne savait honorer ses savants) engagea un collaborateur Johan Dreyer qui publia, cette même année 1888, son New General Catalogue de 13000 nébuleuses. La correspondance entre le numérotage NGC et le numérotage Messier pour les premiers objets de cet ancien catalogue est donnée en tête de la Revue des Constellations de Sagot et Texereau ; on peut aussi, dans le livre d'Agnès Acker, Formes et couleurs dans l'Univers, retrouver ces numérotages et aussi contempler les belles photographies de ces objets. Nous sommes, de ce point de vue, plus favorisés que les contemporains de Lord Rosse mais en admirant les phtos, n'oublions pas les longues et fraîches nuits d'observation des Dreyer de tous les temps...

En accumulant ainsi des observations, ces astronomes fournissaient des données pour leurs successeurs. L'architecture de l'ensemble semble les avoir moins préoccupés que la distinction à faire entre tels ou tels types de "nébuleuses". Certaines étaient donc spiralées et ces magnifiques objets étaient plus fréquents dans les directions faisant un grand angle avec le plan moyen de la Voie Lactée. Il y avait aussi des "nébuleuses" résolues en étoiles dans les meilleurs télescopes et ces fausses nébuleuses méritaient donc plutôt le nom d'amas stellaires. Encore fallait-il distinguer ces amas depuis longtemps repérés - du type des Pléiades ou des Hyades - et qui eux ne s'écartaient pas du plan moyen de la Voie Lactée et d'autres amas qui révélaient une formidable richesse d'étoiles, comme Messier 13, toute cette population stellaire révélant une distribution à symétrie sphérique ; ce qui devait leur faire donner le nom d'amas globulaire une dénomination dont j'ignore qui en fut l'auteur et quand il la publia.

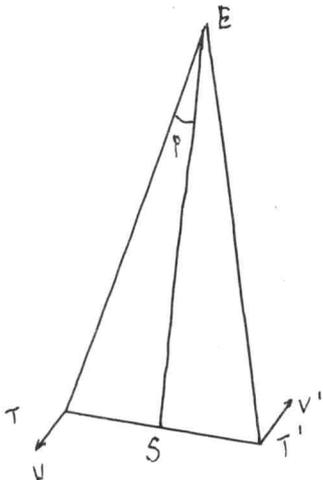
Messier 13, qui n'a pas longtemps rêvé devant sa photo devenue classique, celle obtenue par Ritchey au télescope du Mont Wilson après une pose de 11 heures. On y a dénombré 40 500 étoiles géantes en dehors du centre de l'amas où les images superposées interdisent tout dénombrement. Ce n'est pas Messier, mais Halley qui, le premier, attira l'attention des astronomes sur cet objet qui, à l'oeil nu, a l'apparence d'une étoile de quatrième grandeur dans la constellation d'Hercule. Mais la beauté de cet objet n'est pas son seul intérêt comme la suite de notre histoire le montrera.

LES DISTANCES STELLAIRES

Du moment que l'idée du mouvement de la Terre autour du Soleil fut acquise, les astronomes pensèrent que ce déplacement annuel du lieu d'observation devait altérer la détermination précise de la position des étoiles. A six mois d'intervalle, la somme des deux angles en T et T' doit être inférieure à 180° de $2p$, p étant la parallaxe de l'étoile E c'est à dire l'angle sous lequel de E on voit la longueur ST, l'unité astronomique.

Le problème était donc résolu dans son principe, la difficulté de la mesure tenant à la petitesse de p . Il fallait disposer d'instruments de précision et bien choisir l'étoile visée.

Bradley, en 1725, avait porté son choix sur γ Draconis qui culminait très près du zénith de Kew où son ami Molyneux avait établi son observatoire. Etoile bien choisie pour que la mesure de sa direction échappe aux corrections dues à la réfraction atmosphérique. Cependant, la déviation mesurée ($40''$) ne pouvait être une parallaxe, puisque cette déviation ne se produisait pas dans la direction TT' mais dans la direction perpendiculaire, celle de la vitesse de translation de la



Terre sur son orbite. Bradley interpréta correctement sa mesure en annonçant qu'il avait mis en évidence l'aberration de la lumière, indépendante de la distance de l'étoile mais directement dépendante de la vitesse de translation de la Terre et de sa direction. Plus tard (1748), en poursuivant ses mesures selon la même méthode, il découvrit la nutation, encore un phénomène relatif au mouvement de la Terre, mais toujours pas de parallaxe.

Pourquoi la mesure des parallaxes stellaires qui s'avérait donc fort délicate devait-elle enfin aboutir au XIX^{ème} siècle ? Pour deux raisons indépendantes qui se conjuguèrent heureusement. En premier, le perfectionnement des instruments, tant du point de vue optique (des lunettes en l'occurrence) que du point de vue des montures. Fraunhofer, dont nous devons reparler à propos des spectres, fut un remarquable inventeur et constructeur d'instruments et son "héliomètre" fit merveille. En second lieu, l'accumulation des observations et des mesures mettait à la disposition des astronomes des données fiables sur les positions des étoiles. En particulier, ces données faisaient apparaître certaines étoiles à mouvements apparents plus rapides que pour la moyenne des étoiles : un indice de relative proximité de l'astre. En tout cas, on avait échoué dans cette mesure depuis plus de cent ans quand les années 1838-1840 apportèrent du nouveau, et du nouveau surprenant.

Bessel, en 1838 avec l'héliomètre de Fraunhofer, obtenait 0.31" pour la parallaxe de 61 Cygni (en 1840, il corrigeait : 0.348"). Autrement dit cette étoile se situe à quelques 9.36 années de lumière du système solaire ou si vous préférez 2.9 parsecs du système solaire.

La même année, F.G.Wilhelm Struve, le fondateur de la dynastie des astronomes de ce nom, obtenait à Dorpat la parallaxe de Véga 0.26" soit quelques 12.5 années de lumière ou 3.8 parsecs.

En 1840 encore, Henderson et Mac Lear qui observaient du Cap obtenaient 0.98" pour la parallaxe de Centauri. On retient 0.76" aujourd'hui pour cette étoile qui semble bien la plus proche de nous à quelques 4.3 années de lumière. Dans un poème de Supervielle, le chênese découvre, "je ne me savais pas si feuillu !"; l'homme découvre l'Univers, il se savait dans un Univers très riche, il ne se doutait pas d'être aussi isolé...

En 1900, une cinquantaine de parallaxes stellaires étaient mesurées de cette façon (on les dit aussi parallaxes trigonométriques). Les résultats ne constituaient pourtant pas une totale surprise. La difficulté de la mesure tenait à la petitesse de l'angle à mesurer. Par conséquent, des distances très grandes. Si grandes que cela ? Un genre d'étonnement devant l'étendue spatiale de l'Univers qui aura dans la suite maintes autres occasions de se manifester.

Auparavant, l'astrophysique allait naître.

L'ASTROPHYSIQUE

Sans doute est-il hasardeux de fixer avec précision la date de naissance de l'astrophysique. Avant la naissance proprement dite, il y a les gestes annonciateurs des ancêtres. Quand Descartes, en 1637 dans Les Météores, explique l'arc en ciel, il met le doigt sur l'analyse de la lumière. Quand Newton réalise la synthèse de la lumière blanche avec son fameux disque ou quand il obtient les anneaux de diffraction, il approfondit cette analyse de la lumière. N'est-ce pas Fraunhofer qui donne naissance à l'astrophysique quand il dresse le premier catalogue des raies du spectre solaire ? En 1849, alors que Foucault note le renforcement de la raie D du spectre solaire lorsque la lumière traverse un arc électrique au sodium, Kirrchoff et Bunsen à Heidelberg dégagent les lois de la spectroscopie. Alors on peut dire que la gestation est arrivée à son terme.

Pannekoek a raison d'écrire : "L'analyse spectrale est le plus puissant outil que la physique ait fourni à l'Astronomie au XIX^{ème} siècle." On peut dire que l'astrophysique est née avec les travaux de Huggins qui, en 1956, à Londres, avait construit son observatoire privé à Tulse Hill. Il y accumulera les observations de spectres d'étoiles ou de nébuleuses. En 1868, il appliquera même le principe de Doppler au spectre de Sirius, un décalage de deux dix millièmes des raies correspondant à une vitesse de 50 km/s.

L'astrophysique fournit maintenant des ressources nouvelles pour évaluer des distances au delà de ce qui est accessible aux parallaxes trigonométriques. On va donc pouvoir se poser les questions qui étaient déjà celles du vieil Herschel : La voie Lactée représente-t-elle tout l'Univers ? Mais se les poser autrement et avec d'autres moyens pour y répondre : les amas ouverts ou globulaires sont-ils des objets de la Voie Lactée ? Et les autres nébuleuses ? Y a-t-il d'autres "univers-îles" comme on eut l'idée de dire ? Grand débat, à venir, celui de notre temps.

(à suivre)

K.Mizar

DES DIAPOSITIVES DE CONSTELLATIONS FACILES A FABRIQUER

Matériel : papier canson noir, un jeu d'aiguilles à coudre de tailles diverses, un disque d'alignement vendu avec les miniciels de Pierre Bourge, des caches de diapositives.

Construction : découper un morceau de Canson de la taille d'une diapo, le placer sous le disque à l'endroit de la constellation choisie et piquer les étoiles avec des aiguilles plus ou moins fines selon la magnitude apparente des étoiles. Il ne reste qu'à monter le canson dans un cache et à projeter. Quelques essais permettront d'arriver à d'excellents résultats; il est conseillé de travailler sur un matériau dans lequel les aiguilles s'enfonceront facilement.

Les enfants, même très jeunes, aiment beaucoup cette activité.

