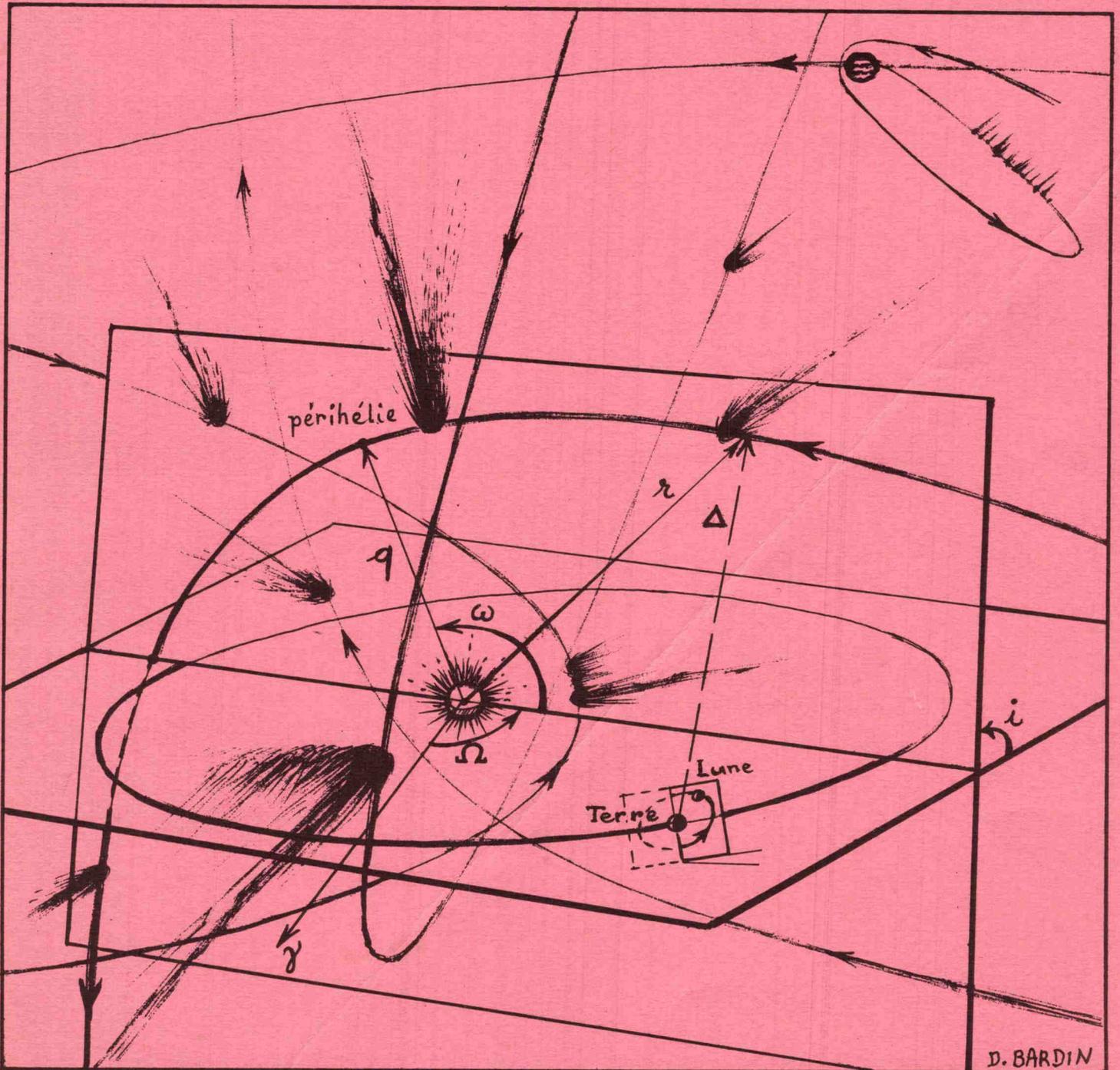


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



n° 79 - AUTOMNE 1997

ISSN 0758-234 X

Le C.L.E.A. -

Comité 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 et dans les organismes de culture populaire. **En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.**

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAFPEN. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc).

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

La liste des publications du CLEA

figure en pages 3 et 4 de la couverture

Bureau du CLEA pour 1997

Présidents d'honneur

Jean-Claude PECKER

Evry SCHATZMAN

Présidente

Lucienne GOUGUENHEIM

Vice-Présidents

Agnès ACKER

Marie-France DUVAL

Hubert GIE

Jean RIPERT

Josée SERT

Secrétaires-trésoriers

Catherine VIGNON

Gilbert WALUSINSKI

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

LES CAHIERS CLAIRAUT
Automne 1997

	<u>Page</u>
Avec nos élèves	
L'astronomie dans la rue_____	2
En attendant les prochaines oppositions de Mars_____	7
Histoire d'une découverte_____	10
Une expérience concluante_____	14
Histoire	
Les plus anciennes mesures de la Terre_____	17
Réflexions et débats	
Vitesse et dérivée en 1 ^{ère} S_____	22
Réalisation d'objets	
Le cadran solaire de Freeman_____	23
Lectures pour la marquise et ses amis _____	30
Vie associative	
Hommage à Hubert Gié_____	36
Le CLEA et l'EAAE_____	38
Les potins de la voie lactée _____	40

ÉDITORIAL

La disparition soudaine et prématurée de notre ami Hubert Gié nous a tous affectés et nous lui rendons hommage dans ce numéro.

C'est avec plaisir que nous présentons une traduction du bel article de Julieta Fierro, astronome à Mexico, qui raconte une expérience pédagogique étonnante et émouvante avec des enfants vivants dans la rue.

Bernard Lacour, de Châlon-sur-Saône, a la gentillesse de nous présenter une utilisation pédagogique d'un logiciel qu'il a réalisé pour le club de son lycée.

Marie Claude Paskoff explique le travail effectué avec une classe de 1^{ère} L dans le cadre du cours de physique.

Quant à Claire Garsaut, elle nous fait partager la découverte passionnante de l'astronomie par une classe de CM2.

Gilbert a déniché un article de F. Marotte présentant les plus anciennes mesures de la Terre, beaucoup moins connues que celle d'Eratosthène.

Paul Perbost achève dans ce numéro son travail sur le cadran solaire de Freeman.

Nous remercions tous ces auteurs. Nous avons déjà reçu des contributions pour le n°80 et en attendons d'autres pour ce numéro et les suivants...

La rédaction

Bonne rentrée à toutes et à tous et n'oubliez surtout pas !

**L'Assemblée Générale du CLEA aura lieu
le 23 novembre 1997 à Saint-Étienne
à l'invitation de Philippe Huyard et du planétarium.**

L'Astronomie dans la rue

*"Nous sommes tous dans le ruisseau,
mais certains d'entre nous ont la tête dans les étoiles"*
(Oscar Wilde)

L'article ci-dessous est la traduction effectuée par Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim d'un article publié de Julieta Fierro en anglais dans le numéro de mai-juin 1997 de la revue Mercury, éditée par la Société Astronomique du Pacifique.

Marcelo et Pedro sont partis de chez eux parce que leur père, un ivrogne, les battait. Ils avaient alors 7 et 5 ans. Marcelo construisit un abri en carton sur le toit d'une maison temporairement vide. Les enfants survécurent en lavant les pare-brises et en gardant les voitures pendant la nuit, à côté d'un restaurant, ce qui est une pratique courante des enfants sans domicile fixe, au Mexique.

Une nuit, un client laissa les enfants écouter son autoradio pendant qu'il dînait. Il faisait froid à l'extérieur et Pedro s'endormit. Le client décida alors de leur venir en aide. Il leur dénicha un centre d'accueil, et ce sont maintenant des écoliers normaux. Pedro réussit bien, malgré ses problèmes de vision, provoqués, selon les médecins, par la malnutrition dont souffrit sa mère pendant la grossesse.

J'ai rencontré Pedro et Marcelo dans un foyer de jeunes garçons sans famille. Je m'y étais rendue pour une conférence. Le directeur m'avait conseillé de faire court et de m'attendre à du chahut et des remarques désagréables. Les murs étaient couverts de graffitis ; aux fenêtres, les carreaux étaient cassés. Le directeur me laissait espérer au mieux un public d'une quinzaine de garçons. Il en vint 35. Au bout d'une demi-heure, ayant terminé ce que j'avais prévu de présenter, je leur dis que j'avais fini et que j'allais m'en aller. Il y eut alors un cri unanime pour me demander de rester.

• Astronomes du trottoir

Au Mexique, comme partout ailleurs, les astronomes et les responsables de laboratoires scientifiques ont l'habitude d'organiser de temps en temps des manifestations dans des parcs publics : observations au télescope, conférences, activités pratiques... ; on y construit des maquettes de constellations à trois dimensions, des cadrans solaires, on y fabrique des "comètes", avec de la neige sale ou des fusées avec des bouteilles d'eau gazeuse. Parfois, on peut aussi présenter des posters, organiser des ateliers pendant l'après-midi, faire une présentation de diapositives ou organiser le soir une séance d'observation du ciel. A plusieurs reprises des enfants des rues avaient participé à ces activités.

Leur condition est l'une des caractéristiques les plus affligeantes du Tiers-Monde. Selon l'organisation internationale non-gouvernementale Childhope, il y a cent millions d'enfants de par le monde qui vivent ainsi dans la rue. Dans la ville de Mexico on estime à 15 000 le nombre d'enfants qui ont dû quitter leur maison, essentiellement pour cause de mauvais traitement de la part de leurs parents. Aux États-Unis, on estime qu'un sans domicile fixe sur quatre est un enfant. Ceux de moins de 18 ans constituent le sous-groupe de la population américaine qui s'accroît le plus rapidement.

Au Mexique, la situation de ces enfants est très variable. Certains sont drogués ou prostitués dès l'âge de 6 ans ; un petit nombre d'entre eux se débrouillent très bien dans la rue où ils ont conquis une place importante dans leur groupe, se faisant les pourvoyeurs et les protecteurs des plus jeunes. Dans les rues, les enfants vivent de petits boulots : ils vendent, cirent les chaussures, lavent les voitures...

Leur monde semble bien éloigné de celui des beautés de l'astronomie. Cependant, j'ai remarqué, au cours de mes séances d'activités astronomiques, que ces enfants sont souvent plus enthousiastes que ceux issus de classes sociales plus élevées. Vous les voyez construire une maquette et la transporter avec beaucoup de soin. Certains savent observer le ciel, décrire les phases de la Lune. Ils posent des questions et font des commentaires à partir de leurs idées personnelles sur l'univers. Ils ont un vocabulaire assez pauvre, des connaissances astronomiques limitées. La plupart n'ont reçu aucune éducation. Mais ils ont une grande curiosité.

