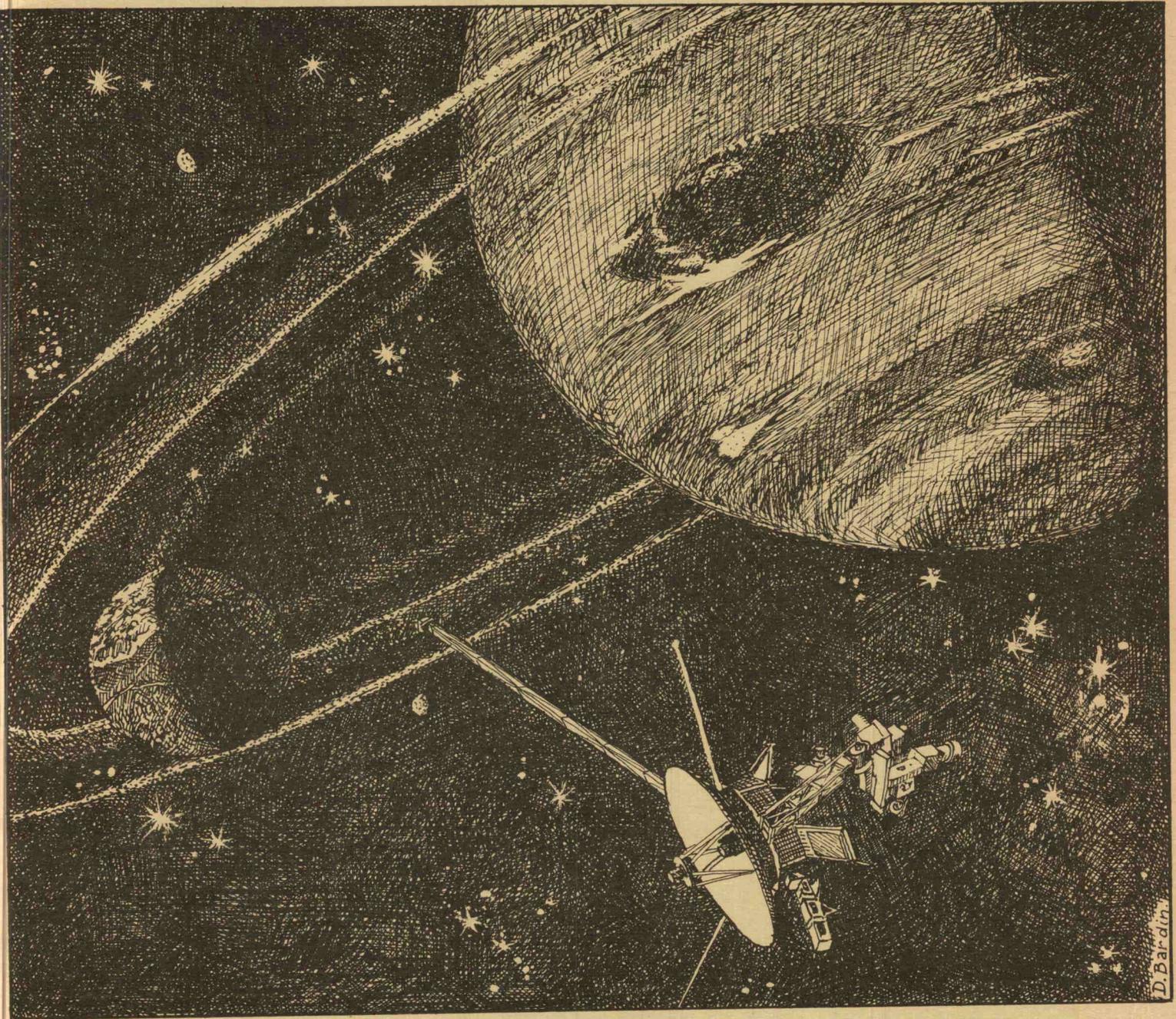


liste articles n° 0 → 50.

les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 51 - AUTOMNE 1990

ISSN 0758-234 X

LE CLEA - COMITE DE LIAISON ENSEIGNANTS ET ASTRONOMES

Le CLEA, 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'école normale. 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 publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.

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

Bureau du CLEA pour 1990

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker
Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker
Alain Dargencourt
Marie-France Duval
Hubert Gié
Jean Ripert
Catherine Vignon

Secrétaire trésorier : Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 SAINT CLOUD
tél (1) 47 71 69 09

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, Gilbert Walusinski.

LES CAHIERS CLAIRAUT

N°51 Automne 1990

	page
Un mini planétarium fabriqué par des élèves	2
Les Potins de la Voie lactée	9
Dites donc, Monsieur, les étoiles sont-elles heureuses ?	12
Texte à relire	12
Les lumières de la nuit	13
Le courrier des lecteurs	20
Au petit curieux - Optique curieuse	21
Lecture de Ptolémée (1)	22
Edouard Branly et la TSF	27
Cyrano de Bergerac et Copernic	28
A propos de la canicule	30
Lectures pour la Marquise	31
Une date à retenir	32
Index thématique des Cahiers Clairaut (numéros 1 à 50)	33
Courrier des lecteurs (suite)	36
Liste des ouvrages analysés dans les Cahiers Clairaut (numéros 1 à 50)	37
L'Assemblée Générale du CLEA	39
Index des Auteurs (n° 1 à 50)	40

EDITORIAL

Lors de son dernier séjour en France, au cours duquel elle a participé aux journées de la Société Française des Spécialistes d'Astronomie, Cécile Iwaniszewska a rendu visite au club des Pléiades, au collège Valéri, à Nice. Le séjour a été trop court, devant tous les centres d'intérêt qui se sont offerts à elle ; elle a regretté de ne pas pouvoir dialoguer davantage avec les membres du club et, de retour à Torun, elle a rédigé un texte qui s'adresse d'abord aux membres du club mais intéressera certainement aussi les autres lecteurs !

Michel Toulmonde a jugé que le cinquantième numéro des Cahiers méritait une petite célébration : il a répertorié pour nous tout ce qu'on a pu lire au cours de ces douze ans et demi, en le classant par thème et par auteur : voilà qui nous donne l'occasion de faire un (nouvel) appel à vos contributions. La liste des auteurs devrait continuer à s'allonger !

On retrouvera dans ce numéro des signatures connues : celles de René Dumont, de l'observatoire de Bordeaux, de K. Mizar, de Georges Paturel et de Françoise Suagher qui nous parle des "lumières de la nuit" : ce texte prolonge heureusement les commentaires qu'elle avait rédigés pour la série de diapositives sur "les phénomènes lumineux" que diffuse le CLEA (voir la couverture des Cahiers en page 4). Lucette Bottinelli nous raconte les malheurs du télescope spatial Hubble ; c'est peut-être l'occasion de signaler que, par contre, tout va très bien pour HIPPARCOS (voir les CC n°48) : il fonctionne si bien qu'on espère que les objectifs de la mission seront non seulement atteints, mais peut-être même dépassés...

Mais nous avons aussi reçu trois textes, tous fort intéressants, de "nouveaux auteurs". Nous ouvrons ce numéro des Cahiers avec la relation d'une expérience pédagogique réalisée par un collègue italien, V. Mascellani, dont on pourra admirer la façon dont il maîtrise non seulement la physique, mais aussi la langue française ... Merci à lui ! Les autres articles sortiront dans le prochain numéro.

La Rédaction

UN MINIPLANETARIUM FABRIQUE PAR DES ELEVES POUR ETUDIER L'ASTRONOMIE AU COLLEGE

Je vais vous présenter une activité didactique centrée sur le développement de nombreuses matières: mathématiques, sciences (optique, électricité, astronomie), histoire (mythes et légendes des anciens peuples de la Méditerranée), géographie, dessin et technologie.

L'expérience, qui a duré près de 8 mois, a permis de réaliser 3 cylindres "projecteurs d'étoiles", grâce auxquels les élèves ont pu reproduire à l'intérieur d'une petite coupole de plastique (d'environ 350 cm de diamètre) le ciel et le mouvement apparent du Soleil et des étoiles. Mon objectif n'était pas de réaliser l'appareil "du pauvre" au lieu d'un véritable instrument, plus précis, ou un instrument de substitution à l'observation du ciel, mais d'expérimenter à l'école élémentaire du premier degré (en Italie, cela correspond à des élèves de 11 à 13 ans), le développement d'une activité didactique stimulante pour les élèves. Cette activité porte sur l'étude de thèmes astronomiques, au moyen de leur visualisation grâce à la réalisation d'un modèle dont la réalisation fait appel à des contenus de géométrie et de physique. Le schéma de la page suivante (figure 1) montre les principaux contenus et l'itinéraire didactique de "PLANETARIO".

Outre le fait qu'il permet de développer les contenus théoriques proposés pour l'enseignement scientifique de l'école secondaire, "PLANETARIO" comporte 15 activités expérimentales avec des fiches théoriques et des fiches de contrôle pour les élèves.

Les enseignants peuvent atteindre plusieurs objectifs, grâce au développement des contenus: à partir des transformations géométriques pour arriver à l'analyse de deux enceintes bidimensionnelles (surfaces de la sphère et du cylindre); des études de circuits électriques utilisant les lois de Joule et d'Ohm; de la découverte du phénomène de diffraction à l'acquisition de la relation entre la sensation optique produite par le stimulus lumineux et la distance et la luminosité de la source de lumière.

La réalisation et l'emploi en classe des "cylindres de projection des étoiles" peuvent répondre aux objectifs de caractère astronomique suivants:

- stimuler les enfants à l'observation du ciel et à la "découverte" du mouvement apparent de la sphère céleste.
- Faire comprendre ce qu'est la latitude.
- Mettre en évidence les différences qu'on observe dans le mouvement apparent des étoiles à différentes latitudes.
- Introduire les éléments pour la compréhension des principaux systèmes de coordonnées célestes.
- Permettre aux enfants de pouvoir observer le mouvement du Soleil à des latitudes différentes et sur le fond des constellations.
- Introduire les éléments de photométrie stellaire: différence entre luminosité et magnitude stellaire.
- Introduire les enfants au problème de la mesure des distances en astronomie: définition de l'année de lumière et l'unité astronomique.
- Intéresser les enfants à l'étude et à la recherche des éléments d'histoire de l'astronomie.

Ces objectifs peuvent être acquis grâce au développement des contenus indiqués sur la figure n°2.

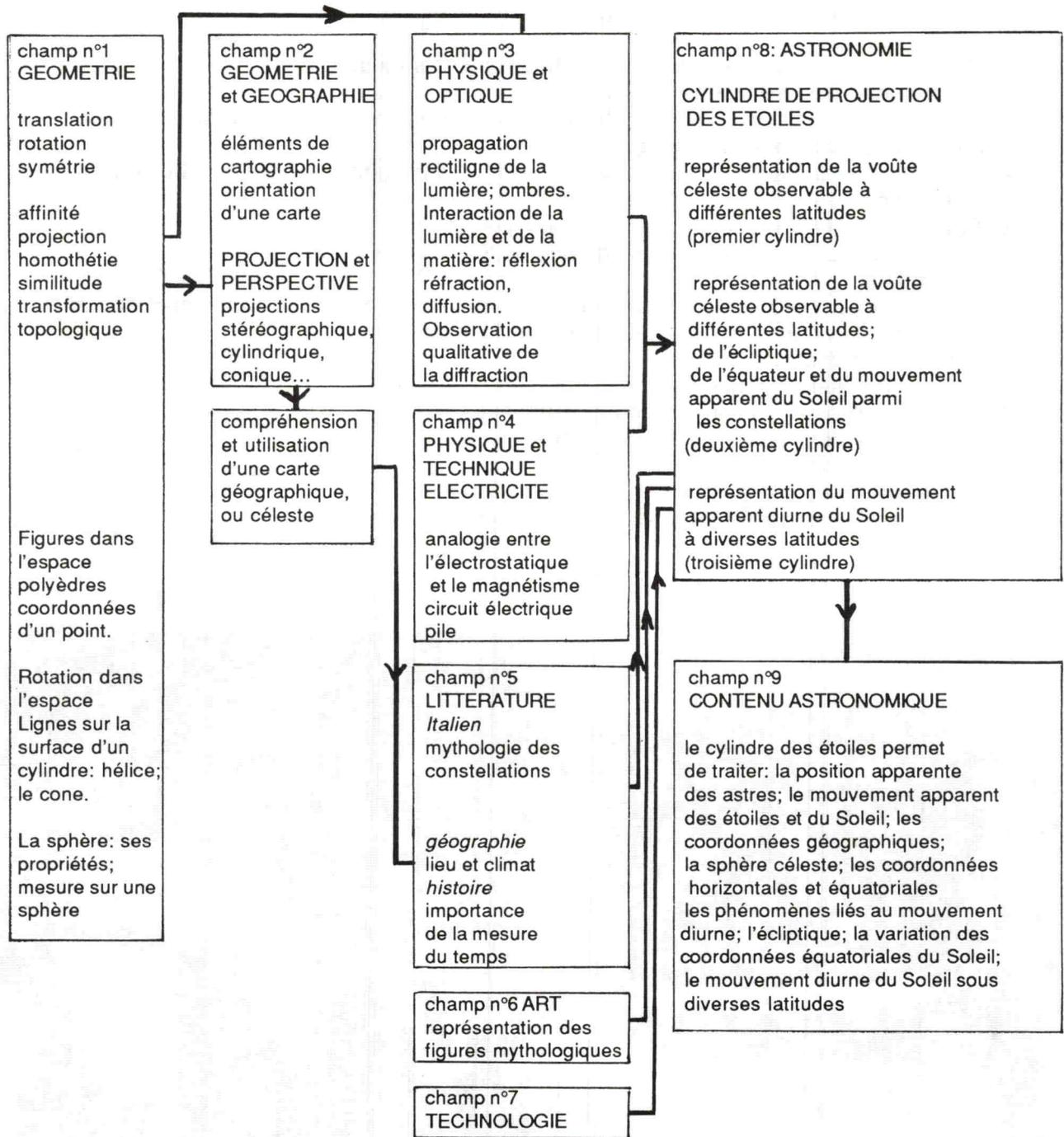


Figure 1: SCHEMA DES PRINCIPAUX CONTENUS DE LA SEQUENCE DIDACTIQUE "PLANETARIO" SUBDIVISEE PAR DISCIPLINES

Figure 2 : Contenus d'astronomie

- 1: Positions apparentes des étoiles. Constellations. Cartes du Ciel
- 2: Mouvements apparents des étoiles
- 3: La sphère du ciel: coordonnées horizontales et équatoriales (si le niveau de connaissance des élèves le permet)
- 4: Rapport entre la hauteur du pôle nord céleste et la latitude géographique du lieu d'observation
- 5: Phénomènes liés à la rotation de la sphère céleste
- 6: Variations des coordonnées équatoriales du Soleil: les saisons.
- 7: L'écliptique
- 8: Variation des coordonnées équatoriales des étoiles pendant leur mouvement apparent
- 9: Mouvement apparent du Soleil à différentes latitudes
- 10: Luminosité des étoiles
- 11: Le sextant; lunettes et télescopes
- 12: L'oeil aussi est un récepteur de rayonnement
- 13: La mesure des distances en astronomie
- 14: Histoire de l'astronomie
- 15: Observation du ciel ce soir
- 16: Visite à un planetarium et /ou à un observatoire

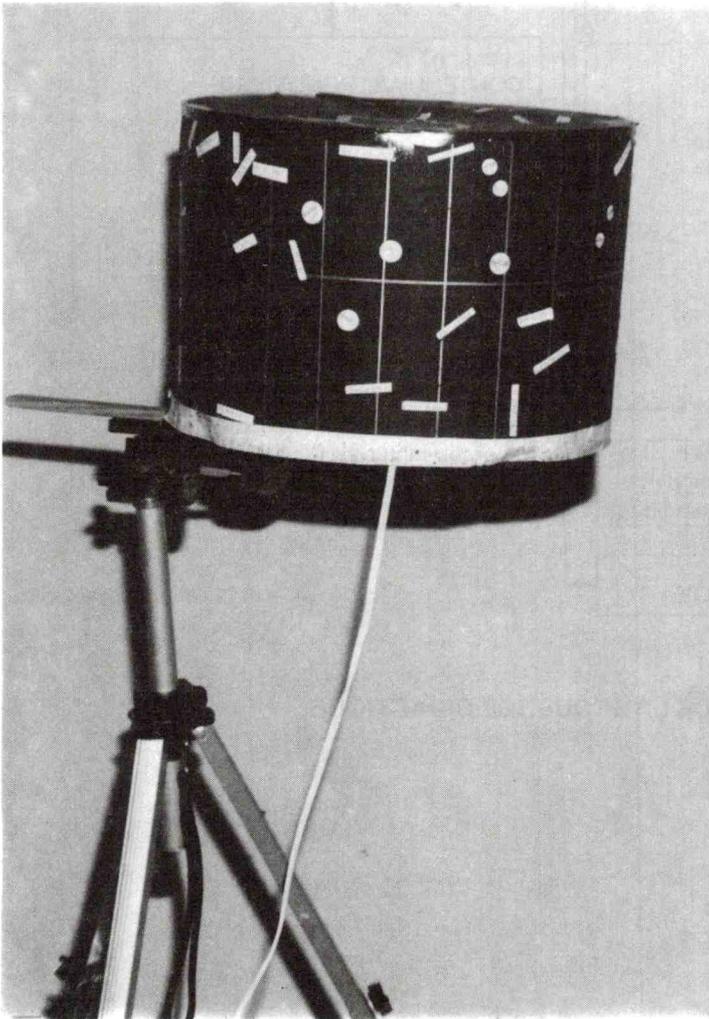


Figure 3

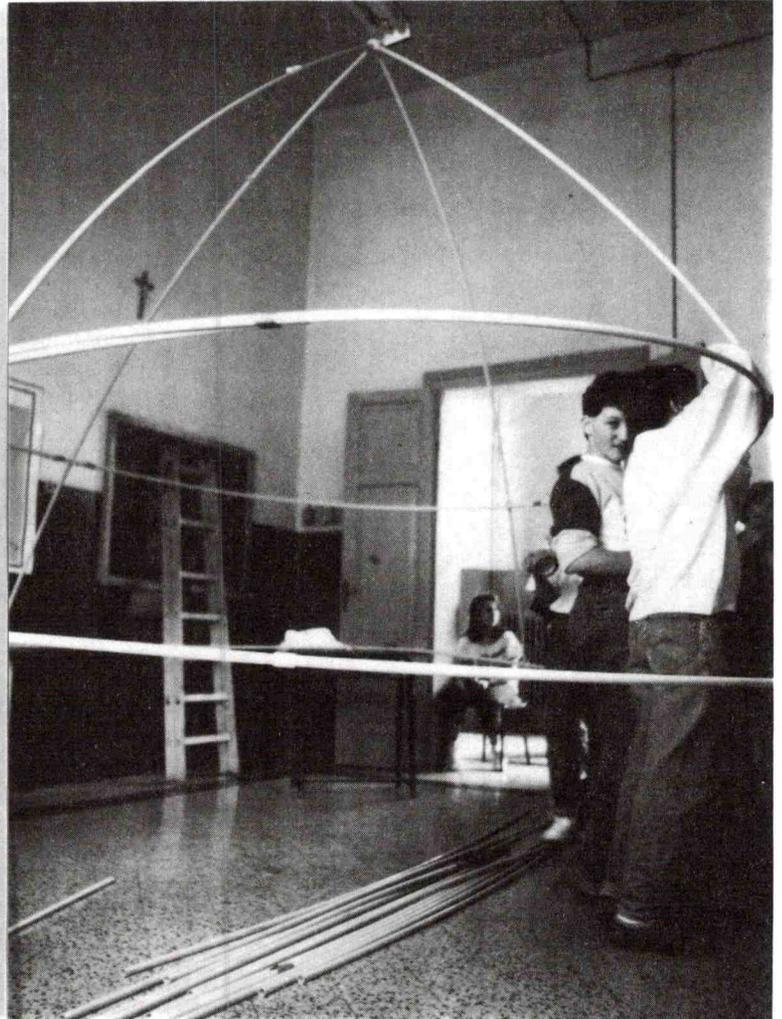


Figure 10

STRUCTURE DES TROIS INSTRUMENTS CYLINDRIQUES ET DE LA COUPOLE.