Idée d'utilisation : projeter quelques unes de ces diapos (le nombre dépend de l'âge des enfants) en faisant compter les étoiles ; dire à quoi ça ressemble, donner leur nom, leur légende... suivant le temps dont on dispose. Les repasser dans le même ordre en les nommant. Puis varier l'ordre. Les enfants doivent noter celles qu'ils reconnaissent (partie silencieuse - c'est l'interrogation ! mais on peut aussi constituer des équipes qui se concertent avant de donner leur réponse). On propose de repasser les diapos dans le même ordre pour être sûr de ce qu'on a trouvé. Enfin un dernier passage permet de vérifier les réponses..., on compte les points!

Cette méthode permet de voir les formes cinq fois de suite sans ennui, et si vous avez la chance, à ce moment là, de pouvoir sortir sous un ciel étoilé, vous serez surpris de la joie des enfants qui reconnaissent dans le ciel "leurs" constellations.

Une autre idée de fabrication (elle est d'Alphonse Delavergne) : dessiner sur une feuille blanche une constellation où les étoiles sont marquées par des gommettes noires de diamètres différents selon leurs magnitudes (on peut décalquer sur un atlas).

Il suffit de photographier le tout, avec un film noir et blanc, le développer et monter directement les morceaux de film dans les caches de diapositives.

Jeanine Chappelet
Association du planetarium du Collège Valéri
Nice

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

UNIVERS, LES THEORIES DE LA COSMOLOGIE CONTEMPORAINE

par Jacques Desmaret, 311

pages, (140F), éd Le Mail.

Ce livre, primé en 1992 au festival d'astronomie de Haute Maurienne, présente un large panorama de la cosmologie contemporaine, inscrit dans une perspective historique. Le texte est clair mais dense et parfois difficile. D'entrée de jeu, l'auteur précise : "le niveau adopté est celui de la vulgarisation, telle que la souhaite par exemple Bernard d'Espagnat, c'est à dire qui s'approche le plus près possible du lecteur en éliminant toutes les technicités du formalisme mathématique, mais qui demande de sa part, un certain effort de réflexion, inévitable si on ne veut pas travestir le discours scientifique en le dissolvant dans de vagues analogies bien souvent trompeuses."

Le premier chapitre passe en revue les grandes options cosmologiques des philosophes et théologiens avant le XX^{ème} siècle : univers fini ou infini, éternel ou limité dans le passé ou l'avenir, créé ou incréé... Ces idées, réponses de l'humanité aux questions métaphysiques que se pose tout individu sont intéressantes pour elles-mêmes mais aussi parce qu'elles ont souvent pesé sur les choix des chercheurs en quête de modèles d'Univers ; en effet savants, ils n'en sont pas moins hommes !

L'auteur nous montre ensuite comment, vers 1920, la cosmologie scientifique issue de la relativité générale a commencé à apporter pour la première fois des réponses objectives à ces questions. Progressivement, l'idée d'un univers évolutif (idée inexistant dans la tradition philosophique) s'impose par la théorie et l'expérience. Une discussion minutieuse montre pourquoi le modèle standard que nous connaissons (ou que nous croyons connaître), celui du Big Bang, reste seul en lice parmi les multiples autres modèles fournis par la relativité générale. Ainsi arrivons-nous à la moitié du livre.

On a dit, à juste titre, beaucoup de bien du modèle standard, mais pour aller de l'avant, il faut plutôt considérer ses insuffisances : il n'explique pas l'absence d'antimatière, pas plus que l'isotropie de l'Univers et c'est là un problème épineux. Enfin il prévoit une singularité initiale; s'agit-il simplement d'une extrapolation mathématique marquant la fin de validité du modèle, mais quelle étrange réalité physique se cache par là?

Des théories plus élaborées sont proposées pour résoudre ces problèmes; bien qu'aucune n'ait reçu la nécessaire confirmation expérimentale, elles constituent des pistes de recherche pour bâtir la cosmologie de demain.

Citons les modèles d'Univers chaotiques, inflationnaires, (pouvant déboucher sur des univers multiples existant parallèlement). Sont à considérer aussi la grande unification des interactions faibles, électromagnétiques et fortes qui semble à portée de la main et les théories plus lointaines et plus ambitieuses de la superunification - c'est à dire incluant la gravitation - théories de la supergravité, des supercordes... Arrivé là le lecteur peut souffrir d'un peu (ou beaucoup)d'essoufflement !

Les trente dernières pages du livre sont consacrées au principe anthropique, réflexion philosophique sur la relation entre l'homme et l'Univers. Des déconvenues anciennes ont amené l'humanité à beaucoup de modestie - trop de modestie ? L'humanité n'est qu'une infime poussière dans l'Univers, en volume assurément, mais en importance ? Le développement de structures aussi complexes a nécessité des conditions très particulières, et puisque nous existons c'est qu'elles ont été réalisées dans l'Univers. Mais les théories prévoient bien d'autres univers où nous n'aurions pas notre place. Notre univers si particulier à divers titres est hautement improbable...

mais il existe et nous aussi... Alors, a-t-il été "fait" pour nous ? ou mieux, par nous ?... La théorie quantique ne nous a-t-elle pas appris que l'observateur perturbe le système qu'il étudie et influe donc sur son évolution ? L'homme observateur de l'Univers peut-il participer à sa genèse ? Cette formulation est volontairement abrupte, et il conviendrait, avant de juger, de lire les développements sérieux de ces idées dans la conclusion du livre. Mais si ces considérations vous agacent, qu'elles ne vous détournent pas de lire le reste de cet ouvrage fort intéressant.

Annie Laval

KEPLER

roman par John Banville, traduit de l'anglais (Irlande) par Michèle Albaret, 280 p. (125 F), éd Flammarion 1992.

Il n'est pas habituel de proposer à la Marquise et à ses amis la lecture de romans. Mais ne doit-on pas faire une exception lorsque le titre est Kepler ? Ce n'est pas si souvent que le roman historique choisit pour héros un personnage scientifique. Réjouissons-nous donc que soit mise à la disposition du grand public "l'aventure" de Kepler qui vaut bien d'autres grandes aventures de l'humanité. La conquête des lois du mouvement des planètes peut bien être source de méditation et de rêve autant que la découverte de l'Amérique ... ou toute autre conquête réalisée à force de volonté et de génie. La pensée scientifique et son histoire font partie intégrante du patrimoine de l'humanité et à ce titre devraient être répandues pour le bénéfice de tous, alors qu'on a plutôt tendance à croire qu'elles sont réservées à un cercle restreint d'initiés.

Des critiques littéraires ont été faites ailleurs et ce n'est ni ma compétence ni mon propos. Je dirai seulement que ce roman est riche et attachant. Entre autres choses, il rend très bien le foisonnement des idées qui agitent Kepler, homme encore marqué par le moyen-âge, et d'où jaillit, après un cheminement complexe, la clarté limpide des célèbres lois. Fera-t-on grief à l'auteur de ne pas leur avoir réservé une place en proportion de leur grandeur ? C'est, je crois, vérité historique, les contemporains n'ont sûrement pas mesuré immédiatement toute l'importance de la découverte exemple, le peu d'intérêt porté par Galilée... ce qui désolait Kepler.

C'est un roman, donc la règle est de laisser à l'auteur la liberté de son imagination, mais l'esprit de l'ensemble me paraît juste ; la réalité et la fiction sont continûment tissées pour réaliser une fresque vivante où évolue Kepler avec ses grands et petits problèmes dans une Europe en mutation plus ou moins tumultueuse...

A.L.

EINSTEIN 1905

De l'éther aux quanta, par Françoise Balibar ; collection "Philosophes" 128 p. (38 F), éd PUF 1992

Je veux le dire tout de suite, haut et fort, pour être entendu de tous, ce petit livre est un GRAND LIVRE. Il porte le numéro 35 de la collection "Philosophes" où, bien sûr, vous trouvez des titres qui n'entrent peut-être pas dans le domaine de vos réflexions, encore que "Carnot et la machine à vapeur" ou "Heidegger et la question du temps"... Mais vous avez certainement gardé souvenir du n°1 de la collection, "Galilée, Newton lus par Einstein" par le même Auteur Françoise Balibar à qui nous devons l'édition en français des oeuvres choisies d'Einstein (quatre volumes parus sur les six annoncés).

Dans le livre actuel (que je noterai E1905), vous retrouverez la formule qui ne peut pas ne pas vous avoir enchanté dans le Galilée ... (que je noterai GNE). Souci permanent de clarté et de profondeur en choisissant des citations et en les commentant juste comme il faut. Ce faisant, l'Auteur nous donne une leçon de physique qui, je le présume, ébranlera plus d'un parmi nous, si j'en crois l'heureux effet de cette lecture sur les idées que je me faisais du concept de champ.

Dans E1905, Françoise Balibar nous propose de suivre l'évolution des idées depuis la conception newtonienne des "forces à distance" jusqu'à

celle de champ électromagnétique qui conduit Einstein au concept des "quanta de lumière". Dans ce petit livre, trois grands chapitres : 1. L'éther, le champ, l'espace ; 2. L'éther et l'opposition continu/discontinu ; 3. Einstein ou l'achèvement du concept de champ.

Petit livre par son format, je ne conseille pourtant pas de le lire à la cadence d'un polar de poche. J'ai trouvé, personnellement, grand profit à une lecture plus lente. Il est vrai que je me suis senti, au cours de cette lecture, un vrai attardé du newtonisme. Cette belle théorie conduisait à de si belles applications qu'elle séduisait sans mal ceux qui la pratiquaient, même au niveau modeste de "mécanique rationnelle" comme on disait encore, il y a soixante ans, dans les vieilles facultés. Et pourtant comme l'écrivait Hermann Weyl, "la force de Newton est une liaison entre deux corps qui joignent leurs mains au-dessus d'un abîme". Cela aurait du nous paraître très étrange. J'avoue avoir été, à l'époque, moins inquiet de cet abîme que ravi des performances. Quels beaux problèmes résolus, au moins sur le papier !