Après avoir travaillé ainsi plusieurs années avec ceux de ces enfants des rues qui participaient à mes activités dans les parcs, j'ai décidé, l'an dernier, d'aller vers eux. A Mexico, il y a plusieurs centres d'accueil pour enfants des rues, gérés par des associations privées. Les travailleurs sociaux savent que ces centres doivent faire preuve d'ouverture et de tolérance, pour que les enfants n'aient pas l'impression d'y perdre leur liberté ni l'estime sociale dont ils jouissent éventuellement à l'extérieur. Cependant, les centres doivent aussi obéir à des règles.

Celui que j'ai visité reçoit des filles, entre 4 et 17 ans. Il possède une boulangerie où les enfants peuvent acquérir une expérience professionnelle si elles le souhaitent. 90 filles y travaillaient en trois équipes, fournissant le pain pour l'ensemble du centre et de son voisinage. Les enfants peuvent aussi suivre les cours d'une école voisine. L'organisation des dortoirs se fait sur le modèle des clans dans les rues : les plus âgées et les plus fortes y sont les leaders.

• Action et Réaction

En arrivant, je me suis installée dans une bibliothèque publique, avec une quarantaine de volontaires, de tous âges. Mon propos était de montrer comment les astronomes essayent d'expliquer l'univers à partir de ce qu'ils ont appris sur la Terre. J'avais préparé pour chacune le matériel suivant :

- Deux ballons de baudruche. Le premier, pour que chacune le gonfle et le laisse partir, comme une fusée. Le second pour qu'elle le conserve, au cas où elle voudrait refaire l'expérience plus tard.
- Une demi-feuille de papier fort.
- Un crayon de couleur clair (pour représenter la lumière solaire) et un autre foncé (pour dessiner l'ombre).
- Un disque découpé dans une feuille de transparent pour rétroprojecteur.
- Un bouton pression.
- Une aiguille à coudre et 6 fils de 10 cm chacun.
- Douze étoiles en papier.
- Deux bonbons, destinés à rappeler à chacune qu'apprendre peut être une expérience pleine de douceur.

J'ai choisi en premier la couleur rose, pour montrer à des filles que la science peut être féminine. J'ai présenté le matériel destiné à chacune bien rangé dans une corbeille, afin de montrer la considération que je leur portais.

J'avais déjà fait, au long des années des dizaines d'interventions devant des enfants de l'école élémentaire. Mais comment celles-ci allaient-elles réagir ? Une première indication est venue tandis que je mettais en place le projecteur de diapos. Elles faisaient attention à tous mes gestes. Alors que je projetais rapidement la succession des diapositives, elles m'ont demandé comment j'avais pu avoir la même image sur une diapositive et dans le livre que j'ai écrit, et que j'avais apporté comme cadeau pour le centre.

Au début, les fillettes étaient timides ; certaines ont reculé quand je me suis approchée d'elles pour les embrasser (une pratique courante en Amérique latine pour signifier la

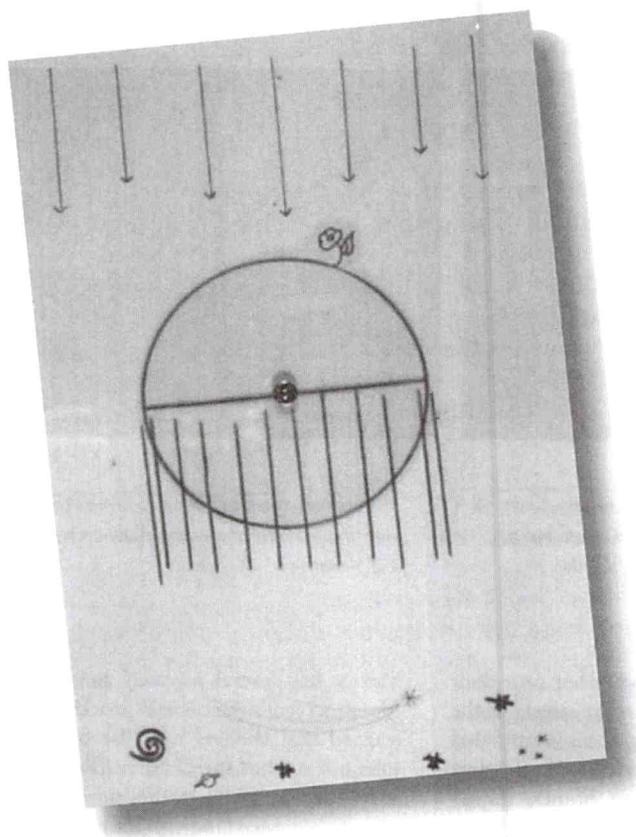
bienvenue). Mais au bout d'une demi-heure, elles avaient pris confiance, commençaient à comprendre et à répondre avec plaisir à mes questions.

Mon exposé portait sur le jour et la nuit, l'observation du ciel, les phases de la Lune, les étoiles et l'observation astronomique. J'utilisai des diapositives, le rétroprojecteur, des mappemondes, des projecteurs, des cartes célestes, bref tout le matériel usuel pour un exposé d'astronomie. Je demandai aux fillettes de participer. Elles donnaient des noms aux étoiles (généralement le leur), dessinaient les constellations à leur idée (leur donnant en général des formes d'animaux).

En utilisant le matériel de leur panier, elles ont dessiné sur la demi-feuille les rayons du soleil et l'ombre d'un cercle ; puis, elles ont assemblé cette feuille et le disque transparent avec le bouton-pression. Elles ont vu alors qu'un objet dans le système solaire en rotation sur lui-même a toujours un côté éclairé et l'autre dans l'ombre. Avec le reste du matériel elles ont construit des maquettes de constellations à 3 dimensions. Les enfants ont accroché les étoiles aux fils et suspendu les fils en les accrochant sur le même côté de la feuille de papier.

L'atelier dura une heure et demie. Je me suis efforcée de rendre les activités aussi simples que possible pour que les enfants puissent les mener à bien et comprendre le concept abstrait qu'elle illustrent, ce que je pense être une des plus grandes joies de l'existence. Certaines des plus âgées n'avaient visiblement jamais été à l'école : elles ne savaient pas colorier un carré déjà dessiné, ni écrire leur nom. Mais elles terminèrent toutes leurs constructions et se tinrent en ligne, très fières, tandis que je montrais leur travail au reste du groupe.

Avant que je parte, elles m'aidèrent à tout ranger ; elles voulaient toutes rapporter quelque chose dans ma voiture. Plusieurs étaient devenues assez hardies pour m'embrasser. Beaucoup me demandèrent quand j'allais revenir. Et l'une d'elles me dit qu'elle voudrait passer le reste de sa vie à faire des expériences comme celles qu'elles venaient de faire.



• A la recherche de l'enfance perdue

Le professeur qui avait organisé ma visite me dit que ma présentation l'avait surpris, et il me demanda de revenir. Au début, il craignait que je ne présente une conférence ennuyeuse, qui n'aurait pas été adaptée aux enfants. Il me dit qu'ils n'avaient jamais eu une telle expérience.

Cette année, j'ai visité un autre centre, celui de Marcelo et Pedro. Il accueille 200 enfants sans famille, essentiellement des garçons, avec quelques filles, entre 5 et 18 ans. Les jeunes ne viennent généralement au centre que lorsqu'ils sont affamés. On leur demande alors de se laver, de couper leurs cheveux, de porter des vêtements propres et d'aller à l'école, mais ils ne sont pas obligés de dormir au centre.

Comme les enfants quittent généralement le centre au bout de quelques semaines, l'école fonctionne sur le principe d'un sujet d'étude unique. Les élèves sont soumis à de nombreux contrôles et quand ils ont passé un examen sur un sujet précis, ils acquièrent un morceau de diplôme. Il y a aussi dans ces classes des enfants qui vivent chez eux, mais qui ont du mal à suivre dans des écoles classiques.

La plupart des élèves vivent dans un égout, appelé "La Alcantarilla de la Muerte" (La gouttière de la mort). C'est un collecteur d'égout abandonné, à proximité de l'une des principales gares routières de Mexico. Les conditions de vie y sont indescriptibles. Au centre, j'ai vu des enfants sérieusement blessés. J'ai vu aussi une mère qui recherchait son enfant perdu, et se demandait s'il n'était pas au centre.

Les garçons avaient épuisé les intervenants précédents qui étaient venus au centre pour parler des problèmes de sexe et de drogue. Je décidais de ne pas trop m'étendre sur la projection de diapositives et de donner plus d'importance aux activités pratiques. Le directeur du centre m'avait demandé de parler de la vie extraterrestre et de choisir des activités du niveau d'une classe intermédiaire, même si l'âge moyen était de 17 ans. J'avais préparé du matériel pour 20 ; pas plus le directeur que moi, nous ne nous attendions à en voir arriver 35.

Je fis un bref exposé sur la vie sur Terre et la façon dont les différentes espèces s'adaptent à leur environnement, et mentionnai qu'il se pourrait que la vie existe ailleurs. Après quoi je leur remis le matériel suivant :

- une grande moufle de forme irrégulière (que j'avais fabriquée en lainage grossier)
- des crayons de couleur
- des rubans, du papier, des autocollants et des yeux en plastique (de tailles différentes)
- des papiers de couleurs différentes
- des sucettes.

Je demandai aux enfants de fabriquer des extraterrestres au moyen de ces ingrédients. Ils pouvaient travailler en groupes. Chaque être devait être adapté à un environnement défini : une cave obscure, un désert, la mer profonde, un monde "aérien".

Je circulai parmi eux, les encourageant. C'était clair qu'ils avaient été privés de ce genre d'expérience, et qu'ils s'en délectaient. Des enfants d'un milieu plus privilégié auraient probablement trouvé ces activités ennuyeuses ou triviales. Leurs marionnettes avaient des crayons comme pieds, ou des cheveux de couleur, ou plusieurs yeux, ou encore des chapeaux ou des habits spéciaux. Je montrai les premières réalisations à l'ensemble du groupe.

Quand la plupart eurent terminé, je demandai au groupe d'arriver à expliquer comment ils pourraient avoir une conversation avec les créatures qu'ils avaient fabriquées. Ils s'attaquèrent vite à ce problème de communication. Ils conclurent que le seul moyen était de les serrer dans les bras ou de leur chantonner. L'un des extraterrestres avait des écailles et de grandes tentacules (l'une avec des yeux, une autre avec des nez, une troisième avec des langues) que le groupe jugea bien adaptées à ces propos.

• Personne ne comprend rien

Après cela je terminai. Mais ils me demandèrent tous de rester encore une demi-heure. Je discutai la recherche de vie extraterrestre, les météorites martiennes, l'exploration d'Europe par la sonde Galileo, et les planètes extra-solaires que l'on a découvertes. Par bonheur, j'avais avec moi pas mal de diapositives sur divers sujets.