Premier cylindre: (figure 3) : il permet de projeter environ 1 000 étoiles qu'on peut observer à l'oeil nu, de déclinaison comprise entre -40° et $+90^\circ$. Une petite carte du ciel de la zone de l'équateur céleste comprise entre $\pm 40^\circ$, opportunément agrandie par une photocopie, est fixée par ruban adhésif sur une surface rectangulaire de carton noir.

Après avoir tracé et marqué sur la surface du carton qui ne contient pas la carte, les lignes d'ascension droite et de déclinaison, on perce à l'aide d'une petite épingle, les petits trous qui correspondent aux positions apparentes des étoiles sur la sphère céleste (figures 4 et 5).

On prépare enfin deux cercles de carton de 30 cm de diamètre: sur l'un on reproduit, grâce à la même technique, les positions apparentes des étoiles de déclinaison comprise entre $+40^\circ$ et $+90^\circ$. Les deux cercles complètent la surface du cylindre. Dans le cercle de la base inférieure, il y a une petite ampoule électrique de 3,8 V avec un filament curviligne (à arc) et sa douille à vis. L'ampoule est connectée à une pile électrique de 4,5 V ou à un petit transformateur (figure 6).

Si l'on veut, on peut coller sur la circonférence de la base inférieure du cylindre, une bande de papier millimétré indiquant les mois et les jours où les constellations passent au méridien d'un lieu déterminé à une heure donnée (celle pour laquelle la carte céleste a été construite). On peut montrer les différentes constellations visibles soit à différents moments de l'année, soit à différentes heures de la nuit.

Ce premier cylindre, tout comme les deux autres, peut tourner de 360° sur un support convenable, fixé sur une rotule de pied d'appareil photo. On peut simuler la rotation apparente de la sphère céleste. En inclinant la rotule, on peut montrer les constellations visibles en différents lieux: au pôle nord, à nos latitudes, à l'équateur.

Le deuxième cylindre est semblable au premier: par la même technique du trou d'épingle, on reproduit les constellations, les lignes d'Equateur et d'Ecliptique. Sur ce cylindre, on peut aussi reproduire les positions apparentes du Soleil sur le fond des constellations au cours de l'année, grâce aux pinceaux lumineux produits par 12 trous pratiqués sur la ligne d'écliptique espacés de 2 heures d'ascension droite les uns des autres. Chaque trou est bordé par un anneau de métal et peut être ouvert ou fermé grâce à des aimants sur la surface externe du cylindre.

Le troisième cylindre permet seulement de montrer le mouvement apparent du Soleil au cours de la journée à différentes latitudes. Sur une bande de carton rectangulaire (94,2 x 22 cm) on trace à mi-hauteur, et parallèlement à la base, une horizontale; on trace deux parallèles à 5,9 cm au-dessus et au-dessous de celle-ci (figure 7). Ces dernières sont partagées en 3 segments égaux par trois lignes droites perpendiculaires (figure 8). On perce 9 trous, cerclés par des anneaux métalliques, aux 9 points d'intersection. Ces trous représentent les positions apparentes du Soleil aux solstices et aux équinoxes à trois moments différents du jour (lever, midi, coucher). Ils sont ouverts ou fermés au moyen d'aimants (figure 9).

Les trois cylindres peuvent être réalisés par les élèves d'une classe, répartis en groupes et suivant convenablement des fiches de travail. Il suffit de trois heures et d'une petite coupole de plastique. Les cylindres sont mis en position chaque fois, selon ce qu'on veut projeter, au centre d'une structure tubulaire hémisphérique de plastique revêtue par une bâche blanche. Le diamètre de la coupole doit permettre de contenir 10 élèves assis: il peut varier entre 300 et 350 cm. Le dome est accroché au plafond de la salle de classe et appuyé sur 4 bancs (figure n° 10)

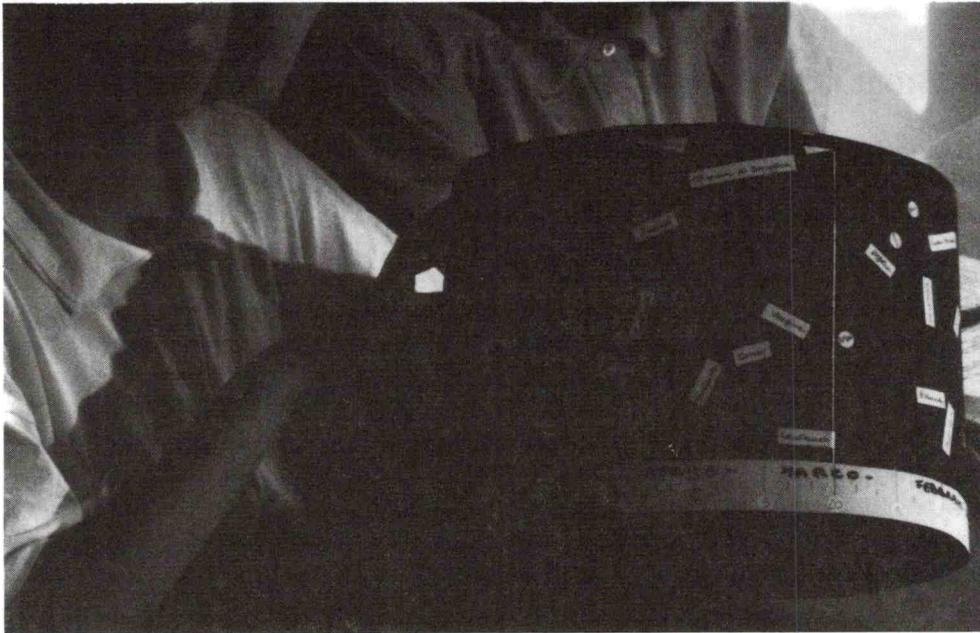


Figure 4



Figure 5



Figure 6

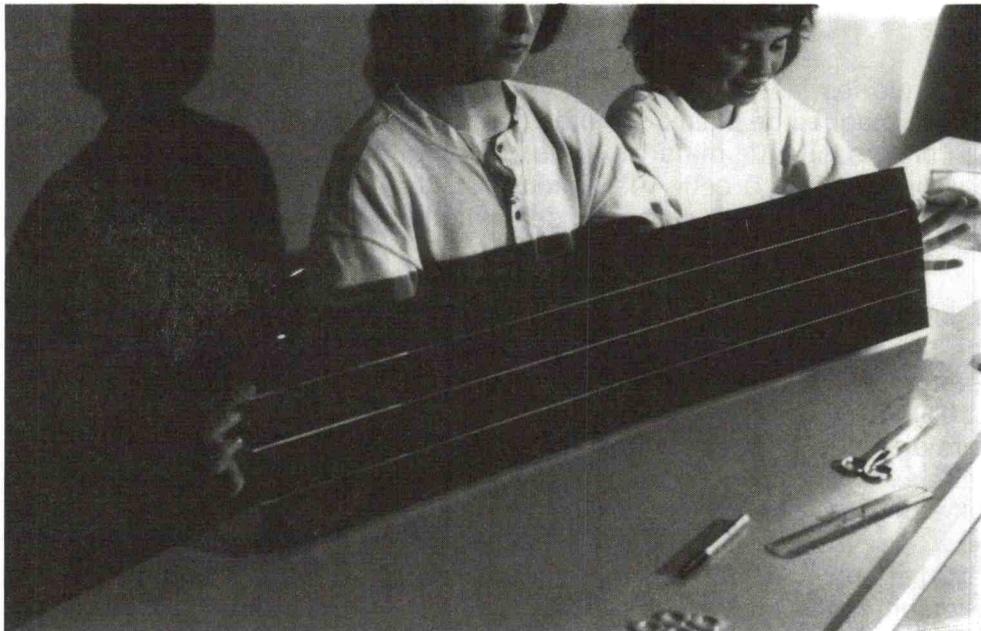


Figure 7

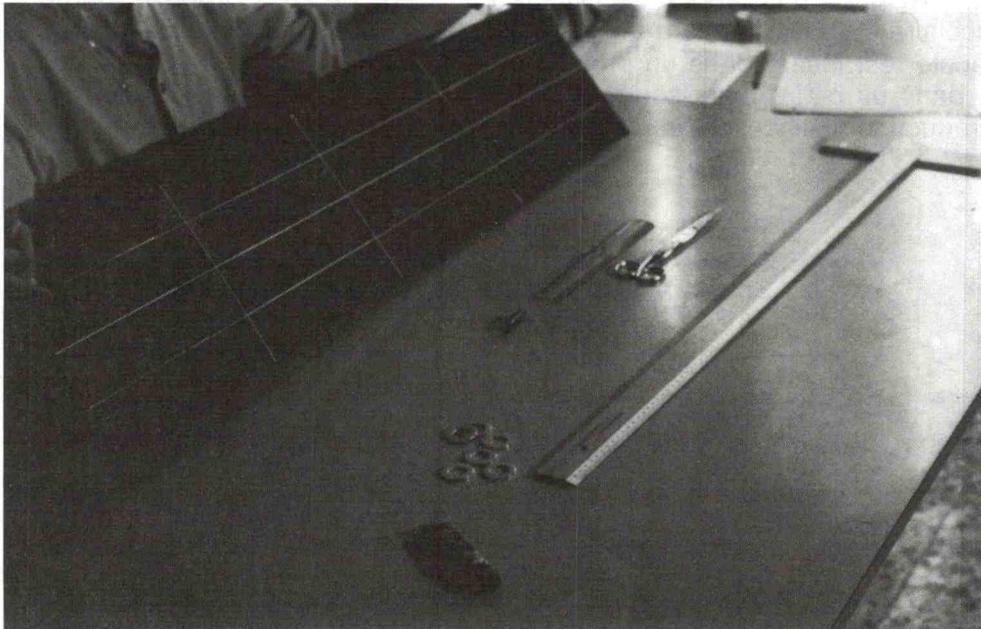


Figure 8



Figure 9

Il est évident que les instruments décrits peuvent être réalisés avec de meilleurs matériaux (par exemple plaques de plastique ou de contreplaqué) et par des techniques de construction plus "progressives"; mais alors ils ne répondront plus aux motivations didactiques qui nous ont conduits à cette réalisation, ni à la nécessité d'effectuer à l'école secondaire des expériences et des activités avec des matériaux "pauvres", faciles à trouver, peu coûteux, et faciles à manipuler par les élèves.

Par contre, les instruments souffrent de limites et d'imprécisions provoquées par:

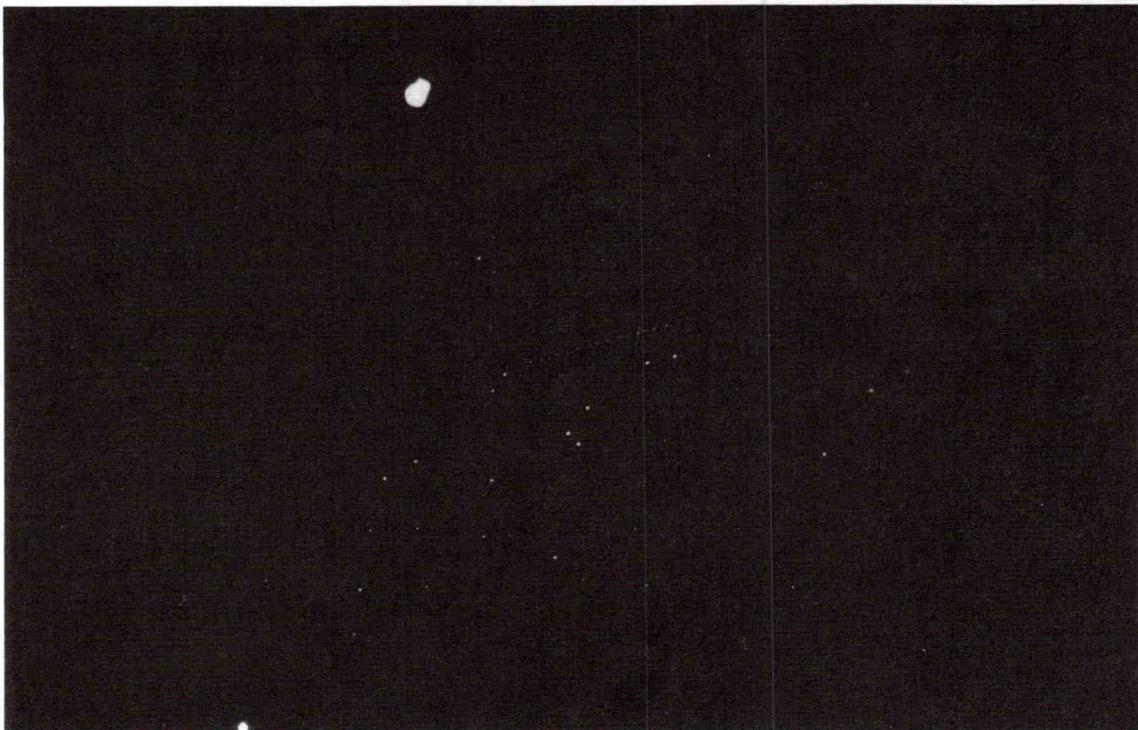
- l'usage de la petite ampoule de 3,8 V suralimentée par un voltage de 4,5 V. Ce problème peut être surmonté si on se munit d'une réserve de lampes: on peut aussi parler des lois de Joule et d'Ohm !

- les distorsions des images et des formes dues aux projections cylindrique équidistante et polaire avec lesquelles on a tracé les cartes célestes: ces distorsions se sont révélées négligeables pour les objectifs proposés.

D'autre part, j'ai choisi la forme cylindrique au lieu de la forme sphérique, parce qu'elle est plus facilement réalisable par les élèves.

Et, enfin, pourquoi ne pas répéter l'activité que je viens de vous proposer dans un laboratoire extra-scolaire ? Dans ce cas, naturellement, le registre interprétatif est modifié: ce qui dans une école, est inséré dans un projet d'étude, avec des itinéraires didactiques bien définis, peut, dans un cadre extra-scolaire, devenir l'occasion de manifestation de la personnalité, de production d'étincelles de curiosité, d'observation de la nature.

V. Mascellani
Association des Enseignants de Physique (A.I.F.)
Scuola Media "L. Da Vinci" - Sassuolo (Modena)



Ce qu'on peut admirer au-dessous de la coupole: le Soleil (disque blanc) dans les étoiles. La ligne pointillée est l'équateur céleste.

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LE MAUVAIS OEIL DU TELESCOPE SPATIAL

Le télescope spatial de la NASA, baptisé "Hubble Space Telescope" (HST) en l'honneur de l'astronome Edwin Hubble, a été mis en orbite avec succès le 24 avril dernier par la navette "Discovery". Cela mettait fin à une longue suite de retards depuis 1983, date initialement prévue pour le lancement, jusqu'à la catastrophe de Challenger qui a cloué au sol l'instrument prêt à partir, pendant 4 années. Cette longue attente a eu principalement deux effets néfastes : d'une part, le coût total de la mission a été porté à près de 3 milliards de dollars (soit plus de 10 fois le prix du VLT européen ; voir les CC n° 41), d'autre part, le télescope et les divers instruments auxiliaires (caméras, photomètres, spectrographes) ont vieilli en ce sens que de nouvelles avancées technologiques ont été faites pour réaliser les nouvelles générations de très grands télescopes au sol (miroirs de 7 à 10 m d'ouverture) qui entreront en service à partir de 1991.

Le coeur optique du HST est un miroir principal d'ouverture 2,4m qui correspond dans le domaine visible ($\lambda = 0,55 \mu\text{m}$) à un pouvoir séparateur de 0,1" (ceci représente aussi le rayon de la tache de diffraction, image d'une source ponctuelle, par exemple une étoile lointaine). Un avantage décisif du HST est que cette résolution théorique n'est pas dégradée par la turbulence atmosphérique qui au sol, limite les performances des plus grands télescopes à environ 1" (exceptionnellement à 0,5"). L'observation hors atmosphère permet également de gagner en sensibilité car la lumière des astres n'est pas absorbée et le fond de ciel est plus noir; ainsi le HST devait permettre d'observer des astres 100 fois moins lumineux (ou situés 10 fois plus loin) que ceux accessibles depuis le sol. Enfin, un dernier avantage lié à l'observation hors atmosphère, est que toutes les longueurs d'onde sont accessibles, en particulier l'ultraviolet et l'infrarouge.

Depuis son lancement, le HST n'a pas eu la vie facile : difficulté pour obtenir le déploiement des antennes permettant la communication avec le sol, oscillation anormale de l'ensemble du télescope, mauvais pointage des astres. Mais le pire a été découvert en juin dans la suite des opérations de contrôle : un défaut réellement catastrophique affecte le système optique et ce défaut ne pourra être corrigé en intervenant par programmes depuis le sol.

Le système optique est de type Cassegrain avec un miroir principal qui reçoit directement la lumière des astres et la renvoie sur un miroir secondaire (diamètre 30cm) situé au milieu du tube, dirigeant cette lumière à travers une ouverture de 60 cm au centre du miroir principal vers les divers systèmes récepteurs se trouvant à l'arrière de celui-ci. Le défaut constaté en essayant de réaliser la mise au point du système sur une étoile lointaine, est une importante aberration sphérique; c'est-à-dire que la lumière frappant la périphérie du miroir ne converge pas au même foyer que la lumière frappant sa partie plus centrale (la distance entre ces deux foyers est de 4 cm). Si ce défaut était dû entièrement à la forme du miroir primaire, elle correspondrait à une courbure trop faible du miroir, avec une erreur totale du centre au bord de $2 \mu\text{m}$. Pour certaines positions focales, le HST fournit des images stellaires de rayon 0,1" (selon la spécification attendue), mais seulement 15% de la lumière est contenue dans cette zone, le reste de l'énergie est réparti autour, dans un halo qui s'étend sur 1" ou plus. Autre manière de préciser l'ampleur du défaut : 70% de la lumière d'une image stellaire est répartie dans un rayon de 0,7" au lieu de 0,1". Il semble que le miroir principal soit seul en cause et que sa forme ait été testée au sol en utilisant un programme erroné; par ailleurs, la procédure utilisée pour tester au sol l'ensemble des deux miroirs ne semblait pas permettre de détecter ce type d'aberration sphérique, celle-ci étant proprement inconcevable! Le miroir principal est équipé de 24 actionneurs qui permettent de réaliser de faibles ajustements de sa surface, mais moins de 10% de l'aberration pourrait ainsi être supprimée.

Le bilan est très lourd : le miroir ne peut être corrigé et le HST ne pourra réaliser de meilleures performances en lumière visible que les télescopes au sol, ni pour la résolution, ni pour la sensibilité. Une réorganisation complète du calendrier des observations prévues est actuellement en cours pour optimiser l'utilisation du HST "myope", en particulier en développant les programmes dans l'ultraviolet. Près de la moitié des expériences devront être ajournées jusqu'à ce que l'on réalise des optiques correctrices pour les instruments auxiliaires en vue de compenser le défaut du HST; on pourrait envisager que ces verres correcteurs soient mis en place par les astronautes lors d'une visite du HST qui était déjà prévue en 1993 pour mettre en place une nouvelle génération d'équipements. A suivre...