C'est donc Faraday, un expérimentateur, qui introduit l'idée de champ dans un domaine où les interactions se prêtent à l'expérimentation, les interactions électriques et magnétiques : importance des lignes de force. Maxwell part de la "contemplation" de ces lignes de force pour aboutir à une formulation mathématique.

Ce qui pose le problème fondamental de la géométrie. F. Balibar souligne l'importance dans cette histoire du discours d'habilitation de Riemann (1854) "Sur les hypothèses qui servent de fondement à la géométrie". Discours de mathématicien, évidemment mais repris et complété en physicien par Einstein dans son fameux texte "La géométrie et l'expérience" (volume 5 des Oeuvres choisies, p.70), des pages que je relisais au moins une fois par an quand j'essayais d'enseigner des mathématiques. Bien sûr, à partir de maintenant, plus question de confondre l'espace de Faraday qui est un "milieu" et l'espace de Riemann qui est un être mathématique.

A un certain stade du développement de la pensée physique, l'espace géométrique ne pouvait avoir des propriétés physiques que si celles-ci étaient portées par un milieu. L'éther, en tant que milieu, apparaissait comme une nécessité.

La deuxième partie du livre sur l'opposition continu/discontinu me paraît particulièrement passionnant : "comment concilier le caractère continu du champ avec l'existence de plus en plus avérée d'atomes de matière ?" Dans la théorie de Maxwell, le continu et le discontinu, le champ et la matière ne sont pas séparés. Alors intervient "l'acte libérateur de Lorentz", comme disait Einstein : priver l'éther de ses qualités mécaniques et la matière de ses qualités électromagnétiques. Bienfaits de l'alternance (ou pour faire avancer les idées, il faut secouer les têtes) : "chez Maxwell, l'interaction entre le champ et la matière était difficile à penser parce que les deux concepts étaient trop mêlés l'un à l'autre ; chez Lorentz, elle l'est parce qu'ils sont trop fortement séparés."

La synthèse einsteinienne développée dans le troisième chapitre est une lecture commentée de l'un des articles publiés par Einstein en 1905, "Un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière." (Oeuvres choisies, tome1, PP39-53).

Tout ce que je viens d'écrire est d'une ridicule pâleur par rapport au livre dont je voudrais encore souligner l'exceptionnel intérêt. Au moins puis-je témoigner de l'effet que m'a procuré sa lecture. Je n'ai plus la même idée vague de champ que je véhiculais plus ou moins consciemment. Effet presque magique des citations abondantes si bien choisies par Françoise Balibar. Il faut que notre Auteur ait su lire les textes originaux pour nous en donner une aussi claire connaissance. Preuve qu'un enseignement historique de la science est sans doute celui qui va au plus profond de des idées.

P-S. Je venais d'écrire cette note quand deux nouveaux livres sont venus tomber sur ma table : Einstein par Jacques Merleau-Ponty (collection "figures de la science", 300 p., (120 F), éd Flammarion 1993) et Einstein philosophe par Michel Paty (collection "philosophie d'aujourd'hui", 584 p. (392 F), éd PUF 1993). Je n'ai pas la compétence pour analyser ces ouvrages savants mais je crois utile de les signaler aux amis de la Marquise et de risquer une remarque à leur sujet.

Jacques Merleau Ponty nous est connu pour son intérêt pour la cosmologie. Il a publié, en 1965, "Cosmologie du XX ème siècle" (éd Gallimard) et, en collaboration avec Bruno Morando, en 1971, "Les trois étapes de la cosmologie" qui fait partie de la bibliothèque de base des amis de la Marquise. Dans le livre actuel, trois parties : 1. "Un homme dans le siècle", une centaine de pages et c'est trop peu pour une vie aussi remplie que fut celle d'Einstein dans un siècle aussi bouleversé ; 2. "L'oeuvre scientifique" et c'est encore une centaine de pages seulement qui privilégient la relativité sur les quanta et qui ne peut présenter qu'un survol de haut ; 3. "La philosophie" tente un tableau complet de la pensée du savant en 25 pages et, compte tenu de la brièveté du message, cette troisième partie m'a parue très réussie. J. Merleau-Ponty, j'ai omis de le rappeler, a participé avec Françoise Balibar à la réalisation du tome 5, "Science, éthique, philosophie" des Oeuvres choisies d'Einstein, il connaît donc bien les meilleures sources.

Je suis loin d'être au bout des 584 pages du livre de Michel Paty et sans être loin de là expert en la matière, je sais déjà que c'est un livre auquel on se réfèrera longtemps. La liste de ses neuf grandes parties souligne l'ampleur de l'étude :

1. Einstein savant et philosophe (le rapport entre pensée scientifique et philosophie).
2. La genèse et l'obstacle ou l'invention raisonnée (sur la relativité restreinte).
3. Théories et principes, de la fondation à la signification.
4. La pensée de l'espace-temps et l'objet de la relativité restreinte.
5. L'extension à la relativité générale.
6. Physique et géométrie : avant la relativité générale.
7. Physique et géométrie : interprétation et construction.
8. Parcours épistémologique.
9. Construction théorique et réalité.

Evidemment, ces trois livres sur Einstein se complètent. J'avoue ma préférence pour le petit livre de Françoise Balibar, c'est court et percutant, on est plongé dans la physique et invité à la comprendre philosophiquement. Merleau-Ponty nous donne une vision plus globale du phénomène Albert Einstein. Paty, à loisir, nous en fait comprendre toutes les richesses... G.W.

CHASSEURS D'ETOILES

par Michel Maurette ; introduction par Dominique Lecourt, collection "Questions de science", 172 p. (85 F), éd Hachette-Cité des Sciences et de l'Industrie 1993.

Le titre du livre ne doit pas nous égarer, l'ouvrage concerne les météorites et dresse un tableau impressionnant de leur intérêt scientifique: "Les météorites de toute taille sont les archivistes fabuleux de l'histoire primitive du système solaire."

Tout d'abord classer les objets de l'étude : micrométéorites de moins de un millimètre, météorites au-dessus du centimètre, minimétéorites entre les deux. Mais il y a bien d'autres classifications, en particulier selon la composition révélatrice de la plus ou moins grande primitivité. Car c'est cela le plus passionnant encore que les souvenirs des premiers explorateurs et chasseurs de météorites, tel Peary en Arctique, à la recherche de la Montagne de Fer des Esquimaux, ne manquent pas de pittoresque.

Un des grands attraits du livre de Maurette est d'entrer dans le détail du calendrier présolaire. Remonter à quelques centaines de millions d'années avant la formation du Soleil (donc bien avant que l'année existe, cette durée de révolution d'une petite boule autour du Soleil) alors que dans un gigantesque nuage (gigantesque mais intérieur à la Galaxie beaucoup plus vaste que lui) se sont formées des étoiles géantes à vie courte de première génération suivies d'étoiles de deuxième génération déjà enrichies en éléments lourds. Autrement dit, préhistoire du système solaire, fragmentation du nuage géant et générations successives d'étoiles géantes. Pour finir, une géante évoluant en nébuleuse planétaire au sein de laquelle vont se former des petites étoiles du genre Soleil. Ce modèle développé par A.G.W.Cameron en 1991 a l'intérêt de combler un vide entre la formation des galaxies donc de la Galaxie et celle du Soleil et des planètes.

Car vient alors la période capitale pour nous, de l'ordre de la centaine de milliers d'années, au cours de laquelle se forme le Soleil et où les planètes atteignent progressivement et assez vite leurs tailles. Sachant qu'il y a aussi des matériaux inutilisés qui vont continuer à circuler autour du Soleil. Pour la Terre, avouons que c'est la planète qui nous intéresse le plus, se pose le problème supplémentaire de l'apparition de la vie. Les micrométéorites peuvent avoir joué un rôle en apportant certaines molécules prébiotiques. Ils peuvent aussi avoir joué un rôle dans l'extinction de certaines espèces, comme les dinosaures, ce qui nous a permis pauvres petits mammifères de rien du tout de nous développer.

Avoir un météorites pour aïeul me fait beaucoup rêver... G.W.

17 CADRANS SOLAIRES

par Gérard Oudenot ; éd du Léopard (23 rue de la Citadelle, 64220 St Jean Pied de Port).

Une présentation très soignée de découpages et pliages qui conduisent à la réalisation de cadrans solaires de types variés.

ECLIPSES DE LUNE ET DE SOLEIL

numéro 1043 des BT (Bibliothèque du Travail) de Célestin Freinet. Ce numéro conçu par Jean-louis Heudier, Jeanine Chappellet et Maurice Berlelot comporte des schémas très clairs illustrés par des photographies réalisées par les équipes animées par les Auteurs. Un document recommandé pour écoles et collèges.

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

Compte rendu du stage organisé par Jean-Paul Parisot à l'Observatoire de Bordeaux avec la collaboration de J.Colin, C.Dumoulin et J.Sert. Au sommaire : Histoire du calendrier. Astronomie des Egyptiens. Naissance de l'astrophysique et développement de la mécanique céleste. Cosmologie et problèmes en suspend. Exploitation du calendrier des Postes.

LES MOITIES MASCULINES ET FEMININES DU CIEL

astronomie de quelques tribus guyanaises par E.Magano Torres ; brochure n°1, octobre 1992 des Cahiers du CDSA (34 bd Cabral, 97200 Fort de France, Martinique).

DES LETTRES DES AMIS DE LA MARQUISE

Il est toujours utile de rappeler que les auteurs des notes de lecture sont seuls responsables des avis qu'ils émettent. Il est donc toujours bienvenu que des lecteurs apportent d'autres avis ou des compléments d'information.