Quelques uns de leurs commentaires :

- "Alors, vous êtes vraiment une astronome ?" (j'ai l'impression qu'on les avait souvent trompés)
- "Ou est-ce que tout cela s'arrête ?" (Ils voulaient demander quelle est la taille de l'univers, sans avoir le concept abstrait d'espace)
- "Bien sûr, les extraterrestres n'ont jamais répondu à vos messages. Personne ne comprend rien à ce que veulent les adultes.
- "Les êtres extraterrestres sont peut-être très différents de nous"
- "S'il vous plaît, revenez !"

Au volant de ma voiture, en rentrant chez moi après chaque atelier j'admire le courage de ces enfants. Ils ont quitté leur famille pour rechercher une vie meilleure, quoi que l'on puisse penser de leurs conditions de vie. Ils ont appris à survivre par eux-mêmes. Il y a eu récemment au Mexique de sérieux débats sur l'argent à consacrer aux enfants des rues. Certains se demandent s'il est vraiment possible de faire quelque chose pour eux, si l'argent ne serait pas mieux utilisé pour de la prévention, pour aider les familles à éviter d'envoyer un enfant à la rue.

Travailler avec ces enfants donne peut-être autant de satisfaction à l'intervenant qu'aux participants. Je quitte ces ateliers avec le sentiment fort d'avoir apporté quelque chose, bien que très infime, à la qualité de vie de ces enfants. Je pense que l'attraction que provoque l'astronomie est si grande qu'on peut la présenter à tous, à condition de prendre le soin de le faire de façon adaptée. Elle suscite l'intérêt, même de ceux qui vivent dans des conditions difficiles. Elle ne les aidera ni à mieux laver une fenêtre, ni à éviter de tomber enceinte, ni à se battre et gagner. Mais elle peut les aider à s'accrocher à leur dignité humaine. Et ce sont eux qui en ont le plus besoin. Il ne disposent pas de filet de sauvetage au-dessous d'eux, ni de système de retour en arrière.

Les premières fois que je me suis adressée à des directeurs de centre il m'a fallu beaucoup de temps pour les convaincre de m'inviter. Ils ne savaient que penser. Ils étaient stupéfaits que je vienne simplement pour le plaisir de travailler avec les enfants. Depuis, j'ai reçu beaucoup d'invitations.

Julieta Fierro

Instituto de Astronomia, UNAM

Ap. P 70-264

CP04910DF, Mexique

e-mail : julieta@astroscu.unam.mx

Note :

Julieta travaille à Mexico, à l'Instituto de Astronomia de l'Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM) ; elle y est chargée d'actions de popularisation de l'Astronomie. Julieta est devenue notre amie, depuis que nous avons fait sa connaissance, au colloque de Williamstown, en 1988. Elle a reçu en 1995 un prix de l'UNESCO pour son activité de diffusion de l'astronomie. Au cours de l'Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale (UAI) qui s'est tenue à Kyoto, cet été, elle a succédé à John Percy à la présidence de la commission "Enseignement de l'Astronomie" de l'UAI.

En attendant les prochaines oppositions de Mars ...

Pour préparer l'observation d'une planète, on se reporte aux éphémérides des publications ou bien on cherche à l'aide de logiciels représentant la voûte céleste à une date donnée. Cela nécessite un minimum de vocabulaire et de connaissances préalables que l'on n'a pas toujours et l'on ne sait généralement pas si les conditions d'observation sont les meilleures (pour Mars par exemple).

C'est, entre autres, pour ces raisons que (pour un club d'astronomie de collège ou de lycée) je propose un logiciel qui conjugue l'aspect pédagogique et prévisionnel des mouvements planétaires. Une fois les célèbres lois de Képler assimilées, on peut aborder les problèmes d'approximation des orbites :

- Faut-il tracer une ellipse ou un cercle au compas suffit-il ?
- Peut-on placer le soleil au centre du cercle ou légèrement excentré ?
- Comment chemine alors la planète sur cette orbite ?
- Où la placer à une date donnée ?
- Quelle est la différence entre révolution sidérale et révolution synodique ? etc...

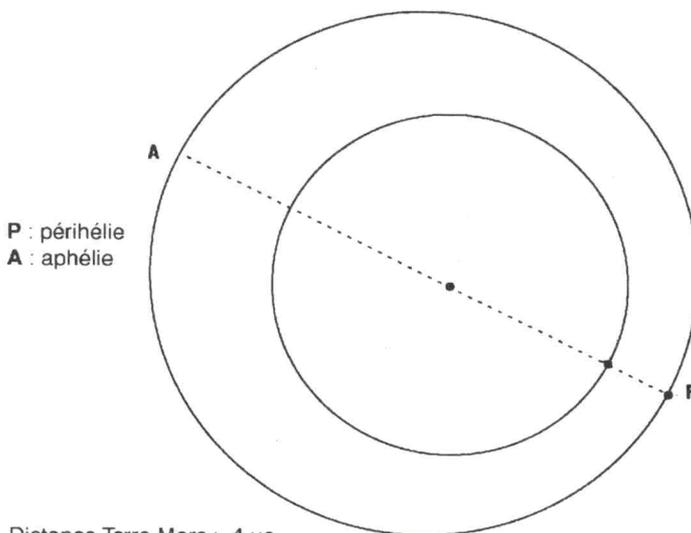
Le logiciel montre également les mouvements des planètes inférieures et supérieures avec les dates correspondantes. La précision n'est pas très grande (de l'ordre du degré) mais reste suffisante pour prévoir des configurations intéressantes : conjonctions, oppositions, élongations maximales (sur une plage de 100 ans environ).

J'ai utilisé le logiciel au club d'astronomie du lycée Hilaire de Chardonnet de Chalon/Saône. Les élèves avaient le questionnaire ci-dessous et devaient tirer du logiciel les informations nécessaires. Ils n'étaient pas complètement vierges sur le sujet puisque nous avions travaillé la séance précédente sur les lois de Kepler et les longitudes héliocentriques pour placer les planètes sur leur orbite.

Après une prise de contact des différents sujets abordés, ils purent répondre facilement aux premières questions ; la fin fut plus délicate mais on a pu prévoir la prochaine opposition de Mars au périhélie qui permettra d'observer au mieux la planète rouge : vers le 28 août 2003, l'observation astronomique est aussi une école de patience.

Longitude héliocentrique de la Terre : 334°
Longitude héliocentrique de Mars : 334°

Le 28 / 8 / 2003
à 0 h TU



DI

Distance Terre Mars : .4 ua

Pour une autre planète à la même date ou pour une nouvelle date ou quitter

Questionnaire sur la planète Mars (distribué aux élèves de seconde principalement)

- * Quelle est l'excentricité de l'orbite de Mars ?
- * Cette orbite peut-elle être assimilée à un cercle ?
- * Si oui, peut-on placer le soleil au centre du cercle ?
- * Quelle est la durée de la révolution sidérale de Mars (en jours et années) ?
- * Quelle est la durée de la révolution synodique de Mars (en jours et années) ?
- * A quoi correspond la rétrogradation de Mars ?
- * Quand dit-on que Mars est en opposition ?
- * Quelle est la date de l'opposition de Mars en 1997 ? quelle sera alors sa distance à la Terre ?
- * Quelle sera la date de l'opposition suivante ?
- * Sera-t-elle plus favorable pour observer la surface de la planète ?
- * Essayer de trouver la date de l'opposition de Mars qui permettra d'observer au mieux la planète dans les années à venir.

Contenu du logiciel

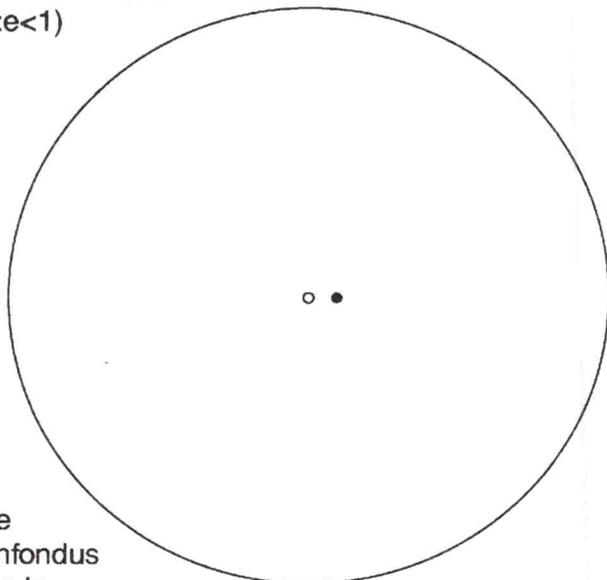
- * Les lois du mouvement planétaire **D1**
- * Comparaison avec un mouvement circulaire uniforme **D2**
- * Révolution sidérale et synodique
- * Positions et mouvements simultanés des planètes supérieure et inférieures
- * Une planète supérieure vue de la Terre : Mars **D3**
- * Une planète inférieure vue de la Terre : Vénus
- * Ephémérides

Pour chaque sujet un préambule sur les notions indispensables est proposé ; il est suivi d'une animation commandée au clavier par l'utilisateur.

Bernard Lacour

Mouvement planétaire ou cométaire
excentricité e de l'orbite ? 0.093
(ellipse donc $0 = e < 1$)

D2

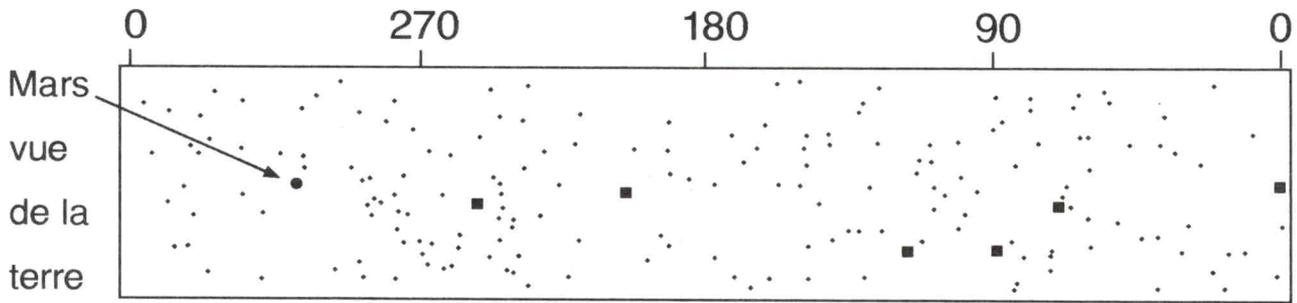


Le cercle et l'ellipse
sont quasiment confondus
à cette échelle mais le
Soleil n'est pas au centre !