L.Bottinelli

Dites donc, monsieur, les étoiles sont-elles heureuses ?

A Agnès, Dominique, Emmanuelle,
et leurs Collègues du Club des
Pléiades au Collège Valéri à Nice.

Lors de ma visite chez vous le 6 novembre 1989 on a eu trop peu de temps pour causer, alors j'essaye de vous atteindre à travers "Les cahiers Clairaut" dont je suis lectrice fidèle depuis le début. Eh bien, je voudrais vous raconter une histoire.

... Il y avait une fois une petite fille polonaise de 10 ans, qui venait avec sa classe visiter l'Observatoire Astronomique de l'Université Nicolas Copernic à Torun. Elle avait vu les coupoles et les télescopes, elle avait assisté au discours sur la vie des étoiles, et elle était vivement impressionnée. Alors, la conférence finie, elle a questionné mon collègue Stanislas, qui était de service à l'Observatoire ce jour-là : "dites donc, Monsieur, est-ce que les étoiles sont heureuses ?" Qu'auriez vous répondu à cette question, vous - les membres du club des Pléiades, vous qui connaissez si bien le ciel étoilé étudié dans votre petit planétarium et observatoire bâtis dans la cour même du collège ?

Est-ce-qu'on peut vraiment personnifier les étoiles que nous voyons là-haut ?

Or, je crois que la question de cette petite fille montre réellement à quel point on peut être sous une vive impression d'une conférence astronomique qu'on vient d'entendre. Ou bien, de quelle façon on peut populariser l'astronomie aux jeunes enfants. Et je voudrais justement vous raconter aujourd'hui comment on introduit les notions astronomiques aux plus jeunes enfants dans les pays lointains, dans différentes parties de la Terre que j'ai pu visiter il y a quelque temps.

Allons d'abord du côté est : l'Inde est un immense pays de 800 millions d'habitants, divisé en une vingtaine de provinces, qui ont chacune une autre langue locale, par exemple le maratha à Bombay, le telugu à Hyderabad. Il faut apprendre aussi la langue officielle, le hindi, et encore l'anglais. Alors, voyez combien de langues différentes et l'alphabets doivent apprendre là-bas les enfants dans leurs écoles. Vous mêmes, vous avez la vie tellement plus facile, avec un seul alphabet dont vous vous servez pour apprendre le français, et après, l'anglais, ou bien l'italien, l'allemand. Et puis savez vous, tous les enfants hindous ne peuvent pas suivre l'école, car en ville approximativement 40 % d'entre eux et à la campagne 80 % - doivent travailler pour aider leur parents à gagner leur vie.

Quand les enfants vont à l'école ils apprennent un tas de choses qui sont totalement étrangères ou même incompréhensibles à leurs familles. Donc, il faut essayer de populariser la science moderne par des conférences, des vidéo-films, etc. Par exemple, une série de films populaires préparés dernièrement pour la TV commence par l'histoire d'un écolier qui va faire une visite avec sa classe au planétarium pour voir une éclipse de Soleil. Or, sa grand-mère est mécontente, elle se fâche, elle ne veut pas qu'il y aille de peur d'un mal, car elle est superstitieuse, elle croit que l'éclipse porte malheur ! Bien que dans cette histoire tout finisse bien, l'éclipse étant expliquée d'une façon compréhensible, je trouve qu'une pareille situation peut sûrement exister dans beaucoup de familles hindous, car il y a un grand contraste entre la science moderne et les vieilles croyances et superstitions.

Alors, je fus fortement impressionnée quand, étant logée justement dans le voisinage du planétarium à Hyderabad, j'ai vu chaque jour des familles entières qui se rendaient l'après-midi au planétarium pour assister à une séance. Elles attendaient parfois la fin d'une séance précédente, patiemment assises sur les pelouses entourant le bâtiment octogonal du planétarium au sommet de Adarsh Nagar, à côté du temple Venkateshawara. Beaucoup de mamans avaient leurs plus jeunes, des bébés dans leurs bras. Et c'étaient sûrement les

écoliers qui entraînaient leurs parents au planétarium, pour faire le voyage dans l'espace sous la coupole du planétarium en famille, même si les bébés n'y comprenaient rien !

Si toutefois les écoliers venaient en groupes avec leurs instituteurs, alors ils avaient une leçon régulière dans l'astro-école : une petite cabane, ou même chaumière, avec un mini-planétarium au milieu. Et encore, à Hyderabad, ils pouvaient pour une demie-roupie monter sur une balance automatique pour voir quel serait donc leur poids sur la Lune. Moi, j'ai encore mon ticket, mais je ne vous dirais point le nombre de kilogrammes marqués là-dessus ! A Bombay, on pouvait aussi voir, mais sans toutefois y toucher, la surface de la Lune en grand modèle placée dans les vastes couloirs du planétarium. A New Delhi, on voyait l'étroite cabine dans laquelle l'astronaute hindou avait fait une fois le voyage dans l'espace. Et c'est là encore que j'ai vu une collection de dessins, aux couleurs extrêmement vives, qui représentaient notre système solaire vu par les enfants réunis au planétarium pour un concours astronomique.

Prenons maintenant un exemple de l'ouest, le Mexique. Celui-ci est un pays de 80 millions d'habitants, dont 20 millions vivent dans la capitale même. Mais dans cette capitale, il y a des distances ! J'avais projeté de faire une visite au planétarium Luis Erro, situés au nord de la ville, alors que moi j'étais logée chez des amis au sud, à une distance d'une soixantaine de km.

Bref, un après-midi, on se décide de faire cette visite, personne du groupe n'y est encore jamais allé. On fait des longues discussions auprès des cartes de la ville, et du plan de Mexico - c'est un gros bouquin de cartes, quartier par quartier. Enfin, nous partons en deux voitures. Après presque une heure de trajet - essayez donc d'aller plus vite pendant l'heure du grand trafic, même s'il y a neuf /oui !/ files de voitures allant dans le même sens, du sud au nord - nous cherchons notre place dans le grand parking du planétarium. On va à la caisse : "Pour les séances d'aujourd'hui, pas possible, toutes les places sont prises !" Et pour demain ? "Ah, oui, prenez donc place dans cette queue !" La dite queue étant d'une longueur assez remarquable, on s'est contentés de faire un tour du quartier et rentrer tranquillement chez soi.

Alors, c'est à l'Institut d'Astronomie de l'Université Nationale Autonome de Mexico que j'ai vu des ouvrages spécialement destinés aux enfants : des livres et des brochures ah, le diagramme H-R ou les étoiles étaient comme de délicieux petits gâteaux multicolores, prêts à croquer !, des affiches et pancartes en couleurs des fiches qu'une école désirant un conférencier doit remplir, bref, un tas d'informations astronomiques utiles à l'enseignement pour tous les niveaux scolaires.

Mais j'ai tout de même rencontré des groupes d'enfants, des classes entières avec leurs instituteurs, tous pareillement vêtus, par exemple - filles et garçons en chandails vert foncé, la dame portant une jackette de même couleur, en visitant les Musée d'Anthropologie de Mexico. Vous allez me dire ici tout de suite : "Oh, comment, l'anthropologie ce n'est pas l'astronomie !" Et moi je réponds : "Est-ce-que la Terre n'est pas une des planètes, que nous devons apprendre à bien connaître ? Sur cette planète tant de générations humaines ont vécu dans des conditions totalement différentes des nôtres. Alors, en regardant se dérouler les différentes scènes de la vie des "Terriens", on regarde l'histoire de la Terre elle-même ! Et puis, ce rapprochement de sujets n'est il pas similaire à l'idée des "science de la Terre et de l'Univers" qu'on projette d'enseigner en France ?"

El Museo Nacional de Antropologia de Mexico /Le Musée d'Anthropologie, en réalité Musée d'Archéologie/ est aménagé sur un grand terrain, plusieurs bâtiments entourent une vaste cour où les jets d'eau d'une énorme fontaine donnent aux visiteurs un peu de fraîcheur, et aux objets d'art du Musée - l'humidité que leur est indispensable. Mais ce que je trouve remarquable dans ce Musée c'est la façon assez complexe d'arranger les expositions. On commence par exemple la visite du Musée par une salle, où il y a une carte d'une région du pays, où on a fait des fouilles archéologiques. Les données sur les conditions locales du terrain, la température, l'humidité, etc. à l'époque en question sont marquées. Dans une salle suivante on montre les vestiges qu'on y a retrouvés, les débris de pierres ou de céramiques.

Et dans une salle suivante une scène-maquette est préparée ; on y voit comment les habitants /mannequins/ de cette époque travaillaient, cuisinaient, chassaient, bâtissaient leurs maisons, on voit aussi les maquettes des arbres, etc. Et enfin, tout d'un coup, une sortie mène au dehors du bâtiment, dans un coin du parc, où on voit les restes de la région où ils furent trouvés pendant les fouilles. Et après on entre de nouveau dans une autre salle du Musée, dans un autre cycle d'exposition et ça recommence. Avez vous visité des Musées arrangés de même façon chez vous, en France ?

Alors, revenons en France, vers l'avenue Saint-Lambert à Nice, vers votre Collège et votre planétarium, qui doit être maintenant sûrement décoré selon vos dessins que j'ai vus chez vous en novembre. Vous faites maintenant des projets pour vos vacances, peut-être aussi pour un voyage du Club des Pléiades ?

Et moi, j'écris ceci pendant un week-end ensoleillé et enfin chaud, alors que le printemps bât son plein, que nos châtaigniers, et nos lilas sont en fleurs, et la rue Chopin, où se trouve l'Institut d'Astronomie à Torun, aura bientôt l'air d'une jeune mariée vêtue de blanc-et-rose, entre deux rangs d'arbres menant vers la vieille ville, vers la maison natale de Copernic. Mais, quand ce texte sera publié, si la rédaction des "Cahiers" l'approuve, ce sera sans doute déjà l'automne, après les vacances, et les membres du Club vont se retrouver l'après-midi dans l'observatoire pour regarder le ciel étoilé car la nuit tombe vite. Alors, quand vous regarderez là-haut, pensez donc qu'il y a peut-être quelque part une petite qui va demander dans sa langue à elle : "Dites donc, Maman-nuage, est-ce-que les enfants sur cette Terre lointaine sont vraiment heureux ?"...

Cecilia Iwaniszewska
écrit à Torun, le 5 mai 1990

TEXTE A RELIRE

"Ma décision initiale de me consacrer à la science fut le résultat direct de la découverte qui n'a jamais cessé de me remplir d'enthousiasme depuis ma prime jeunesse : la compréhension du fait - qui est loin d'être évident - que les lois de la raison humaine coïncident avec les lois qui gouvernent les suites d'impressions que nous recevons du monde extérieur ; et que par là même le raisonnement pur rend l'homme capable d'atteindre à une connaissance intime du mécanisme de ce monde. A ce point de vue, il est d'une souveraine importance que le mode extérieur soit quelque chose d'indépendant de l'homme, quelque chose d'absolu, et la recherche des lois qui s'appliquent à cet absolu m'apparut comme la plus sublime occupation scientifique que l'on puisse vivre.

Ces idées furent confirmées et développées par l'excellente instruction que je reçus, pendant de longues années, au Maximilian-Gymnasium de Munich, de la part de mon professeur de mathématiques, Hermann Muller, homme entre deux âges, doué d'un esprit vif et d'un sens aigu de l'humour, passé maître dans l'art de faire voir et de faire comprendre à ses élèves la signification des lois physiques, au moyen d'exemples frappants.

C'est ainsi que mon esprit absorba avidement telle une révélation, la première loi que je sus posséder une validité absolue, universelle, indépendante de toute entremise humaine : le principe de la conservation de l'énergie. Je n'oublierai jamais l'histoire pittoresque que nous raconta Muller du maçon montant avec beaucoup de peine un pesant bloc de pierre sur le toit d'une maison. le travail qu'il accomplit de la sorte ne sera pas perdu ; il demeure en réserve, pendant de longues années peut-être, entier et caché dans le bloc de pierre, jusqu'à ce qu'un jour ce bloc se détache peut-être et tombe sur la tête d'un passant."

MAX PLANCK (Autobiographie scientifique)

LES LUMIERES DE LA NUIT

On parle volontiers de nuit noire, mais celui qui est amené à observer le ciel nocturne, qu'il soit amateur ou professionnel, sait qu'il n'en est rien. Les sources lumineuses naturelles, bien que faibles, sont nombreuses et apportent une clarté qui permet de voir les silhouettes des objets qui nous entourent et même de se diriger. De plus, notre oeil est un instrument merveilleux qui a la possibilité d'augmenter sa sensibilité d'un facteur 1000. Ce sont ces lumières de la nuit que nous allons étudier, de la clarté de la Lune à celle du fond du ciel, en passant par celle de la Voie Lactée. Cependant, dans une première partie nous nous intéresserons à l'oeil et à son adaptation à la vision nocturne.

L'OEIL ET LA VISION

Cônes et batonnets. La rétine est l'organe sensible de l'oeil. Elle comporte deux zones bien distinctes, pour lesquelles les cellules réceptrices ont des qualités très différentes.

La fovéa ou macula, située en face de la pupille, d'une surface de deux à trois millimètres carrés contient quelques six millions de cônes. Les cônes sont des cellules qui donnent une vision très nette, colorée, mais qui ne fonctionnent pas en dessous d'un certain seuil de sensibilité.

Le reste de l'oeil est tapissé de 130 millions de bâtonnets qui sont des cellules à faible pouvoir de résolution, sensibles au mouvement, et qui ont un seuil de sensibilité très faible.

Les cônes sont responsables de la vision nocturne, colorée, très piquée, les bâtonnets de la vision nocturne moins précise noir et blanc.

Le point aveugle ou papille, arrivée du nerf optique, correspond à une région de la rétine dépouillée de cellules sensibles. Il est situé à 2,5 mm de la fovéa. L'image du champ visuel qui se forme dans cette zone n'est pas transmise au cerveau. Notre vision est donc entachée en permanence d'un trou, mais les mouvements de l'oeil, rapides et imperceptibles déplacent à tout moment cette zone et on ne se rend généralement compte de rien !

L'expérience suivante permet de mettre en évidence l'existence du point aveugle. Tenir la feuille à bout de bras. Avec l'oeil gauche, fixer fortement le point de droite et rapprocher progressivement la feuille. A une certaine distance, le point de gauche disparaît : son image se forme au point aveugle. Si l'on continue à rapprocher la feuille, le point gauche redevient bientôt visible.

La pupille dose l'énergie lumineuse qui pénètre dans l'oeil. L'iris, coloré, est troué en son centre par la pupille, de diamètre variable qui dose la quantité de lumière qui pénètre dans l'oeil. Son diamètre varie de 1 à 7 mm, soit un flux d'entrée 50 fois plus grand quand la dilatation est maximale (c'est pour un temps d'exposition donné en photographie, le rapport d'ouverture entre un diaphragme de 22 à 2,8).

Adaptation aux faibles luminosités : dans l'obscurité, l'organisme libère dans la rétine un pigment, appelé pourpre rétinien, qui augmente beaucoup la sensibilité des bâtonnets. L'adaptation est complète au bout de 20 à 30 minutes et la sensibilité est multipliée par 1000. Ce pigment est détruit par toute source de lumière importante. Ainsi nous ne percevons bien les lumières de la nuit qu'après un temps d'accommodation, et il est important d'éviter pendant l'observation l'éblouissement d'une lampe ou de phares de voiture.

La sensibilité de l'oeil dépend de la longueur d'onde de la lumière reçue. Elle est maximale pour 0,56 micron (vert-jaune). Si la luminosité est faible, le maximum de sensibilité se déplace vers le bleu (phénomène connu sous le nom d'effet Purkinje).

En vision astronomique, lorsqu'on cherche à voir un objet très faible, une nébuleuse par exemple, il faut regarder à côté, sinon son image se forme au niveau de la fovéa, et comme l'objet est faiblement lumineux, les cônes ne sont pas stimulés et on ne voit rien. Dès que l'objet est repéré en vision périphérique et que l'on cherche à le fixer pour distinguer des détails, image sur la fovéa, il disparaît à nouveau.

LA COULEUR DE LA NUIT

L'obscurité n'est pas totale durant la nuit. La magnitude du ciel nocturne a été évaluée, soit 22,4 par seconde carrée en dehors de la Voie Lactée, soit une bougie à 57 m ou une lampe électrique de 150 W à 54 km. La nuit est-elle noire ou bleue ? La luminosité étant très faible, les cellules en cône de la vision diurne ne sont pas suffisamment excitées et ne donnent aucune information. La sensation de bleu qui est souvent perçue est due à l'effet Purkinje.

Si on réalise des photos du ciel étoilé avec des pellicules de marques différentes, on sera très surpris du résultat, certaines donnent un fond de ciel bleu, d'autres vert, et d'autres (Kodak en particulier) virent dans les tons bruns. Quel est le plus réel ? L'étude colorimétrique du fond du ciel donne une coloration plutôt rougeâtre, très différente de ce que l'on perçoit. En fait, le ciel nocturne est relativement plus riche en jaune et en rouge que le ciel diurne.

La pollution lumineuse : il est de plus en plus difficile de s'abriter de la pollution lumineuse pour observer les lumières de la nuit. La présence d'une grande ville se fait sentir à plus de 100 km, les lumières de Barcelone gênent les observations près de l'horizon à partir de l'Observatoire du Pic du Midi pourtant distant de 150 km. La zone Paris, Bruxelles, La Haye, Londres présente une telle pollution lumineuse qu'il est impossible d'y voir le ciel profond. Une ville de cent mille habitants est détectable à plus de 30 km comme une cloche rougeâtre au-dessus de l'horizon.

La clarté nocturne est due à cinq sources différentes que nous allons étudier : le clair de Lune, les étoiles, la Voie Lactée, la lumière zodiacale, la clarté atmosphérique.

LE CLAIR DE LUNE

La Lune réfléchit une faible quantité de l'énergie qu'elle reçoit du Soleil, le sol lunaire en absorbant 93%. Le clair de Lune dépend essentiellement de la phase et il est maximal à la pleine Lune. La Lune est alors 450 000 fois moins lumineuse que le Soleil mais, à la lueur on peut sans problème lire le journal (on doit ici, une fois encore, s'émerveiller de la capacité d'adaptation de notre rétine).

Luminosité variable. A cause du rayonnement oblique et des zones d'ombre, la luminosité du premier quartier n'est que le douzième de celle de la pleine Lune. De plus les mers, sombres, réfléchissent moins que les montagnes, aussi le dernier quartier est-il onze fois moins lumineux que le premier.

L'éclat de la Lune peut être considérablement affaibli par l'absorption atmosphérique, importante en particulier lorsque la Lune est basse sur l'horizon. Le croissant est visible au crépuscule, le premier quartier dans la soirée, la pleine Lune toute la nuit et le dernier quartier au petit matin.

L'éclat de la pleine Lune correspond à celui d'une lampe de 40W à 15m. On trouvera, dans le tableau suivant, la luminosité de la Lune selon son âge, la luminosité de la pleine Lune étant prise égale à 100 :

âge	1	3	5	7	9	11	13
luminosité	0	0,5	3	8,5	22	42	100

La couleur de la lumière lunaire : l'analyse de la lumière réfléchiée par la Lune montre qu'elle est polarisée et appauvrie en bleu. Il est donc très étonnant qu'au cinéma ou au théâtre on simule un éclairage lunaire par des projecteurs bleutés. Cette impression est encore due à l'effet Purkinje dont nous avons déjà parlé plus haut.