De René Liotta, animateur du club astro du lycée Fabert à Metz, ces remarques à propos de Galilée :

"Sarsi (cf CC 60 p.30) est le pseudonyme utilisé par le Père Grassi, éminent savant jésuite, professeur de mathématiques au Collège Romain, lorsqu'il animait une controverse dans laquelle son ordre aurait pu être compromis. Cette dissimulation était habituelle à l'époque, et généralement percée à jour très rapidement, mais les conventions de chacun acceptaient qu'on fasse semblant de ne pas savoir ! Nous avons du mal à comprendre

ces procédés à notre époque, mais ils n'étaient pas que négatifs. Ainsi voit-on Galilée, lorsqu'il découvre les phases de Vénus, envoyer à Kepler un anagramme en latin : "Haec immatura a me jam frustra leguntur, o, y" c'est à dire : "En vain ces choses sont lues par moi prématurément" qui deviendra le moment opportun : "Cynthia figuras aemulatur mater amorum" ou encore "la mère des amours-Vénus- imite les figures de Diane - la Lune." Ainsi Galilée avait-il assuré son antériorité pour la découverte des phases de Vénus.

Un autre aspect particulièrement intéressant des relations des savants de cette époque est leur échange de correspondance critique mais chaleureuse. Je ne prendrai qu'un seul exemple parmi les nombreux correspondants avec lesquels Galilée échangera des informations, celui de Balliani. Balliani est un notable génois, amateur de mécanique. Pendant trente ans, il fait part à Galilée de ses essais et, réciproquement, ils se critiquent sur les méthodes employées, ou s'approuvent, mais à aucun moment on ne sent le moindre sarcasme. Avec Mersenne, Descartes et d'autres encore, le ton sera le même et force l'admiration. De nos jours, si nous avons découvert avec quelque stupeur le parcours scolaire de M de Gennes (comment peut-on devenir Prix Nobel sans être passé par les voies universitaires classiques?) que dire de Copernic ou de Galilée, poursuivant leurs études en dilettantes, et ne prenant pas la peine de recevoir leurs grades ! Si Galilée vivait aujourd'hui, qui l'écouterait ?

Autre chose, dans le CC 59, p.21, je lis "Galilée est dûment averti...". Le déroulement de ces événements tels que vous les présentez me paraît en contradiction avec ce que j'ai réuni sur cette période particulière.

D'après les documents que j'ai lus, le décret du Saint-Office mérite quelques éclaircissements : 4 jours après leur convocation, les qualificateurs du Saint-Office donnent leur avis sur les propositions suivantes :

1. le Soleil est le centre du monde et totalement immobile de mouvement local ;
2. la Terre n'est pas le centre du monde, ni immobile, mais elle se meut toute, avec un mouvement diurne.

Le verdict des qualificateurs fut de condamner ces propos comme hérétiques, mais sous la pression des Cardinaux, le verdict fut écarté et ne fut publié que 17 jours plus tard. Le 5 mars 1616, la Congrégation générale de l'Index émet un décret plus modéré avec la suppression de la mention "hérétique" et condamnant la doctrine pythagoricienne (de l'héliocentrisme) et le "de Revolutionibus", ainsi que les livres des Pères Carmes Paolo Antonio Foscarini et Diego de Zuniga qui seront interdits.

Il semble bien que lors de sa visite chez Bellarmin, qui se serait produite sensiblement plus tard, Galilée a bien reçu lecture du texte, par un visiteur inopiné, mais pas la communication officielle qui l'aurait mis dans la situation de rébellion s'il avait continué à professer cette doctrine condamnée. Or il semble bien que les choses se soient passées ainsi, puisque le Cardinal Bellarmin délivrera plus tard à Galilée une attestation certifiant le déroulement des événements comme je les décris, et que ce dernier la produira lors de la première journée du procès de 1633..."

De Bernard Chochois (St Martin les Boulogne), ces REMARQUES D'UN LECTEUR ATTENTIF : "Pour la deuxième fois en une année, la lecture d'un article signé G.W. du dernier n° des CC (n°60, dans les dernières lignes de la page 27 et la première ligne de la p.28) a provoqué en moi un profond sentiment d'agacement. J'ai été choqué de voir ainsi la Foi chrétienne prise à partie. En quoi est-il irrationnel, pour un esprit scientifique de croire aux promesses de Dieu exprimées dans les Evangiles ? Des savants, des médecins réputés sont, comme moi modeste enseignant, des chrétiens convaincus dans leur vie privée. Il est à souhaiter que des propos de ce genre ne soient plus trouvés dans les prochains numéros des Cahiers Clairaut."

Bernard Chochois

POURQUOI FAIRE DE LA SPECTROSCOPIE ?

par Roger MEUNIER

La matière possède la propriété importante d'émettre ou d'absorber de l'énergie sous forme de lumière. Ainsi, à partir de l'étude de cette lumière, nous pouvons en déduire certaines informations sur la composition, la température, la densité de cette matière. Par exemple, la lumière solaire décomposée en ses différents éléments par un spectrographe nous instruit sur la pression, la température, les champs magnétiques ou électriques, les mouvements de la matière. L'observation fine de ces raies spectrales nous permet donc de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes physiques et ainsi de mieux comprendre le fonctionnement des différents objets de l'astrophysique.

Bien des progrès ont été accomplis depuis la décomposition de la lumière par Newton et depuis la mise en évidence des spectres d'émission et d'absorption par Kirchoff. Il n'est pas question pour un club ou un amateur de concurrencer les professionnels; nous n'en avons ni le niveau de formation, ni l'équipement. Cependant, la spectroscopie est un domaine privilégié pour tenter d'aller au delà des observations sans conclusion, des photographies qui, même de bonne qualité, sont souvent une fin en soi. Aller plus loin, c'est tenter de comprendre ce que nous cachent les images, c'est tenter de quantifier les phénomènes physiques. A travers cette démarche, nous nous affronterons au problème de la mesure: que mesurons-nous vraiment? Que voulons nous mettre en évidence? Quel lien reste-t-il entre le réel et le résultat d'une mesure? Quel modèle (conscient ou non) relie le phénomène à notre négatif, à notre tableau de mesures, à notre graphique? A notre niveau, nous ne ferons que du défrichage et nous serons souvent incapables de donner des réponses définitives aux questions précédentes...L'aventure de la spectroscopie mérite cependant d'être tentée.

Intéressé par l'étude du Soleil depuis quelques années, j'avais commencé par une étude du suivi des taches solaires pendant l'année 1989 avec des observations allant jusqu'à vingt jours consécutifs; ensuite, pour voir ce qui se passait au-dessus de la photosphère, j'ai construit un coronographe qui m'a apporté beaucoup de plaisirs visuels (et photographiques). Tout cela m'a donné envie d'aller plus loin, de comprendre les causes de l'évolution des taches, du développement des protubérances, des cycles solaires...Comme il n'existe pas de spectrographe prêt à l'emploi dans le commerce, je me suis lancé dans la réalisation d'un instrument dont j'ai trouvé le schéma de principe dans le chapitre spectroscopie du tome 2 du Guide de l'Observateur (Patrick Martinez-SAP).

DESCRIPTION SOMMAIRE.

-Un Céléstron 8 fait office de collecteur. Dans le cas du Soleil, il n'y a pas de problème de luminosité comme c'est le cas pour des objets faiblement lumineux, mais il peut être utile pour grossir des détails tels que des taches et obtenir ainsi une meilleure résolution spatiale.

-Un miroir plan de renvoi (ici le renvoi coudé du Céléstron).

-Une fente d'environ 15 microns pour le Soleil; il n'est de toute façon pas utile de descendre en dessous de 10 microns car la turbulence ne permettrait pas de profiter d'une fente plus fine. La fente est réalisée à l'aide de deux lames de cutter qui sont biseautées (on évite ainsi de la diffraction). Elles sont collées sur un support épais comportant une fenêtre de quelques millimètres de large, évitant ainsi une éventuelle flexion des lames de cutter.

-Un miroir plan de renvoi (50x40) qui peut pivoter autour d'un axe vertical.

-Un support pour filtres sélectifs (essais en cours avec des polarisants circulaires pour une meilleure mise en évidence de l'effet Zeeman).

-Une lentille achromatique de 60 mm de diamètre et 415 mm de focale; la fente est située dans son plan focal. Elle peut pivoter autour d'un axe vertical et se translater dans les trois directions. Les axes optiques de tous les éléments doivent en effet être exactement alignés. A la sortie de la lentille, les rayons sont envoyés à l'infini.

-Un réseau blazé par réflexion de 60x60 Bausch and Lomb (soit 1200tr/mm, soit 2140tr/mm). Il est réglable en translation et rotation.

-Un boîtier photo 24x36 pouvant être équipé d'objectifs de 200 à 400mm de focale. L'ensemble est fixé sur une platine pivotante dont l'axe de rotation fictif est confondu avec le plan du réseau afin de limiter les distorsions et permettre un meilleur raccord des différentes parties du spectre solaire. La platine pivotante permet d'ailleurs de ne cadrer qu'une petite partie du spectre.

-Le film utilisé est du Kodak TP2415, développé dans du D19, avec des grains de l'ordre de 5 microns, voire 3 si le développement est soigneusement fait.

PREMIERS RESULTATS OBTENUS.

-Spectre de raies solaires de 390nm à 580nm environ (résolution: 0,03nm).

-Spectre de raies d'absorption avec la fente placées sur des taches solaires où l'on peut noter un élargissement des raies très sensibles dû à l'effet Zeeman (présence de champs magnétiques de l'ordre de quelques milliers de gauss).

-Mise en évidence sur certains spectres de taches et de pénombres de taches.

-Numérisation de parties de spectres à l'aide d'un microdensitimètre de fabrication "maison". La réalisation de celui-ci s'est révélée nécessaire afin de pouvoir quantifier les différences de densité d'un négatif. C'est en fait un microscope modifié ayant les caractéristiques suivantes: éclairage halogène de qualité constante; motorisation de la platine porte-objet par un moteur pas à pas; mesure de la quantité de lumière reçue à l'oculaire par une cellule photoélectrique incluse dans un circuit comportant un milliampèremètre, celui-ci mesurant une "image" de la densité du négatif. Dans une prochaine étape, les données seront directement acquises et traitées par ordinateur.