- centre d'attraction
du mouvement elliptique
- centre d'attraction
du mouvement circulaire
de même période

	e
Mercure	0.205
Vénus	0.007
Mars	0.093
Jupiter	0.048
Saturne	0.055
Comète de Halley	0.967

D3

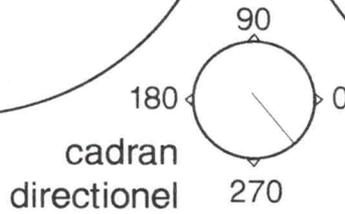
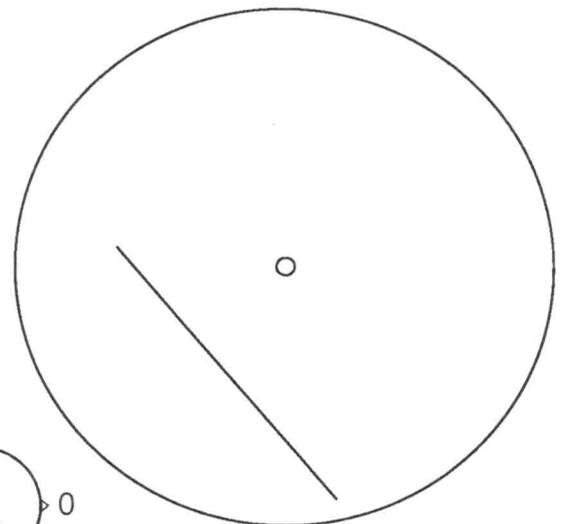
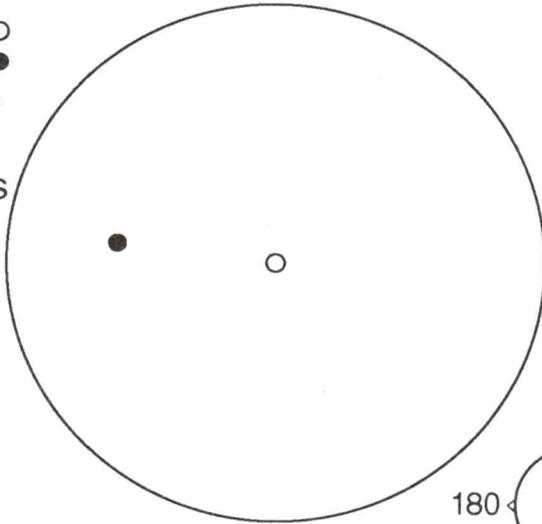


le Soleil
la Terre
Mars

mouvements
orbitaux

vus au
dessus de
l'écliptique

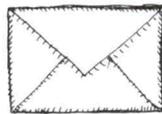
Quitter ?



direction Terre-Mars



Pour se procurer le logiciel



écrire à l'auteur et joindre **25F** pour les frais.

Bernard Lacour
6, rue Michelet
71100 Chalon/Saône

HISTOIRE D'UNE DÉCOUVERTE

ou comment trente deux élèves de CM2
et une instit sont partis à la conquête du ciel.

Savez-vous ce qu'est l'astronomie ?

Oh! oui vous le savez, vous, mais nous, 31 élèves et une instit en septembre 1996, nous ne le savions pas vraiment. Tous les 32 nous sommes partis dans la grande aventure de la conquête de l'espace et du ciel, sans fusée, sans moyens techniques modernes, avec nos yeux, notre imagination et notre désir. Désir qui s'est mué en passion si on en croit certains enfants.

Avant de vous donner mon témoignage, voici ceux des enfants. Vous pourrez vous en contenter et ne pas poursuivre la lecture, c'est le plus beau de cet article!

Marion  Marie

Au début de l'année, nous ne savions pas ce qu'était l'astronomie. On savait qu'il y avait des étoiles, des planètes, ce qu'était le système solaire mais à part cela nenni.

Quand Claire nous parlait de ses comètes, ses planètes, ses galaxies, ses amas globulaires on s'en fichait un peu. Mais par la suite, on a trouvé cela passionnant . Maintenant, on découvre ensemble le côté magique de l'univers. Lorsque Claire nous dessine une carte du ciel au tableau, tout le monde lève le doigt pour répondre afin d'aller écrire leur Alpha (α) alors qu'au début personne ne levait son doigt. On se disait qu'est ce que c'est ce "binns" ? Il arrive même maintenant que ce soit nous qui apprenions à Claire des infos que nous avons entendues à la télé ou que nous avons lues. Bientôt, c'est nous qui apprendrons l'astronomie à Claire . En 6^{ème}, si on passe un test astro, ils vont être étonnés !

"Au début, lorsque j'ai découvert l'astronomie, ça ne m'emballait pas tellement, je ne comprenais pas comment on pouvait s'intéresser à ça autant que la maîtresse, folle d'astronomie.

Dès le premier cours d'astronomie, je me suis prise au jeu, je n'ai pu m'empêcher le soir de regarder le ciel, mais il y avait trop d'étoiles, beaucoup trop d'étoiles pour découvrir la Grande Ourse, Orion, le Taureau etc.....

Petit à petit, j'ai commencé à m'y habituer et chaque soir, je regardais le ciel pour comprendre un peu mieux.

Quand j'ai su que nous partirions en classe découverte à Allos, je me suis beaucoup intéressée à l'astronomie pour en savoir autant que les autres et maintenant j'aime l'astronomie."

Fanny

"Moi, au début, je n'y connaissais rien à l'astronomie. On peut dire que c'est grâce à la maîtresse que j'ai découvert l'astronomie.

Imaginez, je ne savais même pas ce qu'était une constellation !

Je suis très content de découvrir l'astronomie. Dès que l'on est dedans, on ne peut plus s'en passer, on est vraiment dans le monde des étoiles."

Vincent

"Au début de l'année de mon CM2, je devais savoir peut-être le nom des planètes et l'étoile Véga. Mais maintenant, grâce à Claire, à Jean -Michel et à Pascal, je ne comprends pas lorsque je raconte à ma Famille que l'on a appris les équinoxes et les solstices, qu'ils me demandent ce que c'est."

Gabrielle

Au début, l'astronomie = inconnue
Ensuite = Super connue

Astronomie, le premier jour = Non, pas tout de suite
Astronomie, aujourd'hui = oui, maintenant et encore

Le premier jour = C'est quoi Orion ?
Maintenant = On reconnaîtrait le Cygne tout entier."

Pour **Adrien** c'est simple et concis:

"Moi, j'ai connu l'astronomie grâce à Claire et à Jean-Michel que je remercie beaucoup. Certains soirs, je regarde le ciel pour observer les étoiles. J'ai déjà repéré quelques constellations comme ma Grande Ourse, Orion.

En tout cas cette matière me plaît bien, et je suis content de connaître l'astronomie. Vivement Allos et merci Claire et Jean-Michel.

Mon avis sur l'astro:



P.D.T



un peu



bcp



passion.



à la folie

Thibaut

Le plus beau compliment que peut recevoir un instit est celui de **Laétitia** :

"Au début, on avait la tête dans les étoiles maintenant,
quand on va sur la planète de Claire, on a la tête dans les constellations. "

Ces témoignages sont ce que j'ai de plus cher. J'ai réussi ce que je voulais: Les intéresser à l'astronomie.

Car cette découverte qu'ils ont faite d'un monde présent tous les jours et tous les soirs sous leurs yeux, je l'ai faite avec eux. Oh, ne leur dites pas trop, ils croient que j'en sais plus qu'eux! Loin de là, comme eux, j'ai appris à aimer l'astronomie et ma découverte n'en est qu'à son balbutiement.

Ma première rencontre avec l'astronomie,, je l'ai faite assise sur un rocher devant le chalet de Saint Brigitte, un ami, Jean Michel Barani (du club d'astronomie "les Pléiades") me guide parmi les étoiles, un ami qui me prend par les yeux et qui me montre la casserole, pardon! la Grande Ourse, oui !la grande Ourse comme je ne l'avais jamais vue. Voilà la vraie naissance de ma nouvelle passion: l'astronomie. Puis, il a fallu que je comprenne comment "ça marche".

Alors j'ai emmené avec moi 31 enfants. Un 32^{ème} nous a rejoints en cours d'année qui, lui aussi, est venu à l'astronomie grâce à la Grande Ourse:

"Au début, je n'aimais pas l'astronomie, mais depuis que j'ai pu reconnaître la Grande Ourse, j'aime un peu l'astronomie. J'ai appris beaucoup de choses." **Gilles**

L'astronomie est une affaire de coeur, il faut aimer pour faire aimer.

Quand on enseigne quoi que ce soit, on a des idées toutes faites, des vérités qui n'en sont pas pour les enfants. Ils n'ont pas la même approche du monde que nous, ils le découvrent et y plaquent des interprétations magiques comme: "il fait jour parce qu'il y a le soleil, il fait nuit parce qu'il y a la lune.", "Il n'y a pas de soleil quand il fait gris". Les phénomènes qui nous sont les plus familiers comme l'alternance du jour et de la nuit sont les plus difficiles à expliquer et surtout à faire comprendre. Paradoxe! les enfants, qui peuvent jongler sans difficulté avec les ascensions droites et les déclinaisons, ont du mal à comprendre ces "évidences"!

Toute notre année a tourné autour de l'astronomie: en math, en histoire, en géographie, en sciences, et même en français: en plus de l'apprentissage du vocabulaire technique, nous avons voyagé dans le cosmos grâce à la science-fiction.

Parfois la demande dépassait le programme ; ainsi j'ai dû faire face à l'attraction universelle et essayer d'expliquer les lois de Kepler à des enfants de 10 ans !

Ouf! Sauvée par les expériences: un tourniquet, deux bouteilles d'eau et un bonhomme qui tourne plus ou moins vite s'il rapproche les bouteilles de son corps ou les en éloigne, merci aussi aux patineurs. Heureusement le panier à salade qu'on secoue violemment peut permettre, lui, de faire admettre la force centrifuge.

C'est cela enseigner l'astronomie, des moments forts d'expériences desquelles on tire des hypothèses. Une classe très animée, et même trop, où l'on se dispute et l'on s'explique.

Rien de mieux pour faire comprendre les ombres qu'une bonne partie de "chat-ombre" dont on modifie les règles au fur et à mesure des découvertes.

On aime aussi jouer aux "arpenteurs" et mesurer les ombres suivant l'heure ou les saisons.

Et si on bricolait ? : un cadran solaire cela vous dit ? ou une maquette du système solaire ? Bien sûr, insidieusement on glisse les proportionnalités, les puissances, les

opérations sur les nombres sexagésimaux, il faut ce qu'il faut quand même, mais ça passe!

En "enseignant " (quel vilain mot , on n'enseigne pas, on fait partager une passion) l'astronomie, j'ai découvert que les enfants apprennent beaucoup plus en passant par la réflexion et le raisonnement comme on dit de nos jours : ils s'approprient le savoir.