Le pouvoir décolorant de la Lune : selon de nombreux dictons, la Lune a le pouvoir d'altérer les teintés et de décolorer les tissus plus encore que le Soleil. D'ailleurs, autrefois, on séchait les grandes lessives à la pleine Lune et le blanchiment sur pré a fait la réputation des toiles de Gérardmer. Il faudrait admettre des qualités très spéciales à la lumière lunaire pour que son action soit aussi importante ; on pourrait ainsi supposer l'existence d'un composé chimique oxydant qui serait synthétisé uniquement par la lumière lunaire. Or, en présence d'un support liquide (vapeur d'eau, rosée de l'atmosphère) des oxydants naturels pourraient se dissoudre et expliquer ces propriétés mystérieuses sans intervention de la Lune. Parmi ces oxydants, on a pensé à l'ozone et au peroxyde d'azote. Le premier est beaucoup trop rare pour expliquer les effets observés, par contre le second en solution devient l'eau oxygénée qui est bien connue pour son pouvoir décolorant. La lumière plate de la Lune, juste en dessous du seuil de sensibilité des cônes, donc de la vision des couleurs vient renforcer cette impression de décoloration. Enfin, si on voit la Lune, le ciel est dégagé et le refroidissement nocturne est maximal, d'où une importante condensation qui renforcera les effets. Ainsi s'expliquent certaines traditions comme celle de marcher pied nu dans l'herbe au petit matin ou de se laver le visage avec de la rosée comme le faisaient les belles en Italie au XVII^{ème} siècle...

Eclipses de Lune : elles ne peuvent avoir lieu qu'à la pleine Lune, mais il ne s'en produit pas une à chaque lunaison car les orbites de la Lune et de la Terre ne sont pas dans un même plan. L'éclipse peut être partielle ou totale. La Lune passe alors complètement dans le cône d'ombre de la Terre et ne reçoit plus l'éclairage direct du Soleil. Par contre, elle reçoit des rayons diffusés par l'atmosphère terrestre et par suite rougit. La couleur de plus en plus rouge brique des dernières éclipses est une preuve indiscutable de l'augmentation de la pollution atmosphérique terrestre.

LA LUMIERE DES ETOILES

Les étoiles sont des soleils tellement éloignés que dans le plus puissant télescope du monde leur image reste un point lumineux. Les étoiles du ciel nocturne se distinguent par leur couleur (rouge pour Bételgeuse, Antarès, Aldébaran, bleue pour Rigel, Véga) et par leur éclat. On définit ainsi la magnitude d'une étoile qui est un nombre d'autant plus grand que l'éclat est faible. Les étoiles très brillantes ont une magnitude 0, les étoiles de la Grande Ourse 2, les étoiles à la limite de la visibilité de l'oeil nu la magnitude 6.

On estime qu'il y a environ six mille étoiles visibles à l'oeil nu, un million de magnitude inférieure à 11 et un milliard de magnitude inférieure à 20. Les étoiles visibles ou invisibles contribuent à raison de 25 à 35% à la luminosité du ciel.

Paradoxe d'Olbers : après bien d'autres, Olbers vers 1830 s'étonnait de la faible luminosité du ciel nocturne. Il pensait que si le peuplement en étoiles était homogène et isotrope, et si l'Univers était infini, la luminosité du ciel nocturne devait être bien plus importante que ce qu'elle est. En effet, sur une couche sphérique de rayon deux fois plus grand, la surface étant multipliée par 4, il y a 4 fois plus d'étoiles qui ont une luminosité 4 fois plus faible puisque deux fois plus éloignées. Ainsi la contribution de chaque couche est donc la même et le rayonnement du fond du ciel devrait être cent mille fois plus important, correspondant à une température de rayonnement de 6000 K.

En fait, le fond du ciel semble noir et ce problème est très compliqué. Il faut faire intervenir la matière interstellaire, la distribution des étoiles et des galaxies, l'expansion de l'Univers, ... L'unanimité sur la couleur du ciel nocturne n'existe pas encore.

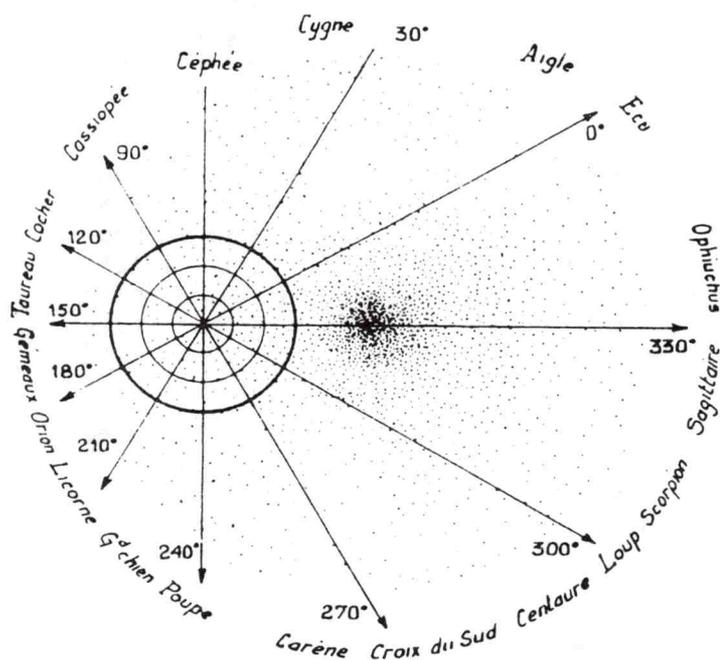
Autres objets brillants : en plus de la clarté des étoiles, il faut penser aux planètes et aux comètes et autres objets visibles à l'oeil nu. La planète la plus brillante est Vénus lorsqu'elle est proche de son maximum d'éclat; ensuite il faut citer Jupiter et Mars au moment des oppositions. Les comètes visibles à l'oeil nu sont rares et d'autant plus inoubliables ; citons la comète Arend Roland en 1956, la comète West en 1975, Halley décevante en 1986, Iras Iraki Alcor en 1987...

A l'oeil nu, on peut apercevoir dans le ciel nocturne des petites taches diffuses que Messier a appelées des nébuleuses. Les objets en question sont des amas ouverts comme les Pléiades, l'amas de la Crèche ou l'amas double de Persée, des nébuleuses gazeuses comme la nébuleuse d'Orion ou des galaxies comme la galaxie d'Andromède. Ces objets, il est vrai ne participent que faiblement à la clarté nocturne.

LA VOIE LACTÉE

C'est un ruban laiteux qui ceinture tout le ciel et qui a de tout temps suscité la curiosité. La légende veut que Junon, épouse de Jupiter, ait refusé d'alimenter les enfants de Maïa, mère de Mercure, ainsi que ceux d'Alcmène, mère de Hercule, toutes deux maîtresses de Jupiter. Hercule fut placé sous le sein de Junon pendant son sommeil ; à son réveil, elle le repoussa, laissant ainsi le lait se répandre sur la voûte céleste.

Cette trainée lumineuse traverse le ciel de Cassiopée au Cygne où elle se partage en deux. C'est la trace de notre galaxie sur le fond du ciel. Le télescope montre que sa lueur provient d'une myriade d'étoiles, toutes trop faibles pour être visibles à l'oeil nu mais dont les éclats additionnés produisent une lueur certaine.



La distribution des étoiles dans le ciel (50 étoiles visibles à l'oeil nu dans Pégase, 150 dans Cassiopée, ...) et surtout la distribution des amas globulaires qui sont des satellites de la Galaxie ont permis de comprendre la position un peu marginale du Soleil dans l'ensemble des deux cents milliards d'étoiles que réunit la Galaxie. Selon la direction visée, dans le plan de la Galaxie ou en dehors, le nombre d'étoiles observées, le nombre de galaxies observables, seront très différents.

Le tiers des étoiles brillantes ($m < 3,5$) sont dans la Voie Lactée et cette proportions augmente pour les étoiles faibles. La réunion de toutes les étoiles brillantes de la Voie Lactée a une magnitude globale de $-2,7$ et celle de l'ensemble, y compris les étoiles faibles est de $-4,7$. Comme la moitié seulement de la Voie Lactée est en même temps au-dessus de l'horizon, sa magnitude dans le ciel nocturne est de -4 .

Si toutes les étoiles étaient uniformément distribuées sur le ciel sans être discernables individuellement, elles produiraient une lueur équivalente à 105 étoiles de magnitude 10 par degré carré. Comme l'hémisphère au-dessus de l'horizon comporte 20 626 degrés carrés, l'illumination du ciel nocturne correspond à celle de 2,17 milliards d'étoiles de magnitude visuelle égale à 10. Cette luminosité notée S_{10} est une référence pour chiffrer les différentes composantes de la luminosité du ciel nocturne.

LA LUMIERE ZODIACALE

Ne s'imposant nullement au regard, elle réclame un oeil averti et attentif pour se laisser contempler. C'est une clarté très diffuse, en forme d'immense fuseau, s'élevant plus ou moins obliquement dans le ciel au dessus du crépuscule finissant ou avant l'aurore. Sa visibilité est très variable d'une époque de l'année à l'autre et dépend également de la latitude de l'observateur. Il faut la rechercher, par des nuits sans Lune, loin des lumières parasites, au voisinage de l'équinoxe, au printemps le soir, et en automne le matin.

Sa dénomination est motivée par le fait qu'elle s'étend le long du zodiaque. Mentionnée dans les observations des Anciens, elle a été étudiée pour la première fois par J-D.Cassini et N.Fatio.

Visibilité de la lumière zodiacale : aux solstices, très faiblement inclinée sur l'horizon, elle monte à peine jusqu'à 20° de hauteur, elle est quasiment inobservable dans le crépuscule. Aux équinoxes, elle atteint facilement 45° de hauteur sur l'horizon et est observable pendant près de deux heures. Suivant le Soleil dans sa ronde quotidienne, elle s'enfonce progressivement le soir sous l'horizon Ouest.

Dans les bonnes conditions de visibilité, la lumière zodiacale forme un cône d'une largeur de 25 à 30° sur l'horizon et qui peut atteindre 70 à 80° de long. Pour qui l'a observée une fois, cela devient un spectacle facile. La lumière zodiacale est responsable du quart de la brillance totale du ciel nocturne.

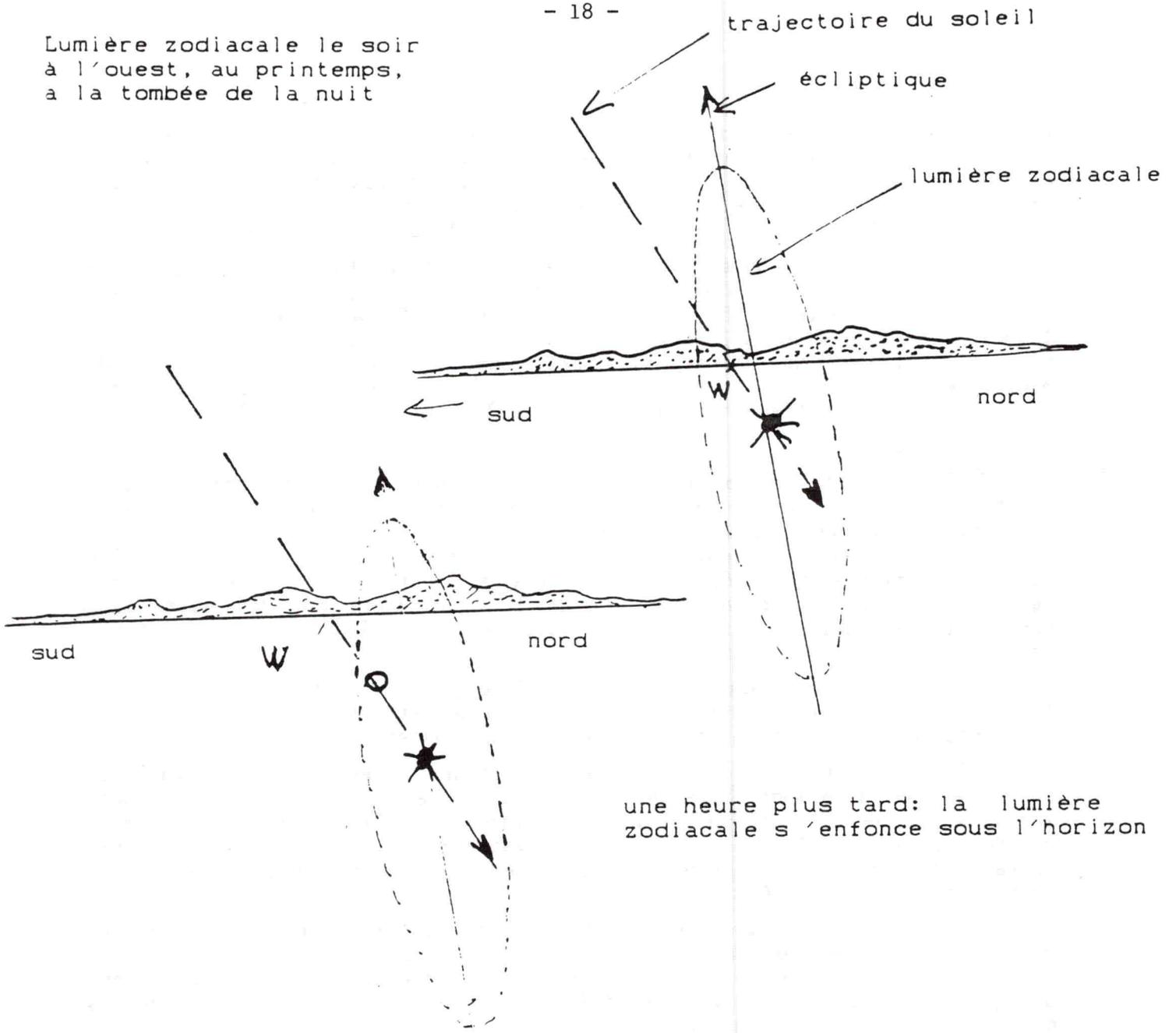
Nature de la lumière zodiacale : le spectre de la lumière zodiacale est identique à celui du Soleil, il s'agit donc de lumière solaire diffusée par des poussières et des électrons libres. L'axe du fuseau est incliné de 7° sur l'écliptique et correspond en fait au plan équatorial du Soleil et à la trajectoire de Vénus. Il semblerait donc qu'il existe un anneau de matière dans le plan équatorial du Soleil comme il existe un système d'anneaux autour des planètes géantes.

Le nuage zodiacal est très ténu, sa masse est de l'ordre de 10 exposant -10 fois la masse de toutes les planètes et a une masse volumique de 10 exp -23 g par cm cube à une unité astronomique du Soleil avec des particules de 1 à 100 microns ce qui représente moins de dix particules zodiacales dans un cube de 100 m de côté, au niveau de la Terre.

Le gegenschein : en 1803, A von Humbolt met en évidence le gegenschein ou lumière antisolaire. Le gegenschein est un prolongement de la lumière zodiacale qui marque un maximum relatif de luminosité au point diamétralement opposé au Soleil, le point antisolaire. Il est formé par la diffusion de la lumière par des particules, dans la direction de la source.

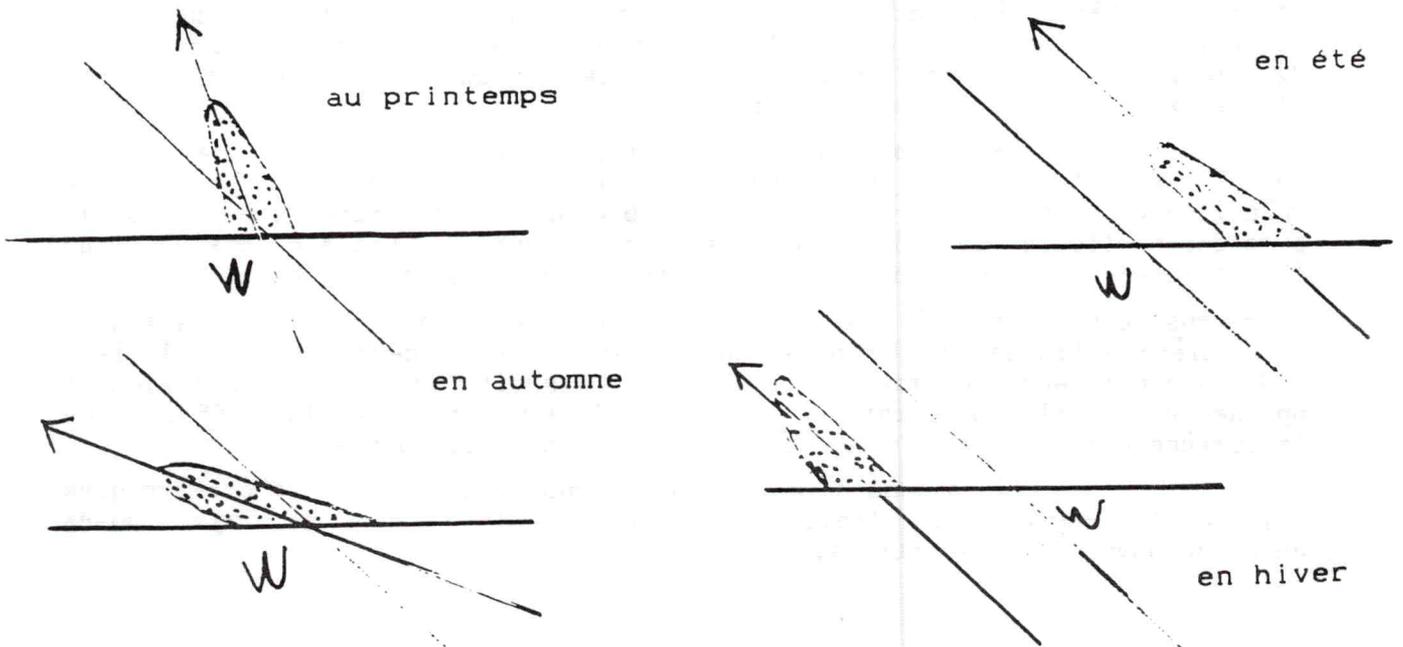
Le gegenschein apparaît dans des mesures photométriques mais semble invisible à l'oeil nu ou même sur les photos à longues poses après de nombreuses tentatives.