PROJETS.

Il faudra bien sûr améliorer tout ce qui a été entrepris mais aussi:

-Voir la possibilité de mettre en évidence l'effet Doppler (matière possédant une vitesse élevée et détectable par un déplacement des raies).

-Vérifier l'existence de raies en émission dans la chromosphère.

-Faire une étude comparative d'une même région spectrale lorsque l'on place la fente à différents endroits du disque solaire (taches, facules, photosphère).

-Essayer de collecter des spectres d'éruptions chromosphériques (il faudra pour cela réaliser une fente circulaire variable).

-En plus de ces travaux spécifiquement solaires, nous tenterons quelques spectres de: Jupiter, Saturne ainsi que de quelques étoiles importantes.

Nous vous donnons rendez-vous dans un prochain numéro pour la suite du voyage dans le monde de la spectroscopie.

BIBLIOGRAPHIE.

-Introduction à l'astronomie (A. Acker-Ed. Masson).

-Astronomie: méthodes et calculs (A. Acker-Ed. Masson).

-Méthodes de l'astrophysique (L. Gouguenheim-E Hachette/CNRS).

-Guide de l'observateur T2(P. Martinez-Ed. SAP).

-Articles de D. Bardin parus dans les Cahiers Clairaut (CLEA) et la revue Pulsar

-Articles de M. Chapelet parus dans la revue Astronomie (SAF).

CELESTRON 8

MIROIRS PLANS

FENTE (0.017mm)

PORTE-FILTRES

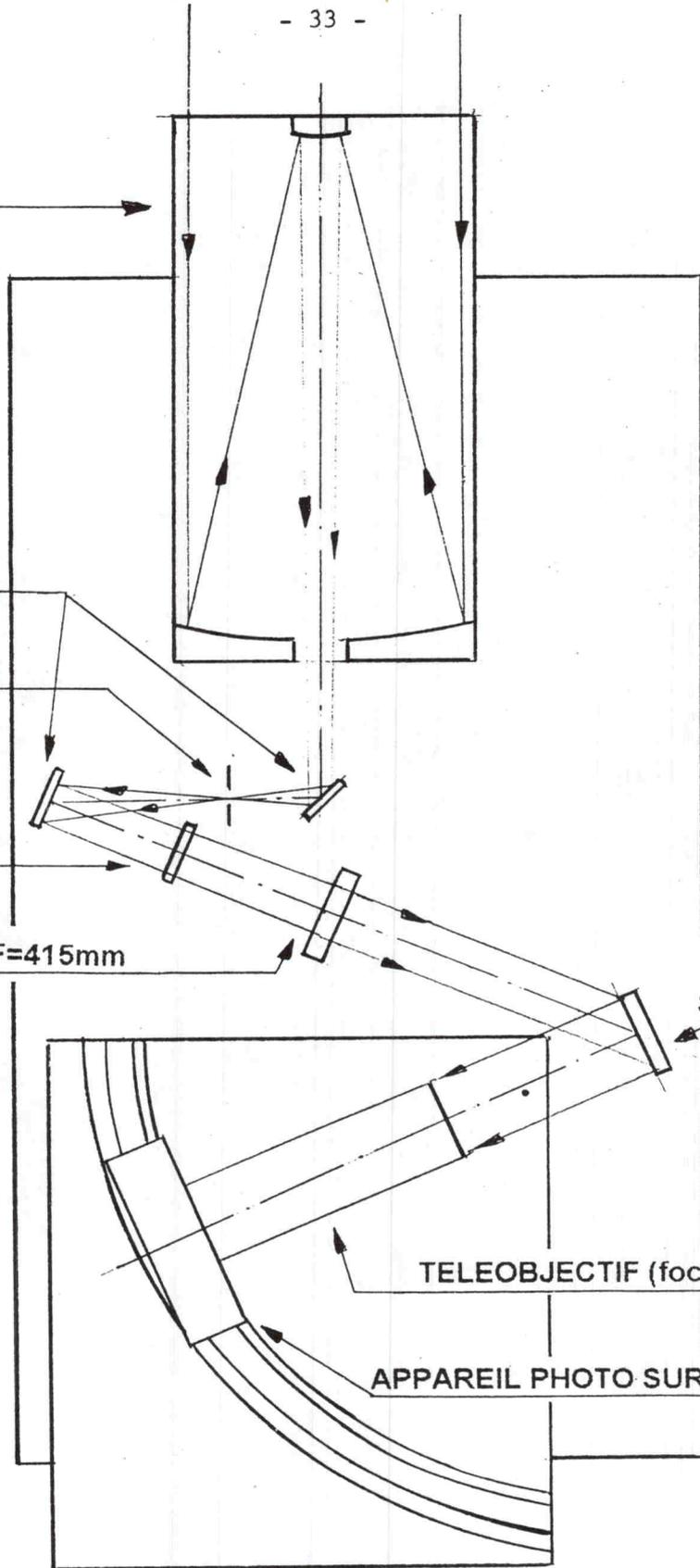
COLLIMATRICE $\varnothing 60-F=415\text{mm}$

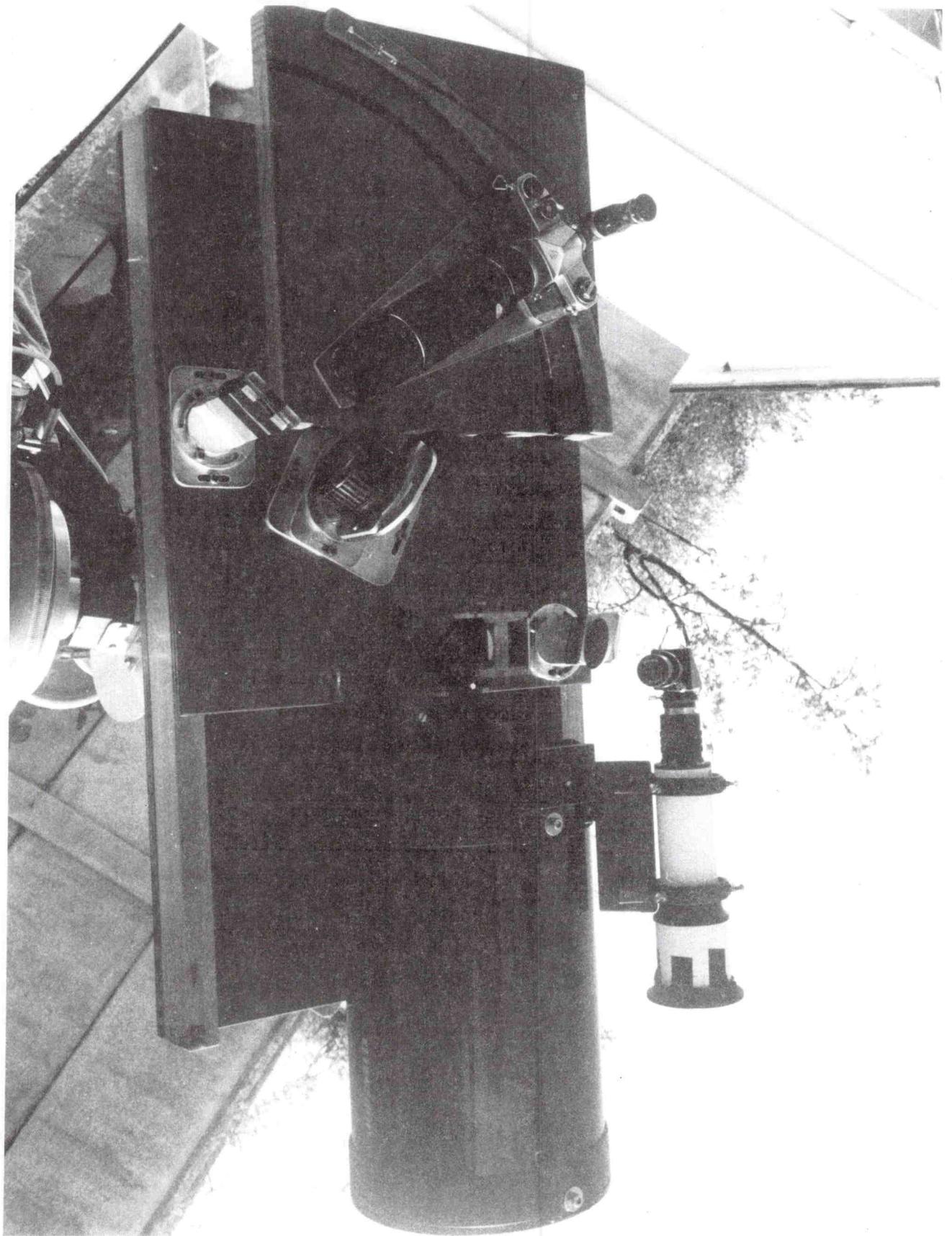
RESEAU BLAZE SUR
SUPPORT PIVOTANT

TELEOBJECTIF (focales de 200 à 400mm)