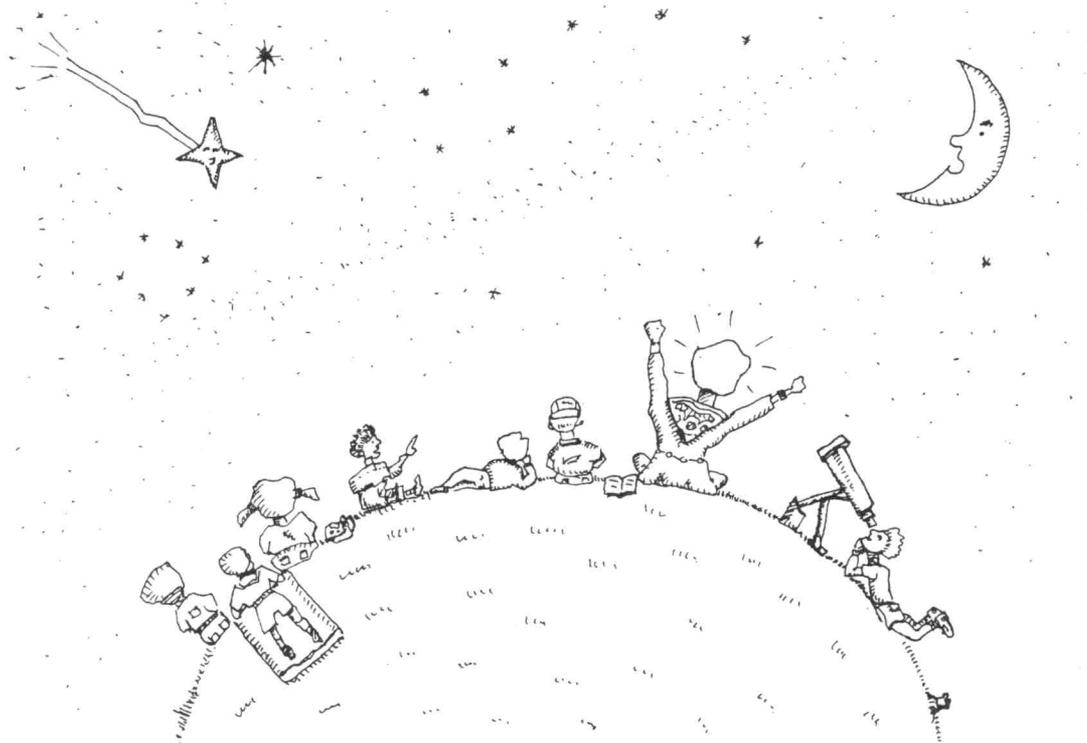
L'astronomie est un domaine qui plaît aux enfants, mais très souvent, ils se contentent du "qu'est-ce que c'est ?", du "comment s'est fait ?" et non du "comment ça marche ?". Ils accumulent des connaissances superficielles qui n'ont pas de fondements solides nés de l'observation et de la réflexion.

Les fiches du CLEA, les conseils d'autres enseignants m'ont permis de leur faire faire des analyses à partir de l'observation, ou lors de manipulations simples mais efficaces. En partant du concret, les enfants tâtonnent, se heurtent à des résistances qui sont très formatrices et qui leur permettent d'élaborer une conception plus vraie de la réalité.

Cette démarche a un double avantage puisqu'elle est utile dans le monde de l'astronomie mais aussi dans tous les autres domaines qui constituent leur quotidien d'élève.

Dans ce quotidien cependant, il est une expérience que l'on peut difficilement réaliser à Paris, c'est l'observation régulière du ciel dans des conditions optimales. Tous attendent donc avec impatience le moment de vérité: notre séjour à Allos, début juin, car là tout ce que nous avons appris dans les livres ou en manipulant se concrétisera enfin. Ce sera le couronnement de cette année "astronomique".

Claire Garsault
École Jean Macé Eaubonne (95)



Une expérience concluante ... en 1^{ère} L3, au lycée La Bruyère

Rentrée 1996 ... 1^{ère} L3 : 36 élèves, une classe de vrais littéraires avec 3 langues dont latin ou grec.

**Que faire pendant les 80 minutes hebdomadaires
allouées aux Sciences Physiques ?**

**Puisque l'Univers est "le plus grand laboratoire qui soit
pourquoi pas de l'Astronomie ?**

Tout le monde est d'accord. ¹

Un petit test en début d'année confirme que , dans ce domaine, on ne sait pas (ou plus) grand chose : on ne connaît guère comme étoile que ... l'étoile du berger ; on ne sait pas définir l'écliptique; aucune idée de l'origine des saisons sur la Terre ; on confond nébuleuses et galaxies etc.....

Une visite organisée au Palais de la Découverte, à l'étage consacré à l'astronomie, permet de se mettre dans l'ambiance et de motiver les plus réticents.

Le cours est planifié en 4 grands chapitres.

Chapitre 1 : L'Univers.. c'est quoi ? c'est comment ?

A grands traits, illustrées par des diapos, les grandes structures de l'Univers sont esquissées, les grandes lois de la physique qui régissent l'Univers sont présentées (gravitation et réactions nucléaires), les ordres de grandeur des distances et des durées sont soulignés.

Chapitre 2 : Le soleil. Réactions nucléaires

Cela tombe bien .. l'éclipse de soleil du 12 octobre étant l'occasion d'une grande exposition au lycée, la classe de 1^{ère} L3 confectionne un panneau où sont représentées les différentes étapes de la vie du soleil, depuis la nébuleuse primitive jusqu'à la naine blanche finale.

Dans ce même chapitre les principaux types de réactions nucléaires , y compris la radioactivité, sont traités.

Chapitre 3: Système solaire et gravitation universelle

Ici, il est intéressant de faire une approche historique et de découvrir comment de Ptolémée à Newton, en passant par Copernic, Tycho Brahé et Képler, on est passé du système géocentrique au système héliocentrique.

Les élèves retrouvent les lois de Képler en étudiant de près la trajectoire de Mercure (document dans n°70 des Cahiers Clairaut).

Par chance là encore, la comète Hale-Bopp arrive; chaque élève construit sa propre maquette en carton et transparent et pourra suivre, semaine après semaine, son approche ... avant même de pouvoir l'observer.

La 3^{ème} semaine de Mars 1997 est la "semaine de la Presse", événement pour lequel le lycée se mobilise. Vanessa et Magali nous font rêver en imaginant la participation d'un "voyageur cométaire" (cf. texte en annexe).

Chapitre 4: Lumière et phénomènes lumineux dans le ciel

C'est l'occasion de traiter:

- des couleurs
- de l'optique géométrique (réfraction, dispersion) et d'essayer de comprendre ce qu'est un arc-en-ciel ou un halo.
- de la diffusion par l'atmosphère
- du rayonnement émis par les étoiles selon leur température externe (et donc selon leur âge).

On a observé le spectre du soleil (à l'aide de spectros à réseau) avec quelques raies sombres mais, à ce niveau de l'année (mois de mai), la classe ayant unanimement manifesté le désir de changer de sujet et de faire un peu de chimie, on en est resté là pour les spectres.

Bilan

Pour le professeur : un cours à créer pour le rendre accessible à des élèves peu enclins à une formulation mathématique trop poussée; la nécessité de trouver des activités concrètes et attrayantes pour faire "passer" les aspects théoriques ... Quand l'actualité astronomique s'y prête, c'est nettement plus facile !

Pour les élèves : une petite enquête anonyme a été effectuée dans la classe, lors du dernier cours de l'année, et on peut penser que les élèves y ont répondu avec franchise. Il en ressort que

- 33 % des élèves ont utilisé la "carte du ciel" qu'ils avaient fabriquée eux-mêmes au cours d'une séance de T.P., en dehors des besoins du cours.
- Si 10 % des élèves ont estimé le cours difficile et peu intéressant, il y en a 75 % qui estiment au contraire qu'ils auront, dans l'avenir, plus d'intérêt qu'auparavant pour voir une émission de TV ou lire un article scientifique portant sur un thème d'astronomie.
- 15 % des élèves envisagent même d'acheter une revue d'astronomie.

Un bilan positif somme toute et une expérience pédagogique concluante.

Marie-Claude Paskoff

¹ **NB :** Il n'y a pas de programme officiel en Sciences Physiques pour la classe de 1^{ère} L; le professeur a toute latitude pour organiser le cours comme il l'entend.

Chronique d'une comète

Tout a commencé il y a deux semaines quand des scientifiques, lors de fouilles, ont découvert par hasard, un étrange objet comme nous le raconte le professeur Perrinon chercheur au CNRS: " Il s'agit d'une capsule constituée d'un alliage de métaux semblant avoir subi de fortes températures. Ayant réussi à l'ouvrir, nous y avons trouvé un document écrit dans un langage inconnu." Ces chercheurs ont réussi à le traduire. Il s'agirait du journal de bord d'un être vivant venu d'un lointain système planétaire. Cet être aurait élu domicile sur la comète Hale-Bopp, dans le but d'étudier cet astre qui promet d'être la comète du siècle. Les chercheurs nous ont livré le fruit de leur travail dont nous publions ici quelques extraits.



"Je devrais aborder dans quelques heures la comète 15248 (Hale-Bopp), elle se situe actuellement à son aphélie (moment où la comète est le plus loin du Soleil) et j'ai pour mission de l'étudier jusqu'à son périhélie (moment où la comète est le plus près du Soleil). D'après nos scientifiques, cet astre provient d'un des deux réservoirs cométaires : le nuage de Oort (vaste structure sphérique entourant le système solaire et qui contiendrait quelque mille milliards de comètes) et la ceinture de Kuiper (disque d'où proviendraient les comètes à courte période). Mon atterrissage ne devrait pas être difficile, son diamètre étant d'environ 40 km.

"J'ai commencé l'étude sur la composition de la comète, qui se révèle être comme prévu une sorte de grosse boule de neige poussiéreuse. Mais j'ai découvert de nouveaux composés tels que le cyanoacétylène (HC_3N), l'acide isocyanique (HNCO) et le monoxyde de soufre (SO). "Lors d'une de mes sorties j'ai d'ailleurs découvert une sorte de lac (gelé bien sûr) et j'ai pu faire de super glissades. On s'amuse comme on peut!"

"Nous approchons du Soleil à grande vitesse (environ 90.000 km/h) et les queues commencent à apparaître (la queue de plasma, composée de gaz ionisés, est le résultat de l'interaction des particules de la comète avec le vent solaire. La queue de poussière, beaucoup plus large, est produite par la diffusion de la lumière solaire sur les poussières laissées sur son passage par Hale-Bopp). La chevelure est devenue fluorescente sous l'effet des rayons U.V. du Soleil. J'en ai profité pour sortir, en combinaison spéciale, et faire une petite 'bronzette'!"