Lumière zodiacale le soir
à l'ouest, au printemps,
à la tombée de la nuit

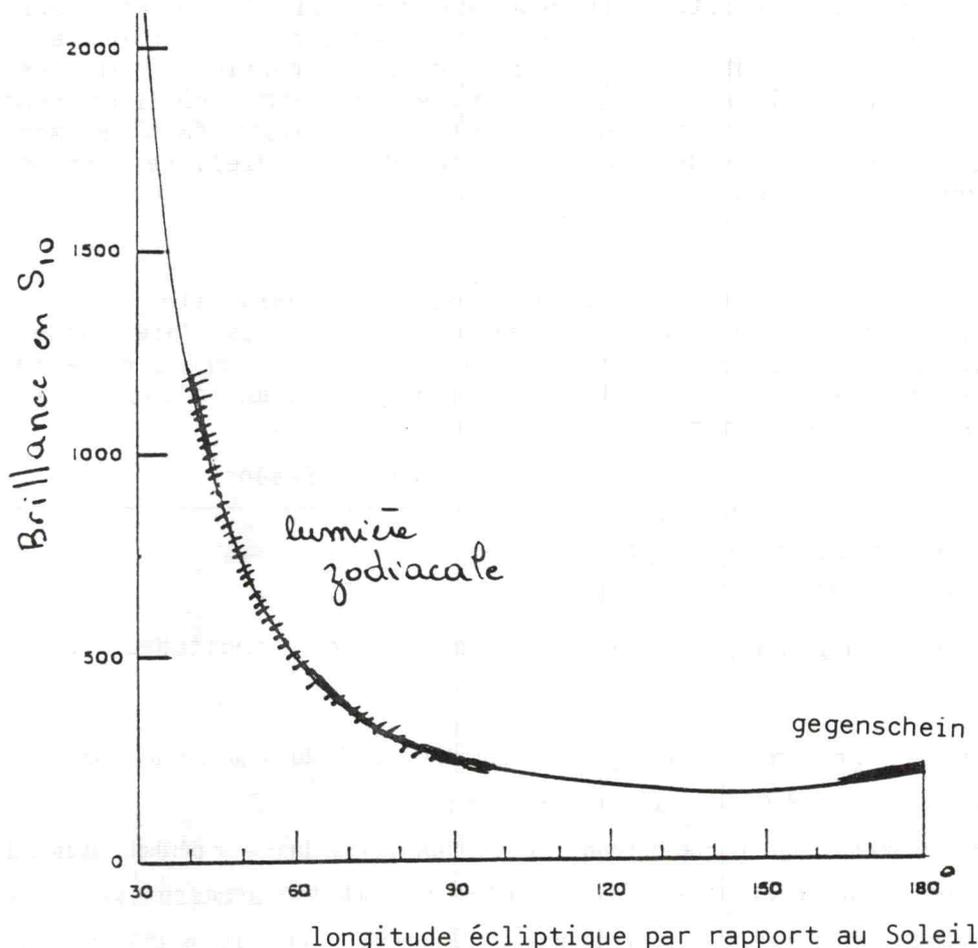


une heure plus tard: la lumière
zodiacale s'enfonce sous l'horizon

Lumière zodiacale vers l'ouest aux différentes saisons.



Distribution de la lumière zodiacale



L'AURORE GENERALE PERMANENTE OU NIGHTGLOW

Si l'on fait le bilan des contributions partielles des étoiles, de la Voie Lactée et de la lumière zodiacale à la luminosité nocturne, on est loin d'arriver à 100%. Il existe une source de lumière qui nous a échappé. Elle est pourtant très proche de nous, il s'agit de l'atmosphère terrestre.

Écoutons l'astronaute américain Joseph Allen en train de survoler la face de la Terre dans la nuit : "Je crois que je m'étais imaginé que je saurais toujours où la Terre se trouverait, même dans le noir. Il y aurait eu, soit des lumières visibles au sol, soit la lueur du Soleil sur le point de se lever filtrant de l'horizon. Au lieu de tout cela, je trouvai le noir le plus noir que j'aie jamais vu. Le meilleur moyen de retrouver la Terre dans le noir, c'est de suivre la piste des étoiles jusqu'à ce qu'elles disparaissent. Quand elles ont disparu, c'est que la Terre a intercepté leur lumière." Ainsi, hors de l'atmosphère, la nuit est noire.

L'ionosphère : les hautes couches de l'atmosphère réagissent sous l'effet du Soleil. La matière y est ionisée. Ces couches constituent l'ionosphère et réfléchissent les ondes radio. Elles se situent dans la haute mésosphère et dans la thermosphère. La couche E entre 100 et 160 km d'altitude est encadrée par la couche D en dessous de 100 km et par la couche F à plus de 160 km. Cette couche se subdivise d'ailleurs en deux couches F1 et F2 (F2 au dessus de 250 km). L'ionosphère se manifeste aussi par un phénomène de luminescence.

L'aurore générale permanente ou nightglow : une partie de la luminosité des nuits sans Lune est due à cette luminescence dont la clarté est aussi intense que celle de toutes les étoiles réunies. Parfois la luminescence est exceptionnellement importante, liée à des grosses éruptions solaires, et on parle alors de nuit claire. Au cours de telles nuits, où l'on peut lire les titres du journal à contre nuit, certaines étoiles faibles sont invisibles et on distingue parfois des bandes claires dans le ciel. Le phénomène peut se prolonger sur plusieurs nuits.

CONCLUSION

Ainsi, par les nuits sans Lune, la luminosité du ciel nocturne provient, presque à parts égales, des étoiles, de la Voie Lactée, de la lumière zodiacale, si souvent ignorée, et de l'aurore générale permanente. Nous aborderons une autre fois les phénomènes lumineux occasionnels, halos, aurores polaires ou autres nuages noctilucents.

Françoise Suagher (Besançon, 1990)

LE COURRIER DES LECTEURS

ERRATUM De notre ami Bruno Morando, Astronome au Bureau des Longitudes, cette lettre du 18 juin 1990

Je viens de recevoir le numéro 50 des Cahiers Clairaut dans lequel j'ai lu un article de Jean-Michel Rolando intitulé "Cercles ou ellipses. Réflexions sur la trajectoire des planètes".

Cet article a un appendice sur l'avance du périhélie de Mercure où l'on dit que ce périhélie avance de 40" par siècle et que ce phénomène ne peut pas s'expliquer par la théorie. Il y a là deux erreurs grossières: le périhélie de Mercure avance de 5590" par siècle environ par rapport à l'équinoxe moyen de la date (565" par siècle environ par rapport à un équinoxe fixe) et ceci s'explique très bien par l'effet des perturbations créées sur le mouvement de Mercure par les autres planètes du système solaire. Ce que Leverrier, puis Newcomb après lui, ont remarqué c'est que si l'on tient compte de toutes les planètes on calcule une valeur de l'avance du périhélie de Mercure plus faible de 40" par siècle que celle que fournissent les observations. Ce phénomène n'a pas reçu d'explication satisfaisante avant qu'Einstein montre que le résidu de 40" par siècle était dû à la relativité générale.

L'auteur de l'article ayant très judicieusement mis en garde contre "Les dangers d'une connaissance mal assimilée", il me semblerait opportun de signaler son erreur à vos lecteurs.

La rédaction du Bulletin de l'UdP Notre collègue J-Cl. Herpin nous annonce qu'il est remplacé à la rédaction du BUP par André Boussié, professeur au lycée Henri IV qui continuera à entretenir les bonnes relations entre CLEA et UdP. Il ajoute : "Ma présence aux assemblées générales du CLEA m'a fait découvrir toutes vos activités. Je souhaiterais donc faire partie du CLEA à titre personnel l'an prochain."

Séminaire sur l'histoire de l'enseignement scientifique Ce séminaire organisé depuis 1988, continue, animé conjointement par Bruno Belhoste et Nicole Hulin. Les séances auront lieu le vendredi de 14 h à 16 h, à l'INR², 29 rue d'Ulm, 75005 Paris. Au programme : 9 novembre 1990, le problème de physique au XIX^{ème} et XX^{ème} siècles (Nicole Hulin) ; 23 novembre 1990, l'arithmétique des maîtres-écrivains-arithméticiens au XVIII^{ème} siècle : entre formation professionnelle et apprentissage de base (Jean Hébrard) ; 7 décembre 1990, l'arithmétique dans l'enseignement secondaire au XIX^{ème} siècle (Bruno Belhoste) ; même sujet le 21 décembre.

Rubrique : Au petit curieux - Optique curieuse



En vous plaçant très près de votre miroir, regardez à travers les dents de votre peigne auquel vous imprimerez un mouvement lent de va-et-vient horizontal. Les dents du peigne vous paraîtront immobiles.

L'explication est simple : il s'agit de franges de moiré, produites entre le peigne et l'image du peigne dont les dents paraissent plus serrées à votre œil.

Ce phénomène amusant nous avait été signalé, jadis, par J. Heidmann, le célèbre bio-astronome.

LECTURE DE PTOLEMEE

"On peut avoir de la vertu sans être instruit mais il est impossible d'arriver à une connaissance et une compréhension théorique sans instruction."

Ptolémée (Livre I, préface)

A la bibliothèque du Laboratoire d'Astronomie d'Orsay, j'ai emprunté un beau livre, l'Almageste de Ptolémée, dans une nouvelle traduction anglaise par G.J.Toomer (694 pages ; éd Springer Verlag 1984). Une lecture passionnante dont je voudrais faire profiter les lecteurs des Cahiers Clairaut car j'imagine que beaucoup d'entre eux n'auront pas le loisir de se plonger dans ce gros volume.

Sans doute aurait-il mieux valu se reporter au texte original tel qu'il fut publié, aux environs de l'an 150, à l'époque du règne de l'empereur Antonin. Mais l'ouvrage était écrit en grec, langue que j'ignore complètement. Une traduction française existe, par N.Halma, dont Toomer, notre traducteur anglais actuel, dit qu'elle est pratiquement indisponible. Et comme cette excellente traduction anglaise, enrichie de nombreuses notes, les Astronomes du Labo ont bien voulu me la confier, je vais essayer de vous en faire apprécier la richesse.

Vous savez déjà que Ptolémée a vécu à Alexandrie de 100 à 175. La dernière observation astronomique utilisée dans son livre date du 2 février 141. Quant au livre lui-même, il portait initialement le titre "Traité mathématique systématique" qu'on condense parfois en "Syntaxe mathématique". C'est un exposé complet d'astronomie qui supplante tous les précédents, y compris ceux de Hipparque qui ne seront dès lors plus copiés, même si les références aux données et aux travaux de Hipparque sont toujours de mise. Quand le mathématicien Pappus écrit à Alexandrie, vers 340, ses "Collec-tions mathématiques", son livre VI est un commentaire du livre de Ptolémée considéré comme l'ouvrage de référence en astronomie qu'il restera pendant plus de mille ans. Sous cet aspect, on peut comparer son influence à celle des Eléments d'Euclide (à ceci près que l'ouvrage de Copernic au XVI ème siècle met pratiquement fin à l'influence du livre de Ptolémée, alors que la publication des géométries non-euclidiennes par Lobatchevsky, Bolyaï et Riemann ne ternit en rien le lustre d'Euclide - c'est toute la différence entre science de la nature et science mathématique).

Aux VIII ème et IX ème siècles, des traductions de la Syntaxe mathématique en syriaque et en arabe commencent à se répandre. Deux de ces traductions, au XII ème siècle, donnent le titre "al-mjsty" qui dérive d'un mot grec signifiant "le plus grand traité" et qui est devenu, dans le latin médiéval, "almagesti", ancêtre du titre devenu aujourd'hui courant Almagest.

Le texte grec fut encore copié sous l'empire byzantin mais sa connaissance en fut perdue en occident. Si bien que la traduction latine du texte arabe par Gérard de Crémone (Tolède, 1175) devint la principale source des commentaires de l'Almageste publiés au Moyen Age.

C'est encore sur cette source que travaillait Georg Purbach (1423-61) à Vienne quand il fut rejoint par Johann Müller (encore appelé Regiomontanus). Les deux savants découvrirent maintes imperfections du texte latin. Après la mort de Purbach, Regiomontanus vint en Italie, y étudia le grec et prit connaissance d'un texte grec de la Syntaxe. Ce qui lui permit en 1463 de publier à Venise l'ouvrage révisé de Purbach "Epitome in Cl.Ptolemaei magnam compositionem".

REGIOMONTANUS (1436-76)

Né à Königsberg, Johann Muller qui s'appelait lui-même Johann de Montereccio, fut finalement connu sous le nom de Regiomontanus. Après sa rencontre avec Purbach à Vienne et ses études de grec en Italie, il reçut mandat du roi de Hongrie de réunir des manuscrits grecs et pour cela il s'établit à Nüremberg où il construisit le premier observatoire européen. Il publia des calendriers, observa une comète (peut-être le passage de 1456 de la comète de Halley) ; il fut appelé en consultation par le pape au sujet de la réforme du calendrier. Au cours d'un de ses séjours à Rome, il fut assassiné mais rien n'indique que ce crime fut lié à ses activités savantes.

Regiomontanus mérite d'être connu, non seulement pour son rôle en astronomie mais aussi pour ses travaux mathématiques en trigonométrie plane et sphérique ainsi qu'en algèbre. Il fut le premier, dans l'Europe de la Renaissance, à commenter Diophante.

La première édition imprimée de l'Almageste reprenait le texte latin de Gérard de Crémone (Venise 1515). Mais le texte grec fut imprimé peu après par Hergravius (Bâle 1538, c'est à dire peu d'années avant la publication de l'ouvrage de Copernic (1543) qui allait, à terme, marquer la fin de l'influence de Ptolémée.

La traduction anglaise de G.J.Toomer part du texte grec établi par Heiberg, à une centaine de petites corrections près que Toomer signale et justifie quand elles se présentent. L'ouvrage présente donc toutes les garanties de rigueur et de précision.

CE QU'EST L'ALMAGESTE ET CE QU'ELLE N'EST PAS

L'Almageste se présente comme une suite de treize "livres"- dont voici les titres - subdivisés en chapitres. :

- I. Après un bref aperçu sur l'Univers tel que le voit l'astronome, exposé des connaissances utiles de trigonométrie.
- II. Questions d'astronomie sphérique en relation avec lever et coucher du Soleil, durée du jour solaire, etc.
- III. Théorie du Soleil.
- IV. Théorie de la Lune ; parallaxe du Soleil et de la Lune.
- V. Compléments à la théorie de la Lune ; on y trouve aussi la théorie de l'astrolabe.
- VI. Les éclipses et retour sur les parallaxes du Soleil et de la Lune.
- VII. Les étoiles fixes, hémisphère nord.
- VIII. Les étoiles fixes et la Voie Lactée, l'hémisphère sud.
- IX. Théorie des planètes.
- X. Suite de la théorie des planètes, cas de Vénus et de Mars.
- XI. Suite de la théorie des planètes, cas de Jupiter et de Saturne.
- XII. Suite de la théorie des planètes, les rétrogradations.
- XIII. Suite et fin de la théorie des planètes, les mouvements en latitude céleste.

En résumé, 380 pages sur l'astronomie sphérique et ses applications à l'observation des apparences ; 230 pages sur la théorie des planètes qui fait l'originalité de l'ouvrage. Nous ne négligerons pas cependant la première partie qui nous fera comprendre les moyens dont disposait Ptolémée pour construire sa théorie.

CE QUE LE LECTEUR DE L'ALMAGESTE DOIT SAVOIR

Toomer nous donne quelques bons conseils pour tirer le meilleur profit possible de notre lecture de l'Almageste.

Bien comprendre, par exemple son écriture des nombres. Ptolémée utilise un système sexagésimal de numération que les Grecs ont emprunté aux Babyloniens. Ils écrivent, par exemple 6,13;10,0,58 ce qui signifie : $6.60 + 13.1 + 10.60^{-1} + 0.60^{-2} + 58.60^{-3}$

que Toomer convient d'écrire (en condensant la partie entière) : 373;10,0,58

Pour l'écriture des fractions, Ptolémée emploie la méthode égyptienne qui ne connaît que la fraction $\frac{2}{3}$ et les inverses d'entiers; ainsi écrit-il $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ au lieu de $\frac{3}{4}$. (Petit exercice d'arithmétique pour nos élèves, par exemple traduire $\frac{57}{43}$ en somme de fractions égyptiennes)

En trigonométrie, Ptolémée nous paraît encore plus maladroit. Il ignore le cosinus et n'utilise pas le sinus mais les cordes. Ses calculs révèlent une excellente connaissance d'Euclide mais entraînent des développements sur lesquels nous ne nous attarderons pas. Il suffit de savoir qu'il utilise un cercle dont le diamètre est divisé en 120 parties égales (toujours la numération sexagésimale).

Pour la chronologie, Ptolémée utilise l'année égyptienne (365 jours répartis en douze mois de 30 jours plus 5 jours épagomènes en fin d'année) et l'ère Nabonassar. Ce dernier choix s'explique : les premières observations auxquelles il se réfère datent du temps du roi Nabonassar le 1 du premier mois Thoth de l'an 1 de Nabonassar correspond au 26 février de -746 ou 747 av J-C dans le calendrier julien.

Dans l'indication des dates, Ptolémée cite souvent deux nombres car, dans l'antiquité, le début du jour correspond au lever du Soleil en Egypte ou à son coucher à Babylone : Pour un événement entre lever et coucher du Soleil, les deux dates sont identiques ; pour un événement entre coucher et lever du Soleil, la date n en Egypte est notée n+1 à Babylone. Bien d'autres difficultés résultent du recours par Ptolémée à divers autres calendriers ; Toomer a pris le parti de traduire chaque fois en revenant à la date correspondante dans le calendrier julien, merci à lui.

Le catalogue d'étoiles citées par Ptolémée répartit celles-ci en 48 constellations. Toomer traduit chaque fois les notations de Ptolémée en notations traditionnelles, affectant sa traduction d'un astérisque dans les cas où un doute peut subsister sur l'identification proposée. Pour chaque étoile, Ptolémée donne sa localisation dans la constellation, son éclat, sa couleur, sa longitude, sa latitude, sa magnitude (échelle des grandeurs de 1 à 6 selon Hipparque). Notation : par exemple XXXIX,2 pour la deuxième étoile de la 39 ème constellation, ici Procyon dans Canis Minor.

LES PREMIERS LIVRES

Entrons enfin dans le texte de Ptolémée lui-même. Sachant que nous parcourerons plus vite les premiers livres car nous avons hâte d'arriver à la théorie des planètes. Mais ces préliminaires auront tout de même l'avantage de nous familiariser avec sa façon de penser.

LIVRE I. Les deux premiers chapitres servent de préface, les intentions de l'Auteur, et de commentaire du plan. Chap.3 : "Que le ciel se déplace comme une sphère". Autrement dit, le mouvement diurne donne l'idée d'une sphère céleste qui tourne sur elle-même.

Chap.4 : "Que la Terre est sensiblement sphérique". Ce n'est pas une nouveauté, les Pythagoriciens l'ont affirmé et justifié plus d'un demi millénaire auparavant. Il suffit, dit Ptolémée, de constater que les moments d'apparition du Soleil et de la Lune changent si on va vers l'Est ou vers l'Ouest, que les étoiles visibles au Sud changent si on se déplace vers le Nord ou vers le Sud ; la forme cylindrique est donc exclue pour la Terre. Les Pythagoriciens faisaient intervenir des raisons mystiques (la perfection de la forme sphérique), Ptolémée s'en tient à des raisons fondées sur l'observation.

Chap.5 : "Que la Terre est au milieu des cieux". Car si ce n'était pas le cas, si elle était hors de l'axe du monde, il faudrait pourtant qu'elle soit équidistante des deux pôles, et si elle était sur l'axe il faudrait qu'elle se soit déplacée vers l'un des pôles ou vers l'autre. Autrement dit des arguments purement géométriques ; avec cette remarque qu'on parle des deux pôles et que le pôle austral n'est pas visible d'Egypte. Cependant, l'argumentation se développe en parlant pour la première

fois de la "sphaera recta", la sphère céleste locale pour un observateur situé sur l'équateur terrestre (tous les parallèles d'égale déclinaison sont alors "recta", perpendiculaires au plan horizontal).

Chap. 6 : "Que la Terre a la dimension d'un point par rapport à la sphère céleste". Tout se passe comme si les constellations sont placées sur un sphère céleste aussi grande que l'on veut.

Chap. 7 : " Que la Terre ne peut avoir aucun mouvement qui la déplacerait d'où elle est." Ce qui résulte logiquement du chap 5, la Terre est au centre du monde.