APPAREIL PHOTO SUR PLATINE PIVOTANTE

SPECTROGRAPHE SOLAIRE

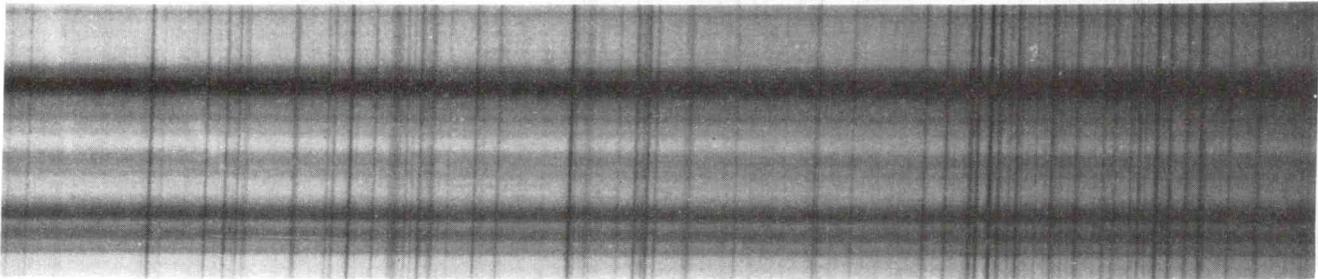




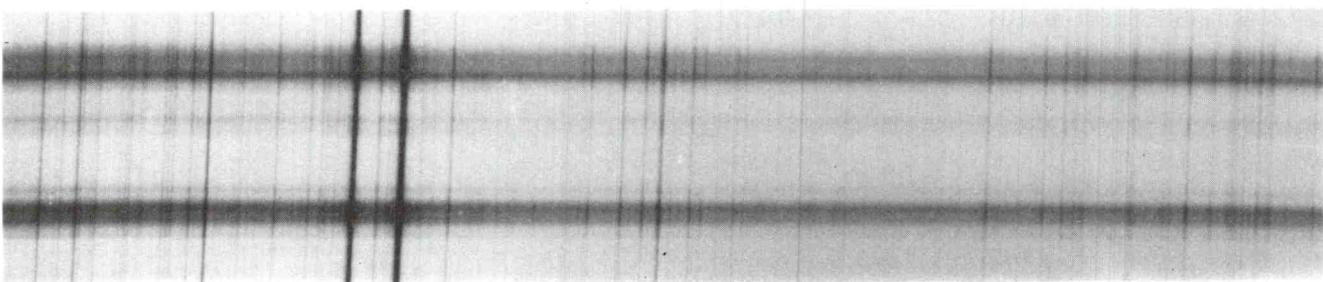
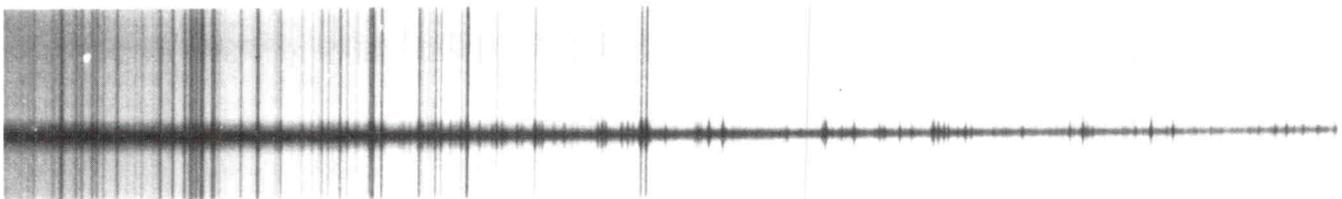
**PHOTOGRAPHIE D'ENSEMBLE DU SPECTROGRAPHE
(sans les capots anti-reflets)**

QUELQUES SPECTRES DE TACHES SOLAIRES...

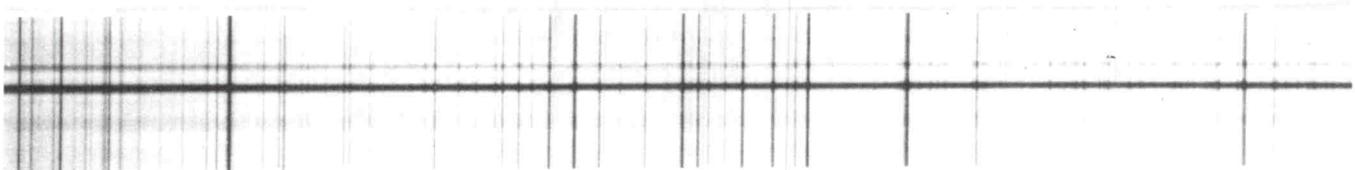
ON NOTERA DANS CERTAINS CAS UN ÉLARGISSEMENT DES RAIES QUE L'ON PEUT ATTRIBUER À LA PRÉSENCE DE FORTS CHAMPS MAGNÉTIQUES AU SEIN DES TACHES; CE PHÉNOMÈNE EST APPELÉ EFFET ZEEMAN (AU DELÀ DE CE CONSTAT, IL RESTE À FAIRE UNE ÉTUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE PLUS POUSSÉES).



SPECTRE AVEC FENTE POSITIONNÉE SUR UN GROUPE DE TACHES (ON DISTINGUE LES OMBRES ET LES PÉNOMBRES DES TACHES).

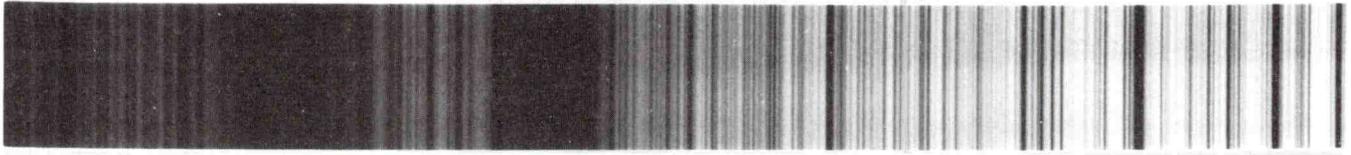


TROIS EXEMPLES D'ÉLARGISSEMENTS DE RAIES D'ABSORPTION

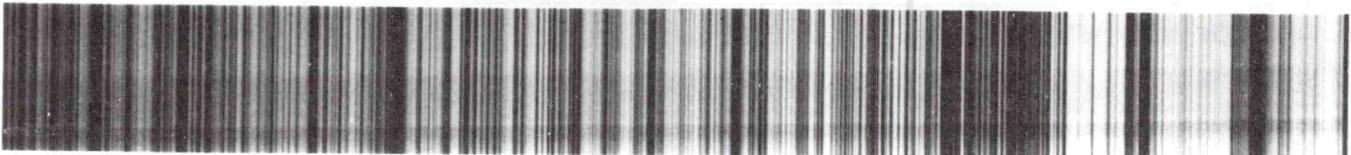


ÉLARGISSEMENT DES RAIES D'ABSORPTION DÙ À UNE TACHE D'ENVIRON 8000KM

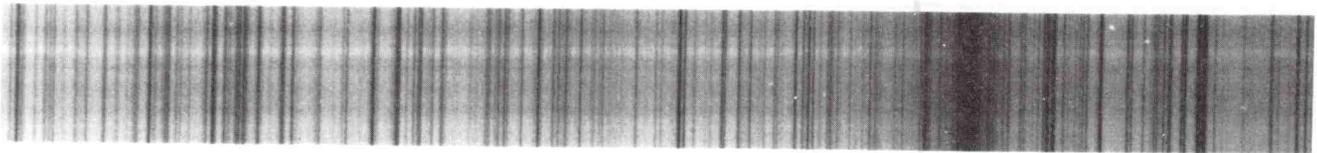
PREMIERS RESULTATS PHOTOGRAPHIQUES...



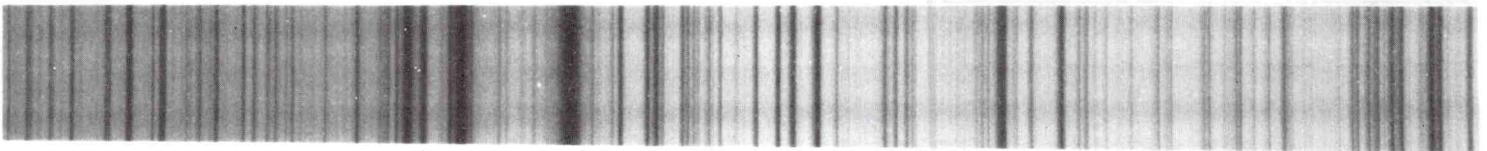
BANDE DOUBLE DU CALCIUM (RAIE K À 393.4NM ET RAIE H À 396.8NM)



MULTIPLÉ DU FER ET RAIE GAMMA DE L'HYDROGÈNE (434NM)



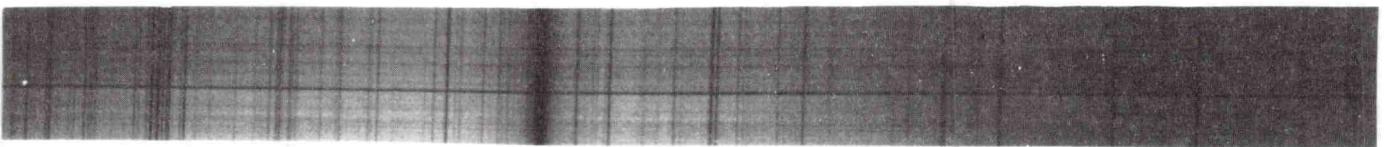
RAIE BÉTA DE L'HYDROGÈNE (486.1NM)



TRIPLET DU MAGNÉSIUM (516.7-517.3-518.4NM)



DOUBLET DU SODIUM (589 ET 589.6NM)



RAIE H ALPHA DE L'HYDROGÈNE (656.3NM)

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LES CÉPHÉIDES ET LE TELESCOPE SPATIAL HUBBLE

Il a déjà été question du Telescope Spatial Hubble (ci-après HST) dans les Cahiers Clairaut (cf n° 51 et n° 54). Tout récemment, des résultats nouveaux concernant des céphéides dans une galaxie située à environ 5 Mpc (1 Mpc = 10^6 parsecs = $3,26 \cdot 10^6$ années de lumière) ont été annoncés. Il s'agit là d'un des programmes clés du HST, fondamental pour préciser l'échelle des distances extragalactiques à partir des étoiles "chandelles standards" que sont les étoiles variables périodiques céphéides. Ces étoiles obéissent à une relation établie en 1912 par Henrietta Leavitt, qui est bien établie dans sa version moderne à la fois du point de vue théorique et du point de vue observationnel. Cette relation permet de prévoir la magnitude absolue moyenne \bar{M} d'une céphéide (c'est-à-dire sa puissance intrinsèque moyenne dans l'échelle des magnitudes) pourvu que l'on ait mesuré sa période de variation d'éclat apparent ; elle constitue l'indicateur de distance le plus solide pour établir l'échelle des distances extragalactiques. L'observation d'une céphéide dans une galaxie en fournissant la période et la valeur moyenne de l'éclat (caractérisé par la magnitude apparente moyenne \bar{m}), conduit directement à la distance d de la céphéide, qui est aussi la distance de la galaxie, par la relation: $\bar{m} - \bar{M} = 5 \log d + 25$ (avec d en Mpc). Cette méthode est limitée pour l'observateur au sol à moins d'une dizaine de galaxies, situées à moins de 5 Mpc environ, à cause du seuil de sensibilité et de la difficulté d'isoler des images stellaires individuelles qui sont élargies par la turbulence atmosphérique (effet du pouvoir de résolution effectif).