"La comète vient de passer près de Jupiter et il est arrivé un événement imprévu: la comète a changé de trajectoire. D'après mes calculs sa nouvelle période devrait avoisiner les 2350 ans (son ancienne période était de 4400 ans)."

"La comète n'est maintenant plus très loin du Soleil. Le panache de gaz et de poussières qu'elle entraîne dans son sillage s'étire déjà sur cinquante millions de kilomètres et devrait atteindre cent millions de kilomètres. Elle devrait alors "frôler" le Soleil à 136 millions de kilomètres. Je vais donc bientôt la quitter, elle continuera seule son voyage et ne reviendra ici que dans 2350 ans.

A bientôt !"

Les plus anciennes mesures de la Terre

NDLR - La mesure de la Terre par Eratosthène est justement célèbre. Ce n'est pourtant pas la plus ancienne. Il nous a paru intéressant de reprendre ce qu'un très bon connaisseur de la science dans l'antiquité grecque en écrivait, en 1931 dans le n°34 de la revue *l'Enseignement scientifique*, malheureusement disparue depuis 1939.

1. Les Grecs furent le premier peuple qui s'éleva à la notion de sphéricité de la Terre. Aucun document égyptien, babylonien ou assyrien, exactement interprété, n'a fait connaître d'autre conception de la forme de la Terre que celle qui traduit les apparences immédiates : dans toutes les anciennes cosmologies, la Terre est une vaste étendue plane, ou même concave, que le ciel surmonte comme une voûte hémisphérique reposant sur les bords du disque. Cette représentation de l'univers est celle d'Homère, celle d'Hésiode, celle aussi des philosophes de l'Ionie, Thalès et Anaximandre ; il faut signaler chez ce dernier une idée nouvelle, qui marque un important progrès philosophique : le disque circulaire qui constitue la Terre, cylindre dont la hauteur est le tiers du diamètre, flotte librement au centre de la sphère céleste, et reste là en équilibre parce qu'il n'y a aucune raison pour qu'il se déplace dans une direction plutôt que dans une autre.

Il est très intéressant d'apercevoir, dans la succession des cosmologies primitives, le progrès lent et continu de la connaissance de l'univers, et plus intéressant encore de chercher par quel mécanisme intellectuel l'esprit grec est passé de la conception du disque terrestre à celle de la sphère terrestre. Ce problème important de l'histoire des sciences se rattache à l'étude du pythagorisme, un des plus obscurs et des plus difficiles à résoudre lorsqu'on veut écarter les légendes et ne s'appuyer que sur des témoignages certains émanant d'origine compétente. J'espère pouvoir exposer prochainement les résultats que propose la nouvelle critique. Dans leur ensemble, ils tendent à diminuer le rôle scientifique joué par Pythagore lui-même, et à rapprocher de nous, à placer une centaine d'années après lui, dans la deuxième moitié du cinquième siècle, un peu avant Platon, le développement scientifique que l'on doit à l'école pythagoricienne.

2. Dès que les Grecs eurent reconnu la sphéricité de la Terre, ils songèrent à en mesurer les dimensions. Le plus ancien texte de date certaine, où l'on peut apercevoir une allusion à la notion nouvelle se trouve dans *Les Nuées*, d'Aristophane, qui furent jouées aux grandes Dionisies de 423. Dans cette comédie, dirigée contre les Sophistes et contre Socrate, et qui n'écarte pas les railleries à la science nouvelle, on lit (vers 203 et suivants) :

Strepsiade (avisant quelques objets) Au nom des dieux, qu'est-ce donc que tout ceci ?

Le disciple - C'est de l'astronomie.

Str (montrant un autre objet) - Et cela, qu'est-ce ?

Le D - De la géométrie

Str - Et à quoi cela sert-il ?

Le D - A mesurer la terre.

Str - Celle que l'on distribue par lots ?

Le D - Non, mais la terre entière.

Str - C'est charmant ce que tu dis là. l'idée est démocratique et utile.

Puisque cette mesure de la Terre exigeait l'emploi simultané de la géométrie et de l'astronomie, on en peut présumer la conception, avant 423, de la forme sphérique de la Terre, et conclure à de premières évaluations de sa grandeur. De plus, la raillerie d'Aristophane donne à penser que la notion était alors nouvelle, puisque l'idée d'une mesure astronomique de la Terre était de nature à soulever les rires du peuple athénien.

3. Le plus ancien document scientifique où la sphéricité de la Terre est nettement affirmée et démontrée, et qui contient la première estimation connue de la circonférence terrestre, se trouve dans le *Traité du Ciel* (Livre 11, Ch.14) d'Aristote. Voici ce texte, intéressant à bien des égards.

§14. D'après la manière dont les astres se montrent à nous, il est prouvé que non seulement la Terre est ronde, mais même qu'elle n'est pas très grande, car il nous suffit de faire un léger déplacement, soit au midi, soit au nord, pour que le cercle de l'horizon devienne évidemment tout autre. Ainsi les astres qui sont au-dessus de notre tête subissent un changement considérable, et ils ne nous semblent plus les mêmes selon que l'on va au midi ou au nord. Il y a certains astres qu'on voit en Égypte et à Chypre, et qu'on ne voit plus dans les contrées septentrionales; d'autres, au contraire, qui restent constamment au-dessus de l'horizon dans les contrées du nord, se couchent quand on les observe dans les contrées que je viens de nommer. Ceci prouve, non seulement que la Terre est sphérique, mais encore que sa sphère n'est pas très grande ; car autrement on ne verrait pas de tels changements pour un déplacement si petit.

§15. Ainsi, quand on suppose que le pays qui est aux colonnes d'Hercule va se rejoindre au pays qui est vers l'Inde, et qu'il n'y a qu'une seule et unique mer, on ne me paraît pas faire une supposition par trop incroyable. On cite, entre autres preuves, les éléphants, dont l'espèce se retrouve à ces deux extrémités du globe ; ce qui n'est possible que si ces deux extrémités se tiennent et se rejoignent en effet.

§16. Ceux d'entre les mathématiciens qui ont essayé d'estimer ou de calculer la grandeur de la circonférence terrestre disent qu'elle peut aller à quatre cent mille stades ; d'où l'on peut conclure, non seulement que la masse de la Terre est nécessairement sphérique, mais encore qu'elle n'est pas fort grande si on la compare à celle des autres astres.

4. Aristote ne nomme pas "les mathématiciens" à qui il emprunte cette estimation, et son texte fait penser à plusieurs mesures. Si l'on en croyait le poète latin Horace, qui vécut de 65 à 8 avant notre ère, un de ces "mesureurs de la Terre" serait Archytas de Tarente (environ 430-365), pythagoricien contemporain et ami de Platon, un des plus éminents mathématiciens de cette époque. Dans son Ode 1,28, Horace écrit

Toi qui mesurais la mer et la Terre,
et le nombre infini des grains de sable, Archytas...

Mais il convient de remarquer que l'allusion au calcul du sable désignerait plutôt le mémoire d'Archimède, *L'Arénaire*, dont je vais parler tout à l'heure ; il semble bien que l'aimable poète Horace n'est pas très au courant du mouvement scientifique des quatre siècles qui l'ont précédé. L'oeuvre mathématique connue d'Archytas le montre d'ailleurs très capable d'une estimation de la grandeur de la Terre.

L'indication d'Aristote peut aussi fort bien provenir d'Eudoxe de Cnide (environ 408-355), disciple d'Archytas et de Platon, le plus grand mathématicien et astronome de son temps, qui, avec Archytas, eut la plus grande part à la première ébauche de notre conception scientifique du monde. Il est bien établi qu'Eudoxe fit en Egypte, à Héliopolis, vers 380, un long séjour qui lui fit connaître la science des prêtres égyptiens ; d'autre part, Posidonius signale les observations faites à Cnide par Eudoxe de l'étoile Canope (α du Navire), une des plus brillantes étoiles de l'hémisphère austral. Or cet astre, qui dépasse à peine l'horizon de Cnide, s'élève notablement au-dessus de l'horizon d'Héliopolis ; on peut imaginer qu'Eudoxe apprit à connaître Canope en Egypte et que, sur le bateau qui le ramenait de Naucratis (Alexandrie n'existait pas à cette époque) à Cnide, il put, en comparant les hauteurs successives de l'étoile à la marche du navire, en déduire une approximation grossière de la grandeur de la Terre.

5. Après Aristote, la deuxième estimation connue de la sphère terrestre se trouve dans *L'Arénaire (Le calcul du sable)* d'Archimède (né en 287 environ, mort lors de la prise de Syracuse par les Romains, en 212). Ce mémoire est une lettre adressée à Gélon, fils du roi Hiéron, où Archimède expose sa méthode d'écriture des très grands nombres ; il ne peut avoir été écrit avant 250 ; on y lit

Il est vrai que d'autres, comme tu le sais, ont tenté de démontrer que cette longueur (du périmètre de la Terre) est de trois cent mille stades.

Archimède n'indique point non plus l'origine de cette estimation, mais on peut, avec une haute probabilité, l'attribuer à Dicéarque de Messine (environ 350-290), élève d'Aristote, le seul géographe de la fin du III^e siècle, dont Strabon nous a transmis les évaluations de distances en Méditerranée. Cette attribution s'appuie également sur le texte suivant de Cléomède (1), que je cite intégralement, malgré ou plutôt à cause de son obscurité :

Si la Terre était plate, il s'ensuivrait que le diamètre de tout l'univers n'aurait que 1 00 000 stades. En voici la raison : la Tête du Dragon est au zénith de Lysimachia, le Cancer atteint celui de Syène. On s'est assuré par des observations gnomoniques que l'arc intercepté entre Syène et Lysimachia est la 15^e partie du méridien, c'est à dire la cinquième partie du diamètre. Si donc, en supposant la Terre plate, nous abaissons deux verticales à partir de chacune des extrémités de l'arc céleste qui se termine au Dragon et au Cancer, elles tomberont à Lysimachia et à Syène. L'intervalle de ces deux verticales sera de 20 000 stades, qui est la distance qui sépare Syène de Lysimachia. Puisque cet intervalle équivaut à la cinquième partie du diamètre de la sphère céleste, ce diamètre aura 100 000 stades, et le grand cercle céleste en aura 300 000. Or la Terre, qui

n'est qu'un point dans le ciel, a 250 000 stades de circonférence ; et le Soleil, beaucoup plus gros qu'elle, n'occupe qu'une très petite partie du ciel; n'est-il pas évident, d'après cela, que la Terre ne peut être une surface plane!