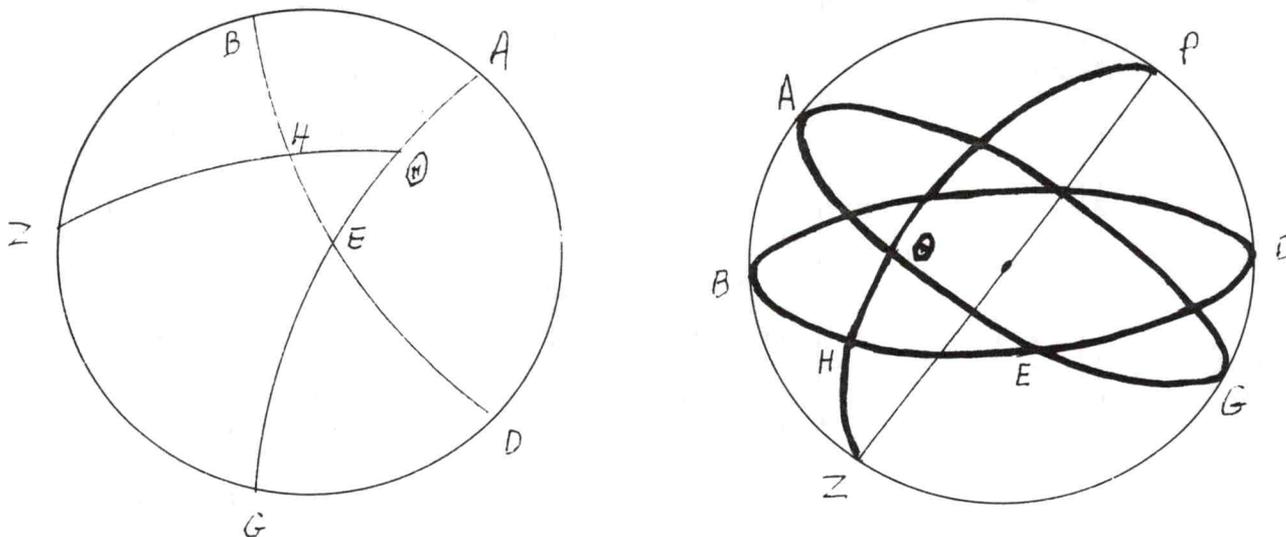
Chap. 8 : "Qu'il y a deux mouvements différents dans le ciel", 1°) le mouvement d'ensemble du ciel étoilé d'Est en Ouest, d'où la définition des pôles et de l'équateur célestes ; 2°) le mouvement dans l'autre sens, et autour d'un autre axe, du Soleil, de la Lune et des cinq planètes, d'où la définition du grand cercle de l'écliptique.

Chap. 9 à 16 : calculs de cordes, autrement dit calculs trigonométriques dont vous seriez vite lassés ; je renvoie à un encadré, pour les curieux, un exemple de ces calculs.

LIVRE II. Il traite de problèmes d'astronomie sphérique pour les régions habitées ; Ptolémée entend par là un quart de l'hémisphère Nord puisque l'ombre méridienne du Gnomon à l'équinoxe est toujours dirigée vers le Nord et que les écarts en longitude des heures d'éclipse de Lune diffèrent toujours de moins de douze heures.

Ces problèmes de sphaera obliqua (sphère céleste locale pour un observateur non situé sur l'équateur terrestre) sont du genre suivant: "la durée du jour le plus long étant donnée, comment trouver l'arc de l'horizon compris entre lever et culmination du Soleil."

Sur la figure de gauche, nous reproduisons celle qu'a dessinée Ptolémée ; à droite la traduction que nous en donnons en reprenant les mêmes lettres (en y ajoutant le pôle boréal P) et en utilisant une perspective axonométrique approximative qui nous est plus familière.



ABZGD est le méridien du lieu, BHED la moitié Est de l'horizon (B le Sud, D le Nord), Z est le pôle céleste austral, ZH θ le cercle horaire du Soleil lors de son lever le jour du solstice d'hiver (après avoir annoncé "jour le plus long", Ptolémée trouve plus commode de dessiner la figure pour le jour le plus court). Il fait le calcul pour Rhodes. La donnée est l'arc E θ = 1h 15 mn ou 18°45' donc θA = 3 h 45 mn ou 71°15' qui correspond à la demi durée du jours le plus court. Ptolémée en déduit par des calculs de cordes qu'il est le seul à apprécier l'arc HB cherché peu différent de 60°.

Pb.2 : les données étant les mêmes, comment trouver la hauteur du pôle et vice versa. Autrement dit, connaissant l'arc ΘA calculer l'arc DP ou connaissant la latitude géographique du lieu, trouver la durée du jour le plus court.

Pb.3 : comment calculer pour chaque région quand et combien de fois le Soleil atteint le zénith. Ptolémée vit en Egypte et connaît donc des régions intéressées par le phénomène.

Pb.4 : déduire des données précédentes les rapports de du gnomon à son ombre pour les équinoxes et les solstices. Ne disposant pas d'un formalisme de calcul suffisant, Ptolémée expose les données de la sphaera obliqua parallèle par parallèle. Il obtient ainsi des tables des levers et des couchers des constellations zodiacales pour différentes régions, équateur, Basse Egypte, Rhodes, Angleterre méridionale. Il calcule ensuite l'angle entre horizon et écliptique.

Déterminer pour chaque ville sa latitude et sa longitude est en dehors du sujet de l'Almageste, Ptolémée renvoie le lecteur à sa Géographie. Pour la mesure des longitudes, il proposait a priori de les compter vers l'Est ou vers l'Ouest à partir du méridien d'Alexandrie mais finalement il préféra choisir comme méridien origine celui des Iles Fortunées, à l'extrême Ouest du monde alors connu de sorte que toutes les longitudes étaient orientales.

° °

J'arrête ici la première partie de ce feuilleton ptoléméen. Le bilan est maigre, mais c'était sans doute inévitable tant la pensée de l'auteur est éloignée des préoccupations astronomiques actuelles. Cependant même si nous sommes impatients d'en arriver aux planètes, je crois que nous aurons intérêt à lire attentivement le chapitre 3 sur le Soleil. Dans un prochain numéro des Cahiers ; pour l'instant, payons nous le luxe d'un calcul de cordes à la manière de Ptolémée.

(à suivre)

K.Mizar

LA TRIGONOMETRIE DE PTOLEEMEE

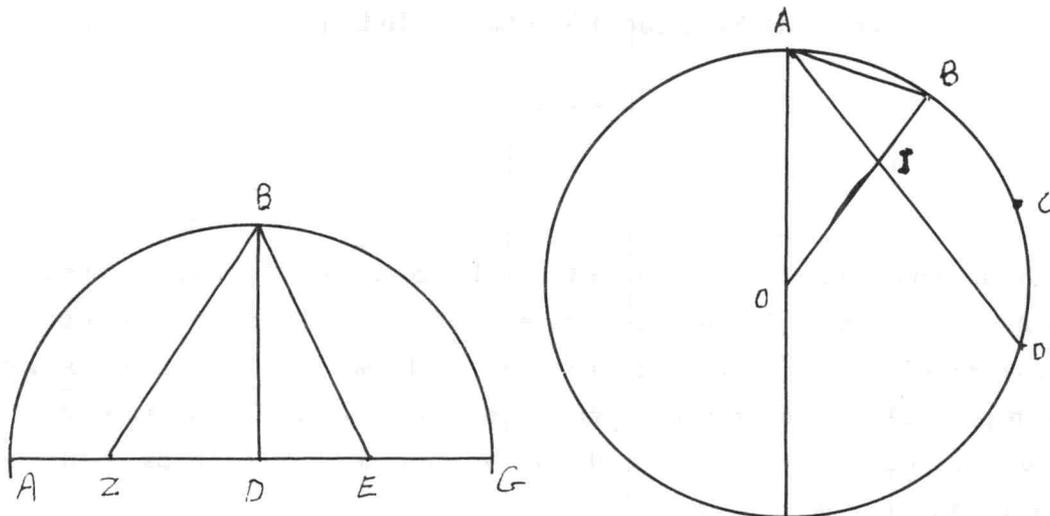
Voici comment calcule le côté c du décagone régulier convexe qui sera pour lui la corde de l'arc de 36° . Il considère la figure suivante (à gauche) : un demi cercle de diamètre AG égal à 120 parts, de centre D ; E est le milieu de DG, Z sur DA tel que EZ = EB. Il démontre que ZD est le côté c du décagone régulier convexe et BZ le côté c' du pentagone régulier convexe :

d'après Euclide, $GZ \cdot ZD + ED^2 = EZ^2$
comme $EZ = EB$ et $EB^2 = ED^2 + DB^2$ il en résulte
 $GZ \cdot ZD + ED^2 = ED^2 + DB^2$, $GZ \cdot ZD = DB^2$ ou $GZ \cdot ZD = DG^2$

qui exprime que GZ a été partagé en moyenne et extrême raison. Or Ptolémée sait son Euclide sur le bout des doigts, il sait donc que si le décagone et le pentagone réguliers convexes sont inscrits dans le même cercle, leurs côtés sont les parties d'un même segment partagé en moyenne et extrême raison. Donc $c = DZ$.

Pour le côté c' du pentagone, Ptolémée s'appuie sur la relation $c'^2 + DA^2 = c^2$ donc $c' = BZ$;

Avec $AG = 120$, $DE = 30$, $EB^2 = 3600 + 900 = 4500$
 $EZ = 67;4,55$ et par soustraction $DZ = c = 37;4,55$ et $BZ = c' = 70;32,3$



Je me suis amusé à comparer avec le même calcul tel qu'il est présenté dans la célèbre Géométrie de Hadamard qui a enchanté mes jeunes années (tome 1, p.162) :

"Théorème : le côté du décagone régulier inscrit est égal au plus grand segment du rayon divisé en moyenne et extrême raison."

Sur la figure de droite $AB = c$, $ABCD\dots$ les sommets du décagone. AD est donc la bissectrice de OAB . Hadamard calcule les angles du triangle OAB , $AOB = 2/5 \text{ dr}$, $OAB = OBA = 4/5 \text{ dr}$; AD coupe OB en I ; AIB angle extérieur au triangle AIB est égal à $OAI + AOI$ soit $4/5 \text{ dr}$; les triangles ABI et AOI sont isocèles, $AB = AI = OI$. AI étant la bissectrice dans le triangle AOB , $OI/IB = OA/AB$ qui s'écrit

$$OI/IB = OB/OI \quad \text{cqfd}$$

En posant $OB = r$ on trouve $OI = c = r \frac{5-1}{2} = 0,618 r$

Comparons avec la valeur trouvée par Ptolémée :

37;4,55 pour un rayon de 60 soit avec nos notations 0,628 r

EDOUARD BRANLY ET LA T.S.F.

_____ A l'occasion du centenaire de la découverte du tube à limaille (ou cohéreur) par Edouard Branly, une journée se tiendra, présidée par Etienne Guyon, Directeur du Palais de la Découverte, le mardi 9 octobre 1990 de 9 h à 17 h 30, au Palais de la Découverte sur le thème TRADITION OU INNOVATION ?

Interviendront notamment Christine Blondel, Paolo Brenni, Jean Cazenobe, Robert Fox, Guy Giraud, Nicole Hulin, Andreas Kleinert, Dominique Pestre, Terry Shinn...

Information auprès de Christine Blondel (CSI) (1) 40
05 75 52 Fax :40057222 ou Patrice Carré (CNET) (1)47 43 98 80 Fax:40719788

Cyrano de Bergerac et le Système de Copernic

Un siècle ou presque de succès au théâtre, et de récents triomphes au cinéma pour la comédie héroïque d'Edmond Rostand ont-ils sauvé du flou l'image d'Hector Savinien Cyrano de Bergerac (1619-1655) et la connaissance de son œuvre ? La fiction a eu trop de place dans cette œuvre pour qu'on puisse la regarder comme scientifique, encore que son "Idée générale de la Physique et de la Cosmographie" ait directement influencé le très sérieux "Traité de Physique" de Jacques Rohault (1671).

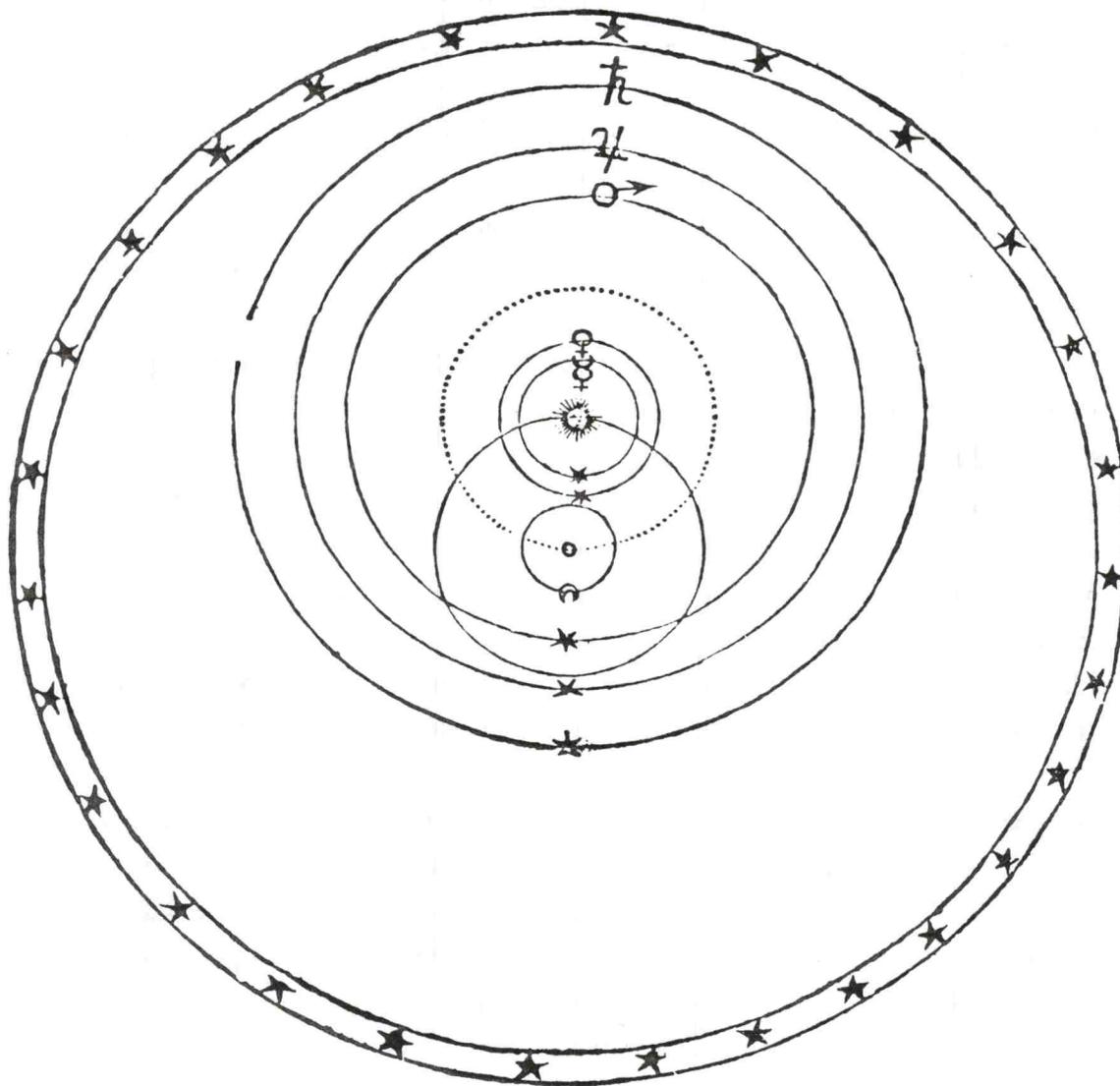
Mais Cyrano dut-il n'être considéré que comme un dilettante, qu'il mériterait notre respect pour avoir clairement soutenu le mouvement de la Terre et l'héliocentrisme ; et cela suffirait à justifier l'auréole d'anticonformisme et de courage intellectuel que lui accrédi-ta Rostand.

Vers le milieu du XVII^e siècle, c'est-à-dire une centaine d'années après la publication du "De Revolutionibus Orbium Celestium", rares sont encore les auteurs qui avouent préférer la simplicité du système de Copernic au fatras de cercles arbitraires que le géocentrisme exige. L'idée héliocentrique fait certes son chemin, mais le ralentissement que lui impose la condamnation de Galilée (1633) est considérable - spécialement semble-t-il en France, où l'écho rencontré par Copernic au XVI^e siècle et au début du XVII^e avait déjà été fort discret.

C'est en effet la prudence qui dicte alors leur attitude aux philosophes, et même aux plus grands d'entre eux, qu'on ne saurait tenir pour anticoperniciens dans leur âme, mais qui nous contraignent un peu trop, pour nous persuader du contraire, à "lire entre les lignes". Dix ans après avoir renoncé, à cause de la sentence Galilée, à publier son "Traité de la Lumière", René Descartes publie en 1644 ses "Principes de la Philosophie" qui sont d'esprit copernicien, mais où il croit utile de "nier le mouvement de la Terre avec plus de soin que Copernic et plus de vérité que Tycho (3^{ème} partie, article 19). "Je ne voudrais pour rien au monde qu'il sortît de moi un discours où il se trouvât le moindre mot qui fût désapprouvé par l'Eglise" - voilà ce que Descartes écrit le 20 novembre 1633 au Père Marin Mersenne, qui de son côté se hâte d'expurger ses œuvres des passages pro-coperniciens, excepté dans une version confidentielle, où ils subsistent.

Pierre Gassendi, dont a parlé Jean-Claude Pecker dans son histoire du Collège de France (Cahier Clairaut n° 39, p. 27), eut Cyrano de Bergerac pour disciple, ainsi que Molière. Grand adversaire de Descartes, Gassendi eut sur lui la supériorité d'être un observateur assidu du ciel ; et s'il n'est pas davantage que lui suspect de convictions géocentriques intimes, il prit toujours soin de présenter dans ses œuvres (avec la même fausse impartialité qui avait été celle de Galilée) les systèmes de Ptolémée et de Tycho, avec celui de Copernic. Pourtant, la

façon qu'avait Gassendi de dessiner le système de Tycho en y ajoutant, en pointillé, une orbite terrestre héliocentrique (voir la figure) est assez révélatrice de sa préférence réelle.



Gassendi n'ayant publié qu'en latin (*Institutio Astronomica*, 1656), il faut attendre l'"Abrégé de la Philosophie de Gassendi" (1675) par son ami François Bernier pour trouver en français un exposé clair et détaillé du système héliocentrique. Encore, l'option de Gassendi et de Bernier pour ce qu'ils appellent "cette vigoureuse hypothèse" n'y apparaît-elle qu'indirectement, et sans assertion formelle. L'héliocentrisme était également présent, mais beaucoup moins accessible, dans l'œuvre touffue d'Ismael Boulliau (*Astronomia Philolaïca*, 1645).

L'immobilité de la Terre, en revanche, était encore soutenue par des personnages aussi officiels que Jean-Baptiste Morin, professeur au Collège Royal, ou Noël Durret, cosmographe de Louis XIII, dans divers ouvrages entre 1635 et 1650. Et ne lit-on pas dans les "Pensées" de Pascal (1670) "Je trouve bon qu'on n'approfondisse pas l'opinion de Copernic" ?