Les observations récentes du HST concernent 27 céphéides dont les périodes vont de 2 à 50 jours, appartenant à la galaxie spirale de type magellanique IC 4182, située dans la direction de la constellation des Chiens de Chasse. Des clichés CCD ont été réalisés avec une pose de 70 minutes et à différentes époques. L'intérêt du HST est ici, malgré le défaut du miroir, son aptitude à séparer des étoiles et à reconnaître leur variabilité dans un champ riche de quelques 5000 étoiles. Cette analyse a bien sûr nécessité un traitement très élaboré des données CCD. A noter que les observations ont été réalisées dans le domaine du visible (bande 5000-6000 Å), domaine où le CCD est plus sensible.

La galaxie IC 4182 a été localisée à une distance de $4,94 \pm 0,11$ Mpc. Il s'agit d'une galaxie assez proche de nous pour que le HST amoindri puisse être efficace pour la détection de céphéides. L'objectif initial plus ambitieux du HST était la détection de céphéides dans les galaxies de l'amas Virgo, situé à environ 16 Mpc. Cet objectif sera peut-être réalisable si la mission de réparation prévue à la fin de 1993 se déroule normalement.

La détermination précise des distances des galaxies proches est importante parce qu'elle constitue la base de la construction conduisant au taux d'expansion de l'Univers caractérisé par la constante de Hubble H , mesurée par le rapport de la vitesse de récession des galaxies lointaines à leur distance. La détermination de H est encore incertaine avec des estimations qui sont comprises entre 50 et $100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. La signification cosmologique de H est importante compte tenu de ce que l'on sait de l'âge de l'Univers ($t = 15$ à 18 milliards d'années) et de sa densité moyenne (caractérisée par le rapport Ω de la densité à la densité critique de fermeture de l'Univers). Dans les modèles cosmologiques simples, la durée $1/H$ est proportionnelle à t , avec un coefficient de proportionnalité supérieur à 1 et d'autant plus grand que Ω est élevé. Ainsi une valeur de H plus élevée que 85 conduirait à introduire dans les modèles cosmologiques une constante cosmologique Λ non nulle; une valeur de H aussi faible que 45 permettrait $\Lambda = 0$ même si $\Omega = 1$; enfin une valeur H voisine de 60 permettrait $\Lambda = 0$ seulement si Ω était très inférieur à 1.

La galaxie IC4182 est aussi très intéressante par le fait que F.Zwicky y a observé en 1937, une supernova qui est le prototype de la catégorie appelée "type Ia". Ce type de supernova est le résultat de la désintégration explosive d'une étoile naine blanche qui capture la masse d'une étoile compagnon et dépasse ainsi la limite de stabilité connue sous le nom de limite de Chandrasekhar, soit 1,4 fois la masse du Soleil. Ce scénario implique que la puissance intrinsèque d'une telle supernova à son maximum est une constante bien définie; cette propriété constitue un indicateur de distance pour les galaxies lointaines dans lesquelles le phénomène de supernova de type Ia est observé. La détermination précédente de la distance de IC4182 a permis de calibrer directement cet indicateur de distance à partir des céphéides. Cette calibration appliquée au cas de 35 galaxies lointaines dans lesquelles une supernova de type Ia a été observée à son maximum, conduit à une valeur $H = 51 \pm 10$. Cependant le débat sur la valeur de H est loin d'être clos. IC 4184 est une spirale magellanique (riche en gaz et en étoiles jeunes) alors que les autres galaxies lointaines à supernova sont essentiellement des elliptiques (pauvres en gaz et en poussières); des effets différentiels de métallicité et d'extinction interstellaire peuvent fausser les résultats. A suivre...

L.Bottinelli

UN CAMP INTERNATIONAL EN FRANCE EN AOUT

L'IAYC (International Astronomical Youth Camp) organise cet été son grand **camp d'astronomie en Ardèche du 5 au 26 août**, pour **60 jeunes de 16 à 24 ans**. Ce camp qui a regroupé en Allemagne en 1992 16 pays différents est un formidable lieu de rencontre où la **dimension internationale** est fondamentale et très chaleureuse. La langue du camp est l'**anglais** mais l'expérience montre qu'il ne faut pas s'effayer de cette fausse barrière, une connaissance très approximative de l'anglais suffit amplement.

Le **travail astronomique** tant théorique que pratique se fait au sein de groupes thématiques : **Astrophysics, Celestial Mechanics, Galaxies, Gravitation and Cosmology, Meteors, Practical Astronomy, Stars and stellar systems**. Chaque participant peut rejoindre un ou deux groupes pendant le camp. L'IAYC fournit les instruments nécessaires aux observations.

L'IAYC recevant des subventions de l'Europe, les frais d'inscription se montent à **2500 Francs français** tout compris. Si vous désirez des renseignements supplémentaires ou un fascicule de présentation du camp, vous pouvez vous adresser à :

IAYC 93
c/o Erwin van Ballegoy
Willemsweg 41
NL-6531 DB Nijmegen
Pays-Bas

<p>6ème Ecole d'été d'Astronomie Col de Steige (Vosges) 11 -18 juillet 1993</p>

Elle propose une mise à jour de connaissances astronomiques (exposés théoriques) ainsi que des travaux pédagogiques et permettra de se familiariser avec l'utilisation d'équipements spécialisés.

Elle sera centrée autour du thème :

La lumière des astres : les cadrans solaires

Renseignements et inscriptions au :

Planétarium de Strasbourg

rue de l'Observatoire

67000 STRASBOURG

tel : 88 21 10 40

CHRONIQUE DU C.L.E.A. - COURRIER DES LECTEURS

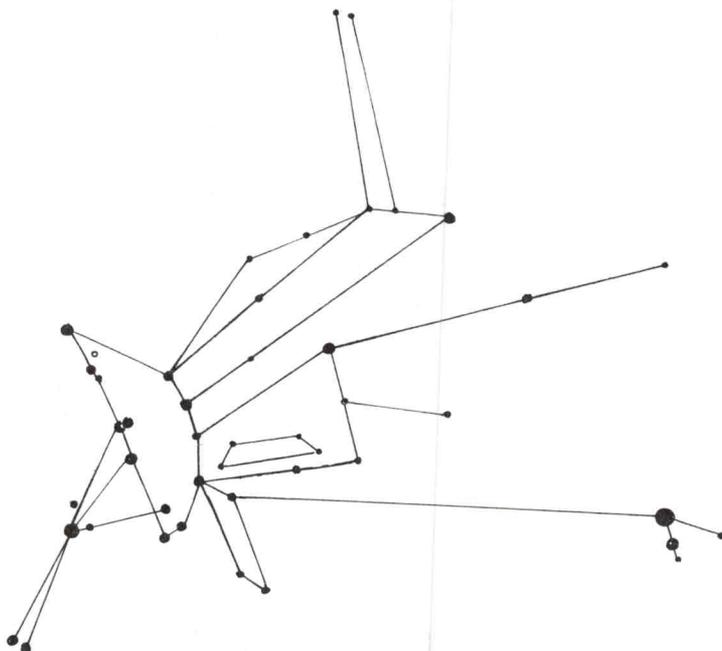
1993

En nous envoyant son dessin pour la couverture des Cahiers, notre ami Daniel Bardin ajoute ce commentaire :

"1543 : Nicolas Copernic publie son célèbre ouvrage "De revolutionibus orbium coelestium, libri VI".

1993 : 450 ans plus tard, l'Europe. Depuis 1919, l'Union Astronomique Internationale regroupe les astronomes d'une cinquantaine de nations de notre planète.

Sur la couverture des Cahiers Clairaut de 1993, Copernic, songeur, contemple une étrange carte de l'Europe astronomique ; un astérisme regroupe des étoiles-observatoires de cette constellation. Voici le dessin de cet astérisme :



On peut y reconnaître, par exemple, un satellite... imaginaire et les liaisons entre les points qui rappellent celles que le CLEA aime tisser entre tous ses amis.

Passé, présent, avenir de l'Europe... que penserait Copernic s'il revenait ?

Pour rêver et sourire un peu : Constellation des Observatoires ; Passion, Enseignement, Recherche, Nature, Investigations dans le Ciel. Si vous avez d'autres idées, aussi bien pour des acronymes différents que pour un dessin différent de l'astérisme "satellite-Europe", faites-en part à la rédaction. Merci."

On aura également noté que 1993 est l'antépénultième millésime premier du XX^{ème} siècle et que, comme Fermat l'avait dit 1993 est la somme des carrés de 12 et de 43.