C'est là un exemple des textes, non des plus mauvais, sur lesquels les historiens de la science antique doivent appuyer leurs conjectures. Dans ce passage, Cléomède veut, non point décrire une mesure de la Terre, mais seulement faire un raisonnement pour pousser à l'absurde les gens (les épicuriens, entre autres, dont Cléomède fait une violente critique) qui soutenaient que la Terre est plate. Mais si l'on accepte les nombres qui y sont contenus, 20 000 stades et la 15^{ème} partie du méridien pour la distance Syène-Lysimachia, on obtient 300 000 stades pour le méridien entier, c'est à dire précisément la mesure donnée par Archimède.

D'autre part, la base choisie, Syène-Lysimachia, et la méthode très primitive employée, basée sur la considération des étoiles zénithales (voir le texte d'Aristote cité plus haut), sont des arguments qui, comme on va le voir, conduisent à placer vers l'an 300, et à attribuer à Dicéarque, la mesure de la Terre que l'on aperçoit dans le texte de Cléomède.

6. Dans la géographie ancienne, depuis Dicéarque jusqu'à Eratosthène, Hipparque et Ptolémée, on acceptait comme méridien central une ligne sensiblement sud-nord, partant de Syène (actuellement Assouan sur le Nil, passant par Alexandrie et Rhodes; et aboutissant à Lysimachia (au nord des Dardanelles, à la racine de la péninsule de Gallipoli). Cette ligne n'est pas exactement sud-nord, mais quelque peu inclinée du sud-est vers le nord-ouest (la détermination des longitudes, beaucoup plus difficile que celle des latitudes, a toujours été l'écueil de la géographie ancienne). Le parallèle central, ou *diaphragme*, commençait aux colonnes d'Hercule (détroit de Gibraltar), coupait la Méditerranée dans sa longueur en traversant la Sicile, la pointe de l'Italie, le Péloponèse, l'île de Rhodes et le golfe d'Issus (Alexandrette), suivant ainsi les environs du 36^{ème} parallèle. Sur la carte de Dicéarque, les positions géographiques étaient marquées d'après leurs distances en stades à ces deux lignes, qui jouaient ainsi le rôle d'axes de coordonnées ; dans la suite de cet article, on verra que malgré les efforts d'Hipparque, la détermination géographique des lieux terrestres par la mesure astronomique des latitudes fut assez rarement faite, et ne le fut jamais par celle des longitudes, même à l'époque de Ptolémée.

Toute détermination de la grandeur de la Terre comporte les deux mesures de la distance itinéraire de deux points de la surface et de l'angle des verticales de ces deux points. Dans l'opération dont témoigne le récit de Cléomède, les points choisis furent Syène et Lysimachia, ce qui permet de fixer l'époque de l'opération vers l'an 300, car Lysimachia, fondée en 309 par Lysimachos, roi de Macédoine, fut détruite en 281 par les Thraces et restaurée seulement à la fin du siècle par Ahtiochus III. De plus, cette date correspond exactement à l'activité scientifique de Dicéarque, le seul géographe de cette époque.

L'évaluation de la distance itinéraire, qui fut toujours un des points faibles des mesures antiques, n'était pas sans difficultés, puisque le segment envisagé comportait une partie terrestre et une partie maritime. A la fin du IV^{ème} siècle, les campagnes d'Alexandre (334-323) avaient donné lieu à une organisation systématique des relevés géographiques, dans leurs déplacements, les armées macédoniennes étaient accompagnées de *bématistes* (*bema* = pas), qui appréciaient les longueurs des étapes parcourues, soit en comptant le nombre de leurs pas, soit, plus rapidement et plus exactement, en comptant le nombre de tours de roues du char léger qui les portait ; les routes de l'Asie Mineure, de la Mésopotamie, de la Perse avaient été ainsi exactement mesurées ; celles de l'Égypte étaient sans doute connues depuis plus longtemps encore par l'organisation du cadastre égyptien. Pour la partie maritime, formée presque entièrement par le segment Rhodes-Alexandrie, très fréquentée par les marins grecs, son évaluation était évidemment la partie faible de la mesure,

car l'espace parcouru en mer dans le même temps dépend de la force variable des vents et des courants. Quoi qu'il en soit, la distance totale Syène-Lysimachia fut fixée à 20 000 stades ; les anciens géographes avaient pleine conscience que leurs méthodes leur donnaient plutôt une estimation qu'une véritable mesure, et, comme nous le verrons encore, arrondissaient largement les résultats de leurs recherches.

Pour la partie astronomique de l'entreprise, la mesure de l'angle des verticales de Syène et de Lysimachia, Cléomède nous apprend que le procédé consistait à chercher la distance angulaire de deux étoiles passant aux zéniths respectifs des deux villes. Mais, si l'idée était simple, sa réalisation avec les procédés de l'époque, n'était pas susceptible de précision, au lieu d'étoiles zénithales, ce sont des constellations qui furent choisies, le Cancer pour Syène, la Tête du Dragon pour Lysimachia ; de plus, si le Cancer (déclinaison voisine de 24°) passe assez exactement au zénith de Syène (latitude voisine de 24°), la Tête du Dragon (déclinaison voisine de 52°) est loin de passer au zénith de Lysimachia (latitude voisine de 40°). La distance angulaire Cancer-Tête du Dragon, qui est ainsi de 28° , fut estimée au quinzième du cercle, soit 24° , par les géographes de l'an 300 ; et la distance angulaire Syène-Lysimachia, qui n'est en réalité que 16° , fut portée à 24° (2).

Le calcul de la grandeur de la Terre résulte immédiatement des deux nombres ainsi trouvés ; puisque le quinzième de la circonférence terrestre mesure 20 000 stades, la longueur de la circonférence entière est donc 300 000 stades ; c'est le résultat donné par Archimède dans *L'Arénaire*.

F.Marotte

(1) Cléomède est un vulgarisateur grec qui vivait à une époque qu'il est difficile de préciser, car, divers historiens des sciences le placent entre le premier siècle avant notre ère et le deuxième siècle après. Son ouvrage *Peri cyclices theorias meteoron* est important, parce qu'il contient un résumé très satisfaisant de la science astronomique de l'école stoïcienne, et parce qu'il est la seule source des renseignements sur les mesures de la Terre faites par Ératosthène et Posidonius. Il en existe une bonne édition grecque, avec traduction latine, de H.Ziegler (Cleomedis, *De motu circulant corporum caelestium libre duo*. Leipzig, 1891), et une bonne traduction allemande (Cleomedis, *Die Kreisbewegung der Gestirne*, traduit et commenté par A.Czwalina. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, 1927).

(2) J'exprime ces nombres en degrés pour faire mieux apercevoir les différences ; il ne faut pas oublier que, en l'an 300, la division du cercle en 360° n'était pas employée par les Grecs, qui ne l'ont utilisée qu'un peu avant Hipparque ; pour la compréhension exacte des mesures de l'époque, il faut donc retenir, non pas 24° , mais le quinzième de la circonférence. Et peut-être s'expliquera-t-on mieux ce quinzième en se rappelant que pour Eudème, qui suivit en même temps que Dicaërque l'enseignement d'Aristote, l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur était aussi un quinzième du cercle.

Vitesse et dérivée en 1^{ère} S

Quelques éléments de réflexion sur les liens entre les mathématiques et la physique.

En feuilletant le livre de physique de la classe de première S dans laquelle j'enseigne les mathématiques j'ai trouvé la définition suivante de la vitesse instantanée :

" La vitesse instantanée d'un point mobile M à la date t_1 est pratiquement égale à sa vitesse moyenne entre deux dates t_0 et t_2 très proches et encadrant la date t_1 " et plus loin :

" le vecteur vitesse V_1 d'un point mobile M_1 par rapport à un référentiel donné possède les trois caractéristiques:

- direction : celle de la tangente en M_1 à la trajectoire
- sens : celui du mouvement du mobile
- valeur : celle de la vitesse instantanée v_1 à la date t_1 "

Cette définition n'a pas beaucoup de signification pour un matheux. Aussi me suis-je demandée comment faire comprendre aux élèves ce qui lie mathématiques et physique, en utilisant cet exemple fondamental qui présente, en plus, un grand intérêt historique.

En effet les notions de limite et de dérivée sont au programme de mathématiques de cette classe et la notion de " passage à la limite " trouve dans les concepts de vitesse moyenne et de vitesse instantanée tout son sens.

Les mathématiques ont avec la physique des liens privilégiés depuis le XVII^{ème} siècle et ces liens diffèrent de ceux qui existent entre les mathématiques et les autres sciences.

On peut imaginer une biologie, une économie et même une chimie sans les mathématiques car celles-ci ont joué un rôle marginal dans l'élaboration de ces sciences.

Par contre historiquement la physique s'est structurée à partir du projet de bâtir une image mathématique de la réalité physique.

Pour Jean-Marc Levy-Leblond, " les mathématiques ne sont pas un langage, fournissant des mots qui viennent se plaquer sur les idées du physicien ; bien plus profondément, les idées du physicien et les concepts de la physique sont intrinsèquement formulés à travers la mathématique. Autrement dit, la mathématique joue par rapport à la physique, non pas un rôle extérieur d'instrumentalité, au sens où l'on irait chercher des outils mathématiques, des mots mathématiques, un langage mathématique pour parler la physique, mais au contraire un rôle bien plus intime, que j'ai envie d'appeler rapport de *constitution*. La théorie physique se constitue à travers la mathématique et il n'est guère, me semble-t-il, de concepts physiques un tant soit peu profonds et élaborés qui ne soient pas d'emblée constitués, je dirais même produits, à travers la mathématique ".

Il ajoute que le concept physique ne se réduit pas au concept mathématique qui permet de le constituer ou de le produire.

A partir du XVII^{ème} siècle, on utilise de plus en plus la méthode quantitative pour décrire la nature mais les mathématiques sont considérées comme une méthode de connaissance et non comme un simple outil de calcul. L'idée d'une description quantitative du monde physique est présente chez Galilée et Descartes. Cette idée appelle une nouvelle mathématique, création de Newton et de Leibniz, dont l'essor conduira au développement de la mécanique classique.

Si Galilée a des difficultés à comprendre la notion de vitesse instantanée c'est qu'il n'a à sa disposition que la géométrie euclidienne et la théorie des proportions. C'est la création du calcul infinitésimal et la notion de dérivée qui permet l'apparition du concept physique de vitesse instantanée.

L'instrument mathématique correct étant placé au centre de l'étude des phénomènes mécaniques, il y a interaction entre mathématiques et physique. La physique se rapproche des mathématiques en passant du concret à l'abstrait. Les mathématiques se rapprochent de la physique en introduisant les concepts de changement, de transformation, de variation dans le temps.

Cet exemple de la mécanique classique où apparaît clairement le lien entre mathématiques et physique est historiquement fondamental. Les développements ultérieurs de la science se sont confrontés à ce modèle soit pour l'imiter soit pour le rejeter.