Cyrano fait un singulier contraste, non seulement avec ces géocentristes attardés, mais surtout, par sa rectitude, avec les coperniciens timides et feutrés, allant parfois jusqu'au reniement. Dans son "Histoire cosmique ou Voyage dans la lune" publié sans lieu, sans date et sans privilège vers 1650, c'est dans son style agréable et coloré qu'il opte sans détours en faveur de l'héliocentrisme :

"Je dis que la Terre ayant besoin de la lumière, de la chaleur et de l'influence de ce grand feu, elle tourne autour de lui pour recevoir également en toutes ses parties cette vertu qui la conserve. Car il serait aussi ridicule de croire que ce grand corps lumineux tournât autour d'un point dont il n'a que faire, que de s'imaginer, quand nous voyons une alouette rôtie, qu'on a pour la cuire, tourné la cheminée alentour. Autrement, si c'était au Soleil à faire cette corvée, il semblerait que la médecine eût besoin du malade, que le fort dût plier sous le faible, le grand servir au petit ; et qu'au lieu qu'un vaisseau cingle le long d'une province, la province tournerait autour du vaisseau... [...] De même que celui dont le vaisseau vogue terre-à-terre, croit demeurer immobile, et que le rivage chemine, ainsi les hommes, tournant avec la Terre autour du ciel, ont cru que c'était le ciel lui-même qui tournait autour d'eux. Ajoutez à cela l'orgueil insupportable des humains, qui se persuadent que la Nature n'a été faite que pour eux, comme s'il était vraisemblable que le Soleil, un grand corps quatre cent trente quatre fois plus vaste que la Terre, n'eût été allumé que pour mûrir ses nèfles, et pommer ses choux. Quant à moi, bien loin de consentir à leur insolence, je crois que les planètes sont des mondes autour du Soleil..."

Ce rapport 434 entre les "grandeurs" du Soleil et de la Terre - il s'agit évidemment des volumes - est celui qu'adoptait Gassendi, d'après une parallaxe solaire de 2'13" due à Philippe Lansberge, en léger progrès sur la parallaxe de 3' admise depuis l'antiquité (la limite supérieure de 15" proposée par Godefroy Wendelin, et dont K. Mizar a parlé dans le Cahier Clairaut n° 14, p. 11, n'avait pas été retenue par Gassendi). On voit que Cyrano suivait fidèlement son maître quant à la distance et à la dimension du Soleil, mais qu'il eut moins de scrupule que lui - et que bien d'autres - pour affirmer de la façon la plus directe le mouvement héliocentrique de notre planète.

René Dumont
Observatoire de Bordeaux

A PROPOS DE LA CANICULE

Cette été 1990, on a beaucoup parlé de la canicule et les explications les plus diverses n'ont pas manqué. Sur un poste de radio dont nous ne dirons pas le nom par bienséance, cette explication "sérieuse" :

"Aujourd'hui commence la canicule parce que la planète Sirius entre dans la constellation du Grand Chien."

L'ami qui nous transmet cette citation nous pose la question "à partir de quelle température, les ondes de la radio sont-elles perturbées?"

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

INFORMER. DOCUMENTER. DOSSIER SPECIAL ASTRONOMIE

Publication du CRDP de Paris

(37 rue Jacob, 75006 Paris), 68 p., 50 F.

Sous l'impulsion de Jean-Yves Daniel, directeur du CRDP, une équipe de collègues et d'astronomes animée par Jacqueline de La Verteuille et Catherine Vignon a réuni ce dossier documentaire sur l'enseignement de l'astronomie.

Qu'y trouve-t-on ? D'abord un "libre propos" de J-Y. Daniel sur les problèmes posés par cet enseignement et les solutions qui s'élaborent. La parole est ensuite aux astronomes : André Brahic précise la place de l'astronomie dans les sciences de la Terre et de l'Univers ; Lucienne Gouguenheim constate que l'astronomie fait beaucoup rêver mais précise aussi ce qu'est le travail de l'astronome aujourd'hui. Viennent ensuite les réflexions d'un enseignant astronome amateur que nous connaissons bien, Victor Tryoën cela sert d'introduction à des notes sur des expériences, des leçons sur l'espace dans une école élémentaire, sur l'option astronomie en classe terminale du lycée et sur l'astrophotographie d'amateur.

Puis viennent les pages plus directement documentaires sur les associations, - une bonne place est faite au CLEA -, sur les musées scientifiques, les observatoires, les revues, les livres, les vidéo cassettes, les diapositives. Sans oublier les programmes, tels qu'ils sont et tels qu'ils devraient évoluer après les travaux de la commission Bourdieu-Gros.

Ajoutons que le CRDP de Paris a accepté le dépôt des publications du CLEA dans son magasin de vente. Réjouissons-nous donc et de cette publication et de ces dispositions favorables.

CADRANS SOLAIRES ET ASTROLABES

Urania n°2, vol 1. Une brochure de 70 pages réalisée par Christian Dumoulin pour le Groupe de Recherches et d'Animations en Astronomie du Limousin (GRAAL) qu'il anime (prix 40 F).

Notre Collègue aime les calculs astronomiques, il a bien raison et il nous fait profiter de son expérience. Ici, sur les coordonnées, sur le temps et par suite sur la construction des divers cadrans solaires possibles. J'avoue avoir été particulièrement séduit par la théorie du cadran bifilaire que Francis Minot nous avait déjà présenté au colloque interIREM. Les amateurs de cadrans solaires ne peuvent pas tous se référer au volumineux traité de René Rohr (éd Oberlin de Strasbourg). Ils seront donc vivement intéressés par cette publication du GRAAL complétée par vingt pages sur l'astrolabe.

UNE HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

par Jean-Pierre Verdet, collection Points-Sciences;
384 p., éd Seuil 1990.

L'Auteur de ce livre est un spécialiste de l'histoire de l'astronomie qui travaille à l'Observatoire de Paris. Il est donc bien placé pour se documenter sur cette merveilleuse aventure que représente l'évolution des idées de l'humanité sur l'Univers.

Il faut aussi reconnaître que, dans ce domaine de l'histoire de l'astronomie, nous ne disposons pas, en français, d'un vrai traité de référence. Dans les quatre tomes de "l'Histoire Générale des Sciences" dirigée par R. Taton, il y a bien sûr, des chapitres sur l'astronomie, mais le caractère général de l'ouvrage exclut les développements un peu techniques qui seraient pourtant significatifs de l'évolution des idées et des méthodes. Dans les ouvrages d'Alexandre Koyré, de Gérard Simon, de Pietro Redondi sur Kepler ou Galilée, nous avons des analyses approfondies mais sur des sujets qui pour être essentiels n'en sont pas moins restreints.

Dans le petit volume dont J-P. Verdet disposait, dans

cette collection au format de poche, il ne pouvait évidemment pas entrer dans le détail. Sa première partie, "de l'aube de l'astronomie à l'aurore de l'astrophysique" (230 pages) va des grands mythes anciens à la découverte de Neptune. Deuxième partie, l'évolution des moyens d'exploration, l'astronomie éclate en branches distinctes, optique, spatiale, radio. Troisième partie, "le voyage au bout du monde", traite du problème des distances, depuis Eratosthène jusqu'à la constante de Hubble. Enfin, quatrième partie, "la formation du système solaire", débouche sur la cosmologie contemporaine.

Ainsi, J-P. Verdet a pu traiter de l'histoire classique et amorcer l'histoire des grands problèmes de l'astronomie d'aujourd'hui. Comme le livre est complété par une bibliographie (où je regrette l'absence du "Galilée hérétique" de Redondi), des repères chronologiques et douze colonnes d'index des noms cités, son ouvrage sera un outil de travail apprécié par tous ceux qui souhaitent faire une place à l'histoire dans leur enseignement.

DANS LES REVUES

Faute de pouvoir signaler tous les articles d'astronomie parus durant un trimestre, nous retenons quelques titres particulièrement intéressants pour les enseignants.

Une documentation précise et complète sur "les méridiennes de l'église Saint-Sulpice à Paris" par G. Camus, P de Divonne, A. Gotteland et B. Tailler dans L'Astronomie (mai 1990). Une visite à ne pas manquer, que l'on soit parisien ou provincial.

Ciel et Espace (juillet-août 1990), un numéro spécial sur "L'étoile Soleil".

Gnomon, la sympathique Newsletter of the Association for Astronomy Education publie dans son numéro d'été 1990 le numéro de printemps de "The Universe in the Classroom", la newsletter on Teaching Astronomy éditée par l'Astronomical Society of the Pacific et l'American Astronomical Society. Pour cette fois c'est un glossaire introductif, une quarantaine de notices de "Asteroïd" à "White Dwarf". Ne sentez-vous pas qu'à travers le monde, aussi divers que soient les systèmes d'enseignement, un mouvement se dessine. Rassure-toi, Galilée, on finira par apprendre aux petits enfants que la Terre tourne.

LE MERVEILLEUX ET LA VULGARISATION SCIENTIFIQUE

D'après l'écrivain Joseph Conrad, expert s'il en est en récits de voyage, l'auteur de tels récits s'expose à toutes les critiques. En comparaison :

"L'Auteur d'une oeuvre de vulgarisation scientifique est en bien meilleure posture puisque le sujet dont il traite est à proprement parler merveilleux en soi, que pour cette raison une multitude d'intellectuels vont fiévreusement le gober ou à tout le moins le recevoir bouche bée, pour entirer eux-mêmes des conclusions qui confortent leur sens du merveilleux."

Dans "Voyager selon Conrad" (Le Monde du 19900525)

UNE DATE A RETENIR

19901117

SAMEDI 17 NOVEMBRE 1990 de 10 HEURES à 18 HEURES
ASSEMBLEE GENERALE ANNUELLE DU CLEA
Université de Paris-Sud ORSAY

I N D E X T H E M A T I Q U E

(Les nombres indiqués renvoient aux numéros 1 à 50 des Cahiers Clairaut)

Enseignement et Astronomie

Statuts du CLEA	18, 19
les 10 ans du CLEA, des CC	39
historique des écoles d'été	39
avenir de l'enseignement de l'astronomie	45 à 47
la connaissance astronomique	28, 29
la recherche fondamentale	26
la culture et la science	39, 41
l'astro. au Collège de France	39
l'astronomie aujourd'hui	39
enseignement scientifique	46
hommage à J.C. Pecker	43
astro en maternelle	36
--- au CP	12, 13, 25, 26, 27
--- au CE1	13, 23
--- au CM	21, 31, 32, 47
--- en 4 ^e	1, 5, 6, 11, 14, 29
--- en 3 ^e	30
--- en collège, lycée	2, 12, 39
--- pour nos élèves	2, 4, 37 à 39, 48
--- à l'Ecole Normale	13, 23
les phases de la Lune	29, 31, 35
les éclipses	32
la comète	32, 36
les orbites des planètes	50
les constellations	38, 47
la couleur des étoiles	19
simulation sur ordinateur	46
classes vertes et astronomie	33, 34
contes et légendes	28, 36, 38
Tintin et l'astronomie	41
des métiers et l'astronomie	45
questionnaire aux élèves	10
Commission inter-IREM	39
exposition d'astronomie	9, 16
astro-méto	26
astro au Louvre	22
astro à La Villette	37
--- et publicité	45
astronomie à Besançon	18
--- en Finlande	27, 37, 44
--- à la Réunion	47
projets STAR, ESTEEM	44, 46, 50

Observations et Mesures

masse de la Terre	6
--- de Jupiter	25

chute des corps	17
distance Terre-Soleil	1
--- Terre-Lune	20, 37
distance d'un météore	17, 19, 22, 24, 29
distances (Grecs)	1
--- dans le ciel	2, 6
parallaxe du Soleil	14, 15, 16
rayon de la Terre	7, 8, 11, 13
--- ---	15, 19, 21
phases de la Lune	2, 4, 27, 29, 31
occultation d'étoiles	2
éclipse de Lune (1/3/80)	10
--- de Soleil (4/12/83)	24, 25, 26
--- --- (11/8/99)	50
la Lune et les naissances	42
arc-en-ciel	1, 2, 24, 25
le bleu du ciel	1, 22
rotation du Soleil	4, 9
taches solaires	4, 9
température du Soleil	6
--- (Paradis et Enfer)	1, 2
durée du jour et températures	45
le mouvement diurne	23, 24
mouvements apparents	9, 24, 29, 30
	36, 38
mouvement de la Lune	27
magnitudes planétaires	5, 28, 32
éclat de Vénus	5, 28
visibilité de Vénus	28, 30, 31, 34
boucles de Vénus	36
Vénus et les Pléiades	31, 32, 35
passages de Vénus	15, 39
orbite de Mars	5, 30
observation de Mars	35
Mars et Jupiter en 80	9
Vénus et Jupiter en 88	42
Jupiter et ses satellites	24, 25
la comète Iras-Araki-Alcock	22
--- de Halley	29 à 33
--- Bradfield	42
aspect visuel des étoiles	1
représenter la sphère céleste	10
navigation aux étoiles	12
spectres stellaires	1
étoiles variables	15
magnitudes stellaires	21
repérage de l'Etoile Polaire	6, 8, 9, 21
Mizar et Alcor	9, 10, 14
les saisons	3, 17, 24, 26
calendrier et astronomie	23 à 27
heure d'été, heure d'hiver	20
Le Syst. solaire à l'échelle	6, 25, 43
évolution de l'Univers (1 an)	16

Articles de fond et/ou d'actualité

arc-en-ciel	1,2,3,24,25
bleu du ciel	1,3,4,7,22
diffusion de la lumière	3,7
réfraction atmosphérique	1,8,39
le rayon vert	8
les couchers de Soleil	39
aurore polaire	13
Actualités 87 du Syst.Solaire	36,39
la recherche spatiale	3
le satellite Hipparcos	48
la planétologie	7,8,23
atmosphères planétaires	17
les radio-planètes	50
l'atmosphère de Venus	6
rotation de Vénus	4
Mars	35,36
Jupiter et Voyager 1-2	7,8,36
Saturne et Voyager 1-2	11,36
l'atmosphère de Titan	50
Uranus et Voyager 2	32,33,36
Uranus et Neptune	10,13
les anneaux de Neptune	28,29
Neptune et Voyager 2	47,49,50
Pluton, Charon	5,36,39
la Comète de Halley	3,27,31à37
les comètes	26,32
l'effet de marée	31,39
les marées océaniques	25,26,27,42
le moment cinétique	39
origine du Système Solaire	15,16,17,39
la pression de radiation	32
le vent solaire	39
les neutrinos solaires	21,22
durée de vie du Soleil	10,28
la formation des étoiles	5,25,39
les éléments chimiques	24
les étoiles variables	15,29,39
les étoiles naines	26
les naines brunes	43
le halo de la Voie Lactée	24
le ciel infrarouge	27,34,39,44
l'effet Doppler-Fizeau	5
la relation de Tully-Fischer	34
étoiles à neutrons, pulsars	25à28,36,39,45
les quasars	7,18,32, 35,36,41
les novae	23
la supernova de 1987	37,49
le pulsar de SN 1987 A	45

une protogalaxie proche	48
les galaxies faibles	42
les galaxies en anneau	44
bulles et filaments	35
un nuage intergalactique	36
arcs lumineux géants	38
mirages gravitationnels	18,30,42
noyaux actifs de galaxies	47,48
un trou noir supermassif	39
l'Observatoire ESO au Chili	19,20
le Spectro au T60 du Pic	20,32,38,47
le V.L.T.	41
le planétarium de Strasbourg	16,26
l'Horloge astro. Strasbourg	38
le mètre	23,25,28,46
l'objet Univers	14,29
cosmologie et Einstein	23,24
--- et expansion	25
--- et philosophie	22,26,27,28
l'Homme dans l'Univers	30,46
l'astrologie	2,13,14,19, 31,42,49

Instruments à construire

quadrant de Copernic	28
altimètre céleste	8
cadran solaire	11,17,19,23,24, 27,28,42
--- ---	49
canon solaire	49
hélioscope, héliomètre	6,7
héliographe	20
toise à Soleil	7,21
lunophase	26,49
cosmographe	31
sphère armillaire	30,38
héliolabe, astrolabe	18,47,48
stellotoposcope	47
transparent saisons, jour	49
--- fuseaux horaires	49
planétaire	22,23
---- et ordinateur	24
Syst.Solaire à l'échelle	6,25
sphère céleste	36
scintillement des étoiles	49
boite à ciel	33
calendrier perpétuel	31
lunette astronomique	13,16,17
monture équatoriale	9,19,37
télescope 200 mm	4
photographie du ciel	19
spectroscope	1,19
concours de La Villette	14,17

Histoire

Archimède	1
Argelander (Friedrich-W)	37
Aristarque	1,3
Bessel (Friedrich-W)	27
Biot (J-Baptiste)	38
Bouillaud (Ismael)	19
Bradley (James)	43
Cassini	14
Clairaut (Alexis)	1,30
Copernic (Nicolas)	21,24,29,33
Couderc (Paul)	12
Dauvillier (Alexandre)	39
Delambre (J. Baptiste)	39
Delisle (Joseph)	39
Duliris (Leonard)	45
Emilie (du Chatelet)	22
Encke (Johann)	16
Fabricius (David)	25
Fraunhoffer (Joseph)	37
Galilée	10,11,12...
Gassendi (Pierre)	39
Halley (Edmund)	15,30
Herschell (William)	10,13,25
Hévélius (Johannes)	35,37
Hipparque	3
Kepler (Johann)	4,9à12,23à25
Lalande (Joseph-J)	39
Lallemand (Andre)	39
Laplace (P. Simon de)	16
Le Gentil	15
Messier (Charles)	39
Newton (Isaac)	22,34à37
Peiresc (Nicolas)	11,12
Picard (Jean)	14,17,18
Richer (Jean)	14
Thales	1
Tycho Brahé	23,27
Vernier	15
Wendelin (Godefroy)	14
Wittig (Paul)	48
mesure des distances (Grecs)	1
la précession des équinoxes	3,7,43
l'héliocentrisme	48
l'attraction universelle	19,20,21
les Principia de Newton	22,34à37
les comètes	27,29,30
Uranus et Neptune	10,27
-- et Hershell	13,25
la parallaxe du Soleil	14,15,16,39
--- de 61 Cygni	27
l'aberration de la lumière	43

la Grande Ourse	9,10,14,16
l'éclipse de 1919	30
l'astronomie au Collège de France	39,43
la méridienne (Picard)	17
la carte de France (Picard)	18
le système métrique décimal	46
la canicule	22
la musique des astres	49
à la mémoire de Michel Hulin	47

Citations

Alain	21,22,46
d'Alembert	28
Bailly (Jean Sylvain)	42
Daudet (Alphonse)	16,28
Diderot (Denis)	33
Flammarion (Camille)	5,28
Flaubert (Gustave)	21
Hugo (Victor)	13,31
Lalande (Joseph J)	26,43
Laplace (Pierre Simon)	26,37
Perrin (Jean)	39
Poincaré (Henri)	17,21

Temps et Calendrier

le temps et la vie	30
temps moyen	2,8
--- sidéral	7,34
--- universel	1,7,8,38
Concours Général 87	38
la période julienne	3,48
histoire du calendrier	42
calendrier grégorien	3,18,20,21
--- républicain	45,46,48
--- perpétuel	31
--- et astronomie	23à27,43
--- de l'Univers (1 an)	16
heure d'été, heure d'hiver	20
équinoxe et année tropique	25,26
équation du temps	2,17,27,31
Lune des moissons,	
des chasseurs	17,18
la Sainte Luce	16,17
l'horloge parlante	8,22

Calculs et Mécanique céleste

repères galiléens	14	de Newton à Kepler	21,25
la rotation de la Terre	14,17,20,25	l'Equation de Kepler	26,27,28
le triangle sphérique	6,7	la 3 ^e loi de Kepler	42
orbite de la Terre	1,13	l'Equation du temps	2,27,31
--- de la Lune	20,25	planétaire à construire	22,23
--- de Mars	5	--- sur ordinateur	24,46
les phases de la Lune	2,39	cycles planétaires	35
les éclipses	3	astronomie et variations du	
lever-coucher de la Lune	35,39	climat de la Terre	43,45
-- --- du Soleil	9,23,39	l'effet de marée	31
durée du crépuscule	29,30	le moment cinétique	39
mouvement apparent du Soleil	38,46	la comète de Halley	26,29,30,33
l'analemme	44	magnitudes planétaires	32
l'écliptique	13,38	éclat de Mercure et Vénus	28,32
saisons et équinoxes	1,3,9,17,24	couchers de Vénus	34
---	26,28	Jupiter et ses satellites	24,25
la précession des équinoxes	3,7	mouvement de Deimos	43
le périhélie de la Terre	13	triangulation d'un météore	22
parallaxe du Soleil	14,15,16	étoiles variables	29
passage au méridien	46	navigation spatiale	49,50

LE COURRIER DES LECTEURS (suite)

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Tout comme l'année dernière, l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) organise, sous la responsabilité d'A.C.Levasseur-Regourd, professeur à Paris VI, un stage d'astrophysique et techniques spatiales destiné aux professeurs du secondaire.