ASSEMBLEE GENERALE 19921122

Faute de place nous avons omis certains communiqués dans le compte rendu de l'assemblée générale publié dans le Cahier 60 :

Jean Chapelle (Clermont-Ferrand) a animé en 1991-92 cinq demi journées de formation concernant 45 professeurs du second degré, quatre demi journées pour des instituteurs de l'IUFM. Circulation de deux diaporamas sur l'astronomie accompagnés fascicule et d'un commentaire sur cassette. Circulation d'une exposition "Découverte de l'Univers comprenant 50 panneaux de 1 mètre carré. Animation de l'Association des Astronomes amateurs d'Auvergne.

Jacques Heulin (Angers) anime l'Association Astronomique d'Anjou qui apprécie et répercute le travail du CLEA. Jacques suggère que le CLEA réalise une exposition par exemple sur les constellations, le travail étant réparti entre les divers groupes du CLEA.

P.Salort et M.Trouve animent C3A, le Club Ajaccien des Amateurs d'Astronomie. Action culturelle académique sous la forme d'accueil de classes pour des séances de 3 heures. Dans le cadre de la MAFPEN stage permettant d'accueillir une quinzaine de professeurs durant deux jours. Ces actions menées depuis deux ans ont permis de toucher environ 2000 élèves et 35 professeurs

Jeanine Chappelet anime l'Association du Planétarium du Collège Valéri à Nice. Elle propose ainsi divers programmes : une semaine la tête dans les étoiles (pour classes découvertes) à la découverte de notre environnement astronomique (pour les centres de vacances), s'amuser avec notre étoile, le Soleil, par les cadrans solaires (pour les centres de vacances), des ateliers pour les lycées ou pour les collèges, des animations en astronomie pour les classes primaires et pour les maternelles.

UNIVERSITE D'ETE 1993

Rappelons qu'une Université d'été du CLEA est organisée en 1993 par l'équipe de Marseille sous la direction de Marie-France DUVAL. Elle aura lieu à Sault 84390 du 6 au 15 août 1993. Pour tout renseignement, écrire à Marie-France DUVAL, Observatoire de Marseille, 2 place Le Verrier, 13248 MARSEILLE CEDEX 4

LETTRE D'UNE AMIE DE SOFIA

Madame Boriana Bontcheva de l'Observatoire astronomique de Sofia (Bulgarie) nous écrit :

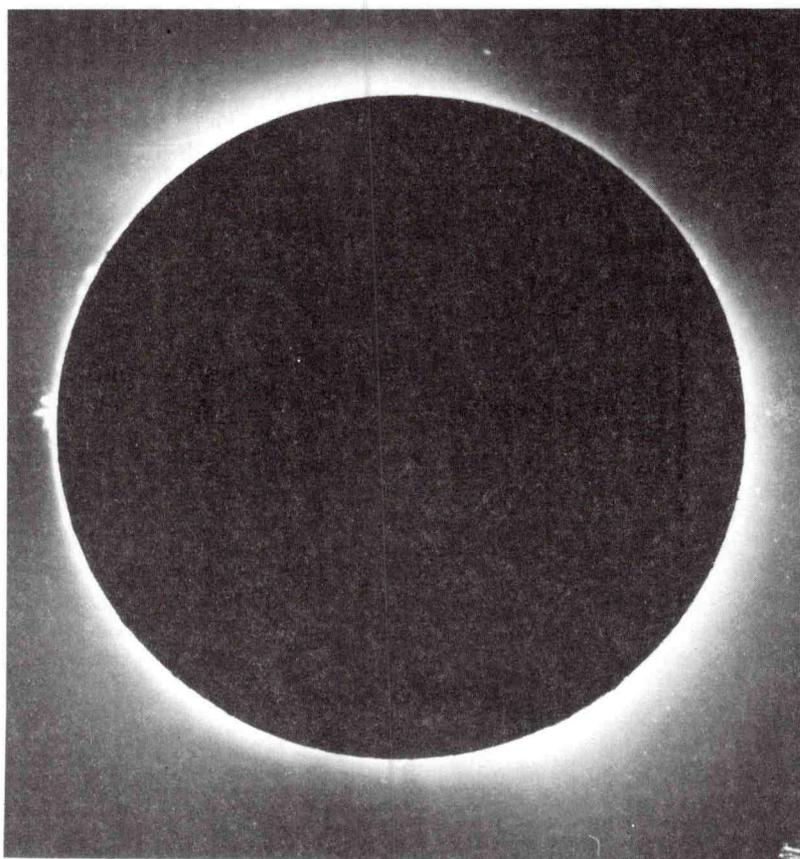
"Nous sommes des astronomes de l'Observatoire de Sofia et nous consacrons beaucoup de notre temps à la popularisation de la science en Bulgarie. Par suite de difficultés financières, l'observatoire municipal a été fermé. Aussi bien dans les écoles qu'en librairie, nous manquons de livres et de moyens de démonstration (diapos, etc). Nous nous efforçons de publier une revue pour les amateurs d'astronomie et de multiplier les moyens éducatifs."

Nous adressons nos publications à Madame Boriana Bontcheva (kv Iztok, ul Gagarin, bl98vxB, Sofia 1113, Bulgaria) et invitons tous ceux qui le peuvent à adresser livres et documents à notre amie.

OMEGA - ARDENNES - ASTRONOMIE

Nous sommes heureux d'avoir appris le 16 décembre 1992 la création de l'association OMEGA ARDENNES ASTRONOMIE dont le Président est notre Collègue Claude Mathieu. Tous les voeux du CLEA à l'OAA.

PHOTOGRAPHIE réalisée par
Gino Farroni au coronographe
fabriqué par Pascal Mazeran
monté en parallèle sur T400
à Saint Avertin
(le 31/10/92 à 11 h 52 UT)



LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

Le CLEA publie depuis quatorze ans son bulletin trimestriel de liaison, Les Cahiers Clairaut. On trouvera, page 4 de la couverture, les conditions d'abonnement et les conditions d'adhésion au CLEA.

Toutes les publications du CLEA sont conçues pour l'information des enseignants et pour les aider dans leur enseignement de l'astronomie.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

1. L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps (20F-25F)
2. Le mouvement des astres (25F-30F)
3. La lumière messagère des astres (25F-30F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (30F-35F)
5. Renseignements pratiques, bibliographie pour l'astronomie (25F-30F)
- 5bis. Complément au fascicule 5 (25F-30F)
6. Univers extragalactique et cosmologie (30F-35F)
7. Une étape de la physique, la Relativité restreinte (60F-68F)
8. Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie (60F-68F)
9. Le système solaire (50F-58F)
10. La Lune (30F-35F)
11. La Terre et le Soleil (40F-48F)
12. Simulation en astronomie sur ordinateur (30F-35F)

COURS POLYCOPIES D'ASTROPHYSIQUE (M3.C4 de l'Université Paris XI-Orsay)

- I. Astrophysique générale (30F-35F)
- II. Mécanisme de rayonnement en astrophysique (30F-35F)
- III. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire (30F-35F)
- IV. La structure interne des étoiles (30F-35F)
- V. Relativité et cosmologie (30F-35F)
- S. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil (30F-35F)

LES FICHES PEDAGOGIQUES DU CLEA, numéros hors série des Cahiers Clairaut

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
HS2. La Lune, niveau collège 1 (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour abonnés)

TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

- T1. Le TranSoLuTe (les phases de la Lune et les éclipses) (50F-55F)
- T2. Les fuseaux horaires (50F-55F)
- T3. Les saisons (50F-55F)

DIAPPOSITIVES (séries de 20 vues + livret de commentaires) chaque 50F-55F

- D1. Les phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars
- D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F - 35F)

LE CINECIEL, une sphère armillaire à monter en kit (100 F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

Grasse 1983 (58F-66F) ; Formiguères 1984 (65F-75F) ; Formiguères 1985 (100F-110F)
Formiguères 1986 (100F-110F) ; Gap 1990 (100F-110F)

Pour chaque publication, le deuxième prix est celui qui comprend les frais d'expédition et concerne donc les commandes par la poste.

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire :
Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD - Tél (1) 47 71 69 09

LE C.L.E.A. et LES CAHIERS CLAIRAUT

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1993 :

Cotisation simple au CLEA pour 1993	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°61 à 64	100 F
Abonnement aux Cahiers (n°61 à 64) ET cotisation au CLEA pour 1993	120 F
Contribution de soutien (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers Clairaut (port compris)	35 F

Possibilité de cotiser ou de s'abonner pour deux ans en doublant les tarifs précédents.

A L'INTENTION DES NOUVEAUX ABONNES, dix fascicules thématiques ont été édités ; ils réunissent des articles publiés dans les Cahiers Clairaut. Tout nouvel abonné reçoit en témoignage de bienvenue un fascicule à choisir dans la liste suivante :

FA. L'astronomie à l'école élémentaire	FF. Les potins de la Voie Lactée
FB. L'astronomie au collège	FG. Astronomie et informatique
FC. Construction d'une maquette	FH. Articles de physique
FD. Construction d'un instrument	FJ. Articles d'astrophysique
FE. Réalisation d'une observation	FL. Interprétation d'un document d'observation

COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

- C1. Collection complète du n°1 au n°60 (800F-860F)
C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 80F-90F)
C90. C91. C92. Collection 1990 ou 1991 ou 1992 (chaque 90F-100F)

Adresser commandes et inscriptions au secrétaire du CLEA
Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD
en joignant à votre envoi le chèque correspondant à l'ordre du CLEA.

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- SCPS1. Le système solaire, 10 cartes postales en couleurs (30 F)
SCPS2. Les Merveilles de l'Univers", 10 cartes postales en couleurs
présentant quelques-uns des plus beaux objets célestes (30F)
LS0. Catalogue des étoiles les plus brillantes, toutes les données
disponibles au Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de
Strasbourg concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75F)

Vos commandes sont à adresser au Service librairie, Planétarium de
Strasbourg, rue de l'Observatoire, 67000 STRASBOURG.

Directeur de la publication : Lucienne Gougenheim
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff
Dépot légal : 1^{er} trimestre 1979
Numéro d'inscription CPPAP : 61660