La formation (40 h environ sur le premier trimestre 1991) s'adressera aux professeurs de lycée et collège des académies de Paris et Créteil. Elle se déroulera sur le campus de Jussieu (conférences, travail en groupe, maquettes didactiques) avec quelques escapades vers les observatoires (Meudon, Nançay) et des laboratoires spatiaux de la région parisienne.

Inscriptions : PAF des académies de Paris ou Versailles, mai-juin 1989.

Informations : A.Ch.Levasseur-Regourd, Université Paris VI/Service d'Aéronomie, BP 3, 91371 Verrières le Buisson (64 47 42 93 ou 46 33 67 41).

A PROPOS DU SOLSTICE

Notre collègue François Barraud (Nevers) pose la question suivante:

"Pourquoi, dans la semaine qui précède le solstice d'été, le Soleil se lève à la même heure chaque matin (3 h 48 min) et se couche de plus en plus tard, alors que dans la semaine qui suit le 21 juin, le Soleil se lève de plus en plus tard, mais il se couche à la même heure (19 h 56 T.U. d'après le calendrier des PTT).

La durée du jour passe donc par un maximum au moment du solstice mais de part et d'autre, elle évolue dissymétriquement entre le matin et le soir."

LE CRÊT DES SIX SOLEILS

Notre collègue Philippe Huyard (Saint Etienne) nous envoie une documentation attrayante sur le Crêt des Six Soleils, un jardin public à thème astronomique. Au sommet d'une colline, point de vue sur la ville ; des alignements marquent les positions du Soleil à son lever et à son coucher aux différentes époques de l'année. Un cadran solaire analemme. Une notice explicative permet aux visiteurs de s'instruire en se promenant...

UN RASSEMBLEMENT REGIONAL

des astronomes amateurs de la région Lyon-Grenoble aura lieu les 24 et 25 novembre 1990 à Saint Martin d'Hères. Renseignements au Club d'astronomie Lyon Ampère (tél 78 01 29 05)

Liste des ouvrages analysés dans les Cahiers Clairaut (1 à 50)

No	Titre	Auteur(s)	Editeur
1	Bibliographie générale	CLEA	
	Encycl.Sc.de l'Univers: 1-la Terre	Bureau des Longitudes	Gauthier Villars
2	A la découverte du ciel	C.de Bergh-JP.Verdenet	Hachette
	Initiation à l'Astronomie	A.Acker	Masson
	L'exploration du Système solaire	G.Israel	Hachette
	La découverte de l'Univers	G.Oudenot-R.Michard	Palais Découv.
	Les trois premières minutes de l'Univers	S.Weinberg	Seuil
4	Kepler, astronome astrologue	G.Simon	Gallimard
5	Introduction à la théorie de l'observation	H.Reboul	Masson
	Au-delà de notre Voie Lactée	J.Heidmann	Hachette
	Guide explo. de l'Astronomie	P.de la Cotardière	Hachette
6	Encycl.Sc.de l'Univers: 2-Etoiles-Syst.solaire	Bureau des Longitudes	Gauthier Villars
7	L'astronomie dans l'antiquité classique		Belles Lettres
8	La sphère en mouvement, levers couchers héliques	Autolykos de Pitane	Belles Lettres
9	Le nuage de la vie	F.Hoyle	Albin Michel
	Astronomia Nova, Harmonices Mundi	J.Kepler (J.Peyroux)	Blanchard
10	Encycl.Sc.de l'Univers: 3-la Galaxie, l'Univers	Bureau des Longitudes	Gauthier Villars
	Notre univers	J.Muiden	Hatier
11	Histoire de l'Univers	A.Haully	Hachette
	Diapositives: l'astronomie en 4è		CRDP Strasbourg
	L'atmosphère et ses phénomènes	A.C.Levasseur-Regourd	De Vecchi
12	J'observe et j'étudie le ciel	M.Verdenet	CDDP Macon
	La matière aujourd'hui	E.Noël +	Seuil
13	La structure de la matière	A.Guinier	CNRS-Hachette
14	Astronomie, méthodes et calculs	A.Acker-C.Jaschek	Masson
	Encyclopédie d'Astronomie de Cambridge	(J.Audouze)	Le Fanal
	Les confessions d'un chimiste ordinaire	J.Jacques	Seuil
15	Méthodes de l'Astrophysique	L.Gouguenheim	CNRS-Hachette
	Nébuleuses et Galaxies	S.Brunier	Dunod
	Patience dans l'azur	H.Reeves	Seuil
16	Aujourd'hui l'Univers	J.Audouze	Belfond
	Ciel passé présent	G.Walusinski	Etudes Vivantes
	Clefs pour l'Astronomie	JC.Pecker	Seghers
	La lumière	B.Maitte	Seuil
17	L'observation de la Terre par les satellites	F.Verger	PUF (QJS)
	Aux confins de l'Univers		Science et Vie
	Physique subatomique et particules	L.Valentin	Hermann
18	Multiguide nature de l'Astronomie	I.Ridpath	Bordas
19	Le destin de la Terre	J.Schell	Albin Michel
20	L'atmosphère solaire	JC.Pecker	PUF
	La vie dans l'espace	F.Crick	Hachette
	Le ciel, atlas guide de l'Univers	P.Kohler	Hachette
	Voyage au bout du Système solaire	P.Kohler	France Empire
21	L'Univers	P.Couderc-JC.Pecker	PUF (QJS)
	Le grand atlas de l'Astronomie		Encyc.Universal.
	L'espace et le temps aujourd'hui	E.Noël +	Seuil
	Diapositives de la SAF		SAF
	Le trou noir (Anselme Lanturlu)	JP.Petit	Belin
	Mon premier livre d'Astronomie	M.Toulmonde	Epigones
22	Encyclopédie Atlas du ciel		Atlas
	Les étoiles variables	M.Petit	Masson
	Collection "Planétarium"	A.Acker +	Planét.Strasb.
23	Mon premier livre de Physique	M.Toulmonde	Epigones

No	Titre	Auteur(s)	Editeur
24	L'Univers mécanique JPL and the american space program La pratique de l'Astronomie Progrès et découvertes en Astronomie	L. Valentin C.R.Koppes B. Carbonneaux + M. Harwit	Hermann Yale University Cedic-Nathan Masson
25	Encycl.Sc.de l'Univers: 1-Terre, eaux, atmosphère Diapositives "Etoiles, planètes"	Bureau des Longitudes A. Acker +	Gauthier Villars CRDP Strasbourg IREM
26	Bulletin Inter-IREM "Astronomie" Les physiciens modernes et leurs découvertes	E. Segré	Fayard
28	La cosmologie moderne Galilée, Newton lus par Einstein Le destin ultime de l'Univers Poussière d'étoiles Sous l'étoile Soleil	H. Andriolat + F. Balibar J. N. Islam H. Reeves J.C. Pecker	Masson PUF Belfond Seuil Fayard
29	Astronomie et astronomes en Provence (1680-1730) Histoire Générale de la Nature et du ciel L'Observatoire de Paris: son histoire Les étoiles et les planètes Les puissances de dix	J.M. Homet E. Kant S. Debarbat-S. Grillot + C. Maynard	Edisud Vrin Observ. Paris Usborne Belin
30	A la recherche des extraterrestres Catalogue des étoiles les plus brillantes De la pierre à l'étoile La comète de Halley Le chateau des étoiles (Tycho Brahé)	J. Heidmann-JC. Ribes A. Acker + C. Allègre (Gazette d'Uranie)	Nathan Obs. Strasbourg Fayard GRAAL
31	L'astrologie Le retour de la comète	P. Chatel L. Greeze J.M. Homet	Liana Levy Hatier Imago
32	Astronomie Flammarion L'histoire de ma jeunesse Halley, le roman des comètes La comète de Halley (TDC) La comète de Halley, une révolution scientifique	J.C. Pecker + F. Arago A. C. Levasseur + AM. Louis P. Maffei	Flammarion C. Bourgeois Denoel CNDP (TDC) Fayard
33	Conversations dans l'Univers Histoire de l'Astronomie L'Odyssée cosmique Les comètes Les enfants d'Uranie	A. Brahic-P. Debray-Ritzen L. M. Celnikier J. Heidmann F. Arago E. Schatzman	Albin Michel Techn. et Doc. Denoel Blanchard Seuil
34	Galilée hérétique Calculs astronomiques pour amateurs Méthodes physiques de l'observation	P. Redondi J. Méeus P. Léna	Gallimard SAF CNRS-Interedit.
35	L'Univers des étoiles L'heure de s'enivrer L'Observation du ciel	L. Bottinelli-JL. Berthier H. Reeves M. Dumont	Gammaprim Seuil
36	Le destin des étoiles: pulsars, trous noirs Carnot et la machine à vapeur Les nouvelles planètes	G. Greenstein JP. Maury A. Ducrocq	Seuil PUF Science & Aven.
37	Les merveilleuses légendes du ciel de l'antiquité Les physiciens classiques et leurs découvertes Galilée, le messager des étoiles Ces soleils qui explosent (supernovae) Les debuts de l'Astro., de la Trigo. chez les Grecs L'imposture scientifique en dix leçons	MF. Serre E. Segré JP. Maury I. Asimov A. Szabo-E. Maula M. de Pracontal S. Collin-G. Stasinska	M. Bonnefoy Fayard Gallimard Payot Vrin La Découverte Le Rocher
38	Les quasars Astronomie pratique et informatique Formes et couleurs dans l'Univers Vénus dévoilée Découvrir le ciel La Terre est un cadran solaire Notre étoile Soleil	C. Dumoulin A. Acker J. Blamont JL. Halbwachs M. Anno G. Walusinski	Masson Masson Odile Jacob Hachette Ecole Loisirs Epigones
39	Dix ans de lecture astronomique (des bons livres)	G. Walusinski	

No	Titre	Auteur(s)	Editeur
41	Aux confins de l'Univers Le message du photon voyageur Les trous noirs Nostalgie de la lumière L'infini, l'Univers des mondes Le ciel, ordre et désordre (Coll. Découvertes)	J. Schneider E. Schatzman JP. Luminet M. Cassé G. Bruno JP. Verdet	Fayard Belfond Belfond Belfond Berg Int. Gallimard
42	La Nature sans foi ni loi Jardinez avec la Lune Henri Chrétien: des étoiles au cinémascope	C. Magnan Celeste F. Le Guet Tally	Belfond Dargaud Nice
43	Lumière et matière L'Astronomie L'Astronomie en question et par la pratique Ciel mon option !	R. Feynman M. Marcelin J. Lacourt + J. Valade	Interédition CIL CRDP Marseille CRDP Lyon
44	La Relativité (QSJ 37) Silence au point d'eau	S. Mavridès E. Davoust	PUF Technea
45	La science menacée Le mètre, une mesure révolutionnaire Jean Picard: débuts de l'astronomie de précision Cosmos	E. Schatzman coll. coll. B. Maitte + T. Montmerle + S. Hawking	Odile Jacob Observ. Paris CNRS Pas de Calais CEA-CNRS Flammarion
46	Soleils éclatés: les supernovae Une brève histoire du temps Mouvements apparents et relatifs des astres Midi, Roi des étés: cadrans solaires Galilée, entre le pouvoir et le savoir	C. Dumoulin + coll. F. Lo Chiatto + M. Serres + S. J. Dick	IREM Limoges CDDP La Rochelle Alinea Bordas Actes Sud
47	Eléments d'histoire des sciences La pluralité des mondes Sciences et savants en France (1793-1824) Ces astronomes fous du ciel (étoiles doubles)	N. et J. Dhombres P. Couteau coll. A. Le Boeuffle	Payot Payot De Boccard Hachette
48	L'Espace (Univ. Lausanne) Le ciel des Romains	E. Schatzman A. Einstein C. Ruhla	Seuil Hachette-CNRS
49	L'Expansion de l'Univers Oeuvres choisies d'Albert Einstein La physique du hasard L'horizon des particules (coll. Essais) L'organisation de l'enseignement des sciences Astronomie CCD pour amateurs L'Astrologie (QSJ 508)	JP. Baton + N. Hulin-Jung C. Buil S. Fuzeau	Gallimard Com. Trav. Histor. SAP Toulouse PUF
50	The Teaching of Astronomy La Physique du quotidien Comment la Terre devint ronde Le noir de la nuit, une énigme du Cosmos Objectif Cosmos	Coll. IUA 88 Y. Berkès JP. Maury E. Harrison JL. Heudier	Cambr. Univ. Press Vuibert Découv. Gallimard Seuil CDDP Nice

19901117 1 9 9 0 1 1 1 7 19901117 1 9 9 0 1 1 1 7 19901117

Ne vous demandez pas si 19901117 est ou n'est pas un nombre premier (quoique...). C'est la date de

L'ASSEMBLEE GENERALE DU CLEA

le samedi 17 novembre 1990 de 10 h à 18 h

Université de Paris-Sud,

Centre scientifique d'Orsay

UNE DATE A RETENIR - une date à retenir - UNE DATE A RETENIR

Index des Auteurs

Acker	1, 2, 3, 6, 10	Hakim	25-28	Rolando	50
Aguerre	18, 28	Heidmann	35, 46	Rosenstiehl	21, 22, 23, 24 28, 31, 33, 34-36, 38, 39
Allard	23, 25, 31	Hibon	47	Rousselot	29
Alloin	19-20	Hourquin	13	Sadler	43, 44
Andrillat	21-30	Iwaniszewska	24, 35, 37, 44	Sandré	22, 29, 30
Auzias	35	K. Mizar	1 à 49	Sarrazin	12, 21, 24, 31, 32
Bardin	9, 10, 19, 22, 32, 33, 38, 39	Laisne	49	Schatz	45
Bernard	3	Lanciano	33-34, 38	Schatzman E.	21-22, 26, 39, 43, 46
Boisse	35-36	Leblanc	50	Schneider	29
Bottinelli	25à27, 30à32, 34à49	Leclerc	21, 24, 31, 32	Schulman	47-48
Bouquet	1	Le Fur	24-25	Simian	23
Brahic	7, 8, 11, 33, 36 39, 49	Le Hir	13	Simon	38
Burillon	34	Léna	5	Slavsky	10
Buty	20, 25	Leroy	4, 7	Suagher	14, 21, 23-27, 42
Byrd	8	Levasseur-R	3, 6, 26, 33	Szostak	49
Canard	4, 16	Lévy-Leblond	47	Teerikorpi	27
Carmagnole	20	Louis	32, 34, 37, 45	Tiraspolsky	44
Celnikier	2, 4	Magnien	26	Toulmonde	24, 26-28, 29-30, 32, 38, 39, 42, 45, 46, 48, 50
Chappelet	2, 7, 35	Marical	37, 42	Toussaint	2, 5, 11, 12, 19 27-28, 37, 39, 47
Chauville	2	Mazodier	43, 45	Tryoën	2, 20, 25, 49
Chevallier	23	Méeus	7	Vallarche	25
de Cirrus	23	Mochkowitch	41	Vanderriest	18
Clairmidi	26	Moigner	26	Venturini	23
Cluzel	36	Mossler	47	Verdenet	15
Collin-S.	7, 41, 47-48	Neyret	13	Vialle	27, 30, 33-34, 37, 39, 45, 50
Corbier	28	Nicollier	49, 50	Vigouroux	42
Courtier	1	Nottale	42	Voyer	7
Davoust	18	Ollier	17	Walusinski	1 à 50
Delavergne	7, 27	Paravy	31		
Douailler	37-39	Parisot	11, 15-17, 19, 23-27, 31, 42, 43, 45		
Dubois	49	Paturel	6, 11, 13, 34		
Dumont	29, 42	Pecker J.C.	39, 41		
Dumoulin	6, 39	Perbost	35, 43, 46		
Dupont	18	Perrin	42		
Dupouey	28-30	Piguet	22-23, 47		
Dupré	2, 13, 14, 27, 28, 33, 34	Pinson	12		
Duverneuil	23	Poncelet	38		
Gérard	32	Porcel	26		
Gerbaldi	3, 7, 8, 14, 17, 47	Presset	6		
Gié	2, 17, 31, 32, 39, 46	Prime	45		
Ginestet	25	Puel	18, 23-27		
Goube	48	Pujol	31		
Gouguenheim	5, 24, 34, 39, 44, 48, 50	Reynaud	4		
Grellier	9, 16	Ripert	9, 11-12, 20, 21, 24, 25, 29, 30, 33, 36, 38, 49		
Grezzillier	23				

LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

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

Les Cahiers Clairaut et les autres publications du CLEA sont toutes conçues pour l'information des enseignants et pour les aider dans leur enseignement de l'astronomie.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

de l'Université de Paris XI (Orsay) :

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

TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

- T1. Le TranSoLuTe (les phases de la Lune et les éclipses) (50 F)
- T2. Les fuseaux horaires (40 F)
- T3. Les saisons (50 F)

DIAPPOSITIVES

- D1. Série de 20 diapositives+ livret sur "Les phénomènes lumineux" (50F)

COURS D'ASTRONOMIE POLYCOPIES de l'Université de Paris XI (Orsay)

- C1. Astrophysique générale (30 F)
- C2. Mécanisme de rayonnement en astrophysique (30 F)
- C3. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire (30 F)
- C4. Structure interne des étoiles (30 F)
- C5. Relativité et cosmologie (30 F)
- S. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil (30 F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE qui présentent le fruit du travail des participants. Sont encore disponibles ceux de :
Digne 1978 (25 F), Grasse 1979 (35 F), Grasse 1983 (58 F), Formiguères 1984 (65 F), Formiguères 1985 (100 F), Formiguères 1986 (100 F).

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

Catalogue des étoiles les plus brillantes par F.Ochsenbein, A.Acker, E.Legrand J-M.Poncelet et E.Thuet-Fleck (75 F) - Le catalogue existe sur disquettes pour PC (120 F les deux disquettes).

Deux séries de cartes postales : 1°) le système solaire ; 2°) nébuleuses et galaxies (chaque série 23 F)

Commandes à adresser au secrétaire du CLEA, Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD en joignant le chèque correspondant rédigé à l'ordre du CLEA.

LE CLEA et LES CAHIERS CLAIRAUT

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1990 :

Cotisation simple au CLEA pour 1990	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°49 à 52	90 F
Abonnement aux Cahiers (n°49 à 52) ET cotisation CLEA pour 1990	110 F
Contribution de soutien (par an)	30 F

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

A l'intention des nouveaux abonnés, onze fascicules ont été édités ils réunissent par thèmes des articles publiés dans les Cahiers Clairaut

Tout nouvel abonné reçoit en témoignage de bienvenue le fascicule index noté FI et un fascicule à choisir dans la liste suivante :

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

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

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