Une réflexion commune du professeur de mathématiques et de celui de physique peut-elle faciliter une compréhension plus profonde par l'élève de ces notions et leur donner un sens ?

Comment mettre en place une approche commune ? Doit-elle être décalée dans le temps ou simultanée ? Les questions sont ouvertes...

Martine Bobin

Eléments de bibliographie :

- Un siècle de rapports entre la physique et les mathématiques (Revue du Palais de la Découverte n° 40 : mai 1991)
- La mathématisation du réel : Giorgio Israel (Seuil : Janvier 1996)

Le cadran solaire de Freeman

(3, suite et fin)

Paul Perbost (Nice)

9. Précision du cadran

La graduation de l'échelle horaire est établie à partir de la relation

$$S\Delta = 1 \cos \delta \sin H$$

qui exprime théoriquement l'abscisse de ce point Δ que nous avons appelé "le carrefour de l'heure". Toute erreur la position de Δ entraîne évidemment une incertitude sur l'heure. D'ailleurs, malgré une lecture correcte de la situation de Δ à une date déterminée, d'inévitables imperfections dans la réalisation de l'instrument (courbure du gnomon, etc..) peuvent l'écartier plus ou moins du lieu que lui assigne la théorie.

Pour tester la fiabilité du cadran, il suffit de comparer ses indications à celle d'une horloge préalablement réglée sur le temps solaire vrai local, au jour et au lieu de l'observation, compte tenu de l'équation du temps et de la longitude.

Lorsque Δ ne tombe pas exactement sur l'une des lignes horaires tracées, on ne peut estimer l'heure qu'en interpolant à vue et au mieux sa position entre les graduations qui l'encadrent au plus près. D'où une incertitude due essentiellement à ce que l'on nomme parfois "l'équation personnelle". Entre midi et 4 h (p.m.), l'estimation peut se faire à moins de 3 min près ; mais lorsque l'on s'approche de 6 h, elle devient progressivement plus imprécise, en raison de l'extrême resserrement graduel des lignes horaires dans cette ultime partie de l'échelle. On doit donc s'attendre à une erreur importante à cet endroit.

D'autre part, vers le lever et le coucher du Soleil, le terminateur de l'ombre du gnomon est si près de G (cf. fig.8) qu'il se trouve masqué par son bord incurvé. On est alors contraint de confondre ces deux points, pratiquement indiscernables, ce qui constitue évidemment une nouvelle cause d'erreur. En pareilles circonstances, c'est le cas de bien d'autres cadrans.

Une étude mathématique peut donner une idée de l'erreur maximale possible au voisinage de 6 h. Posons $S\Delta = X$ et différencions par rapport à H. Ainsi :

$$dX = 1 \cos \delta \cos H dH \quad \text{d'où} \quad dH = \frac{dX}{1 \cos \delta \sin (90^\circ - H)} \quad (H \neq 0)$$

Un voisinage de 6h, où $H = 90^\circ$, peut être défini par $\alpha = 90^\circ - H$. Et pour que ce voisinage ait une faible ampleur, à proximité de 6h, prenons par exemple le petit angle $\alpha = 1^\circ$, par raison de simplicité. Majorons ensuite dH en donnant à δ sa valeur maximale et rappelons que dans les conditions fixées :

$$\sin \alpha = \alpha(\text{rd}) \quad \text{et que} \quad 1^\circ = \frac{\Pi}{180} \quad (\text{rd})$$

Prenons $l = 130$ mm et admettons $dX = 1$ mm, ce qui ne représente que 0,75% de l . Ce choix de dX n'a rien d'aberrant, à cause des imperfections évoquées ci-dessus, de la pénombre, de la réfraction à l'horizon, etc.

$$\text{Finalement, } dH = \frac{dX}{l \cos \varepsilon \sin \alpha} = \frac{1}{130 \cos \varepsilon (\pi/180)}$$

(avec $\varepsilon = \delta_{\max} = 23^{\circ}27'$) On trouve ainsi $dH = 0,48$ h = 28 min 49 s. L'incertitude est donc de l'ordre d'une demi-heure. Dans les conditions considérées, c'est énorme. Heureusement, entre midi et 4 h, elle s'abaisse à 2 min, ce qui réhabilite malgré tout les qualités scientifiques du cadran à un niveau acceptable pour une bonne partie de la journée.

10. La ronde des heures

Toute ligne horaire croise l'échelle des heures en un point t indexé par deux nombres différents rangés sur deux listes parallèles au bas de la table (F), correspondant aux heures rondes (sauf cependant 6 h a.m. et 6 h p.m. qui ne sont pas redoublées) (fig.3). Lors d'une observation, il y a évidemment lieu de savoir lequel prendre. Cela dépend, on va le voir, des signes respectifs de ϕ et de δ .

• 1 er cas : ϕ et δ ont des signes différents.

Cela se produit dans l'hémisphère Nord ($\phi > 0$) pendant les saisons d'automne et d'hiver ($\delta < 0$), ou dans l'hémisphère Sud ($\phi < 0$) au printemps et en été ($\delta > 0$).

Or, l'angle horaire H_{\circ} du Soleil au coucher est donné par la formule

$$\cos H_{\circ} = -\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \delta$$

H_{\circ} exprime l'arc semi-diurne du Soleil, abstraction faite de la réfraction, c'est à dire l'un des arcs égaux qu'il décrit entre le méridien et l'horizon, au lieu et à la date envisagés. On en déduit la durée du jour. La formule s'applique d'ailleurs aux valeurs de ϕ et de δ , quels que soient leurs signes respectifs.

Ainsi, dans le cas examiné, ϕ et δ ayant des signes différents, le cosinus de H_{\circ} est positif. On a donc, en degrés $-90^{\circ} \leq H_{\circ} < +90^{\circ}$, soit en heures $6\text{h a.m.} \leq H_{\circ} < 6\text{h p.m.}$ Dans ce cas, il n'y a aucune difficulté à choisir sur l'échelle horaire le nombre qui convient : il se trouve dans la rangée supérieure de E_H . Nommons cette rangée E_1 . Par la suite, l'autre rangée sera désignée par E_2 .

• 2 ème cas et ϕ et δ ont le même signe

a) Une partition

Nous allons montrer que dans le cas général, à quelques exceptions près, il suffit de repérer la position (I') du terminateur de l'ombre du gnomon relativement à un diagramme dessiné sur la surface de la table mobile, pour savoir à laquelle des deux

rangées, E_1 ou E_2 , il faut se référer. Ce diagramme comporte sept régions juxtaposées qui réalisent une partition du dessin (fig.9). Un disque circulaire (C) de centre O et de rayon $R = 1 \cos \varepsilon$ ($\varepsilon = 23^\circ 27'$) en constitue la région centrale. Trois portions de parallèles à mn, équidistantes entre elles y délimitent les autres régions, comme le montre la figure. La droite médiane cc, passe par O, tandis que les bords aa et bb tournés respectivement vers le Sud et le Nord sont distants du centre d'une longueur égale à $1 \sin \varepsilon$.

b) Un calcul

En nous bornant aux heures rondes p.m., ce qui ne diminue pas la généralité de la discussion, soulignons que le signe de $\cos H$ indique la graduation horaire à choisir.

En effet :

$$\cos H > 0 \Leftrightarrow 0 \leq t < 6, (E_1)$$

$$\cos H > 0 \Leftrightarrow 6 < t \leq 12, (E_2)$$

Ainsi, nous montrerons que si le terminateur l' de l'ombre du gnomon est intérieur à la zone circulaire, c'est à l'échelle (E_1) qu'il faut se référer. Le reste du diagramme indique les échelles de référence, de la même façon.

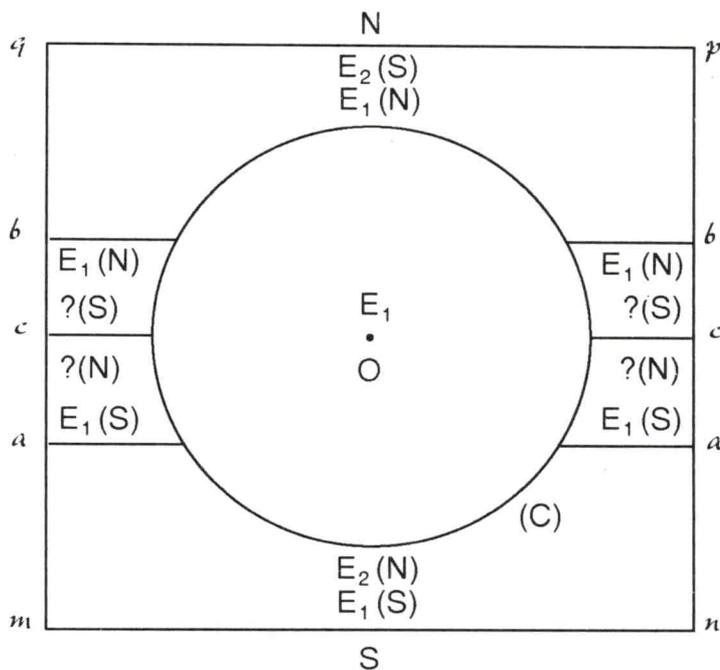


fig. 9

Étude du signe de cos H

Transcrivons deux formules déjà indiquées à propos du triangle de position

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \quad (1)$$

$$\sin \delta = \sin \phi \sin h - \cos \phi \cos \delta \cos a \quad (2)$$

En éliminant $\sin h$ entre ces deux équations, on obtient

$$\cos \phi \cos h \cos a = -\sin \delta \cos^2 \phi + \sin \phi \cos \phi \cos \delta \cos H$$

soit, après simplification (sous condition que $\cos \phi \neq 0$, donc pôles terrestres exclus)

$$\sin \delta \cos \phi = \sin \phi \cos \delta \cos H - \cos h \cos a \quad (3)$$

Discussion : nous la conduirons en considérant d'abord le cas où le terminateur est intérieur au cercle (C), ensuite le cas où il lui est extérieur.

1°. Le terminateur est intérieur au cercle

Alors, $Ol' < 1 \cos \varepsilon$, d'où il résulte que $1 \cos h < 1 \cos \varepsilon$ et par conséquent $h > \varepsilon$

D'où, d'après (1) :

$$\cos \phi \cos \delta \cos H = \sin h - \sin \phi \sin \delta > \sin \varepsilon - \sin \phi \sin \delta$$

$$\geq \sin \delta (1 - \sin \phi) > 0 \quad \text{si } \delta > 0$$

$$\geq \sin (-\delta) (1 + \sin \phi) > 0 \quad (\text{car } -\varepsilon \leq \delta \leq +\varepsilon)$$

De là on déduit que $\cos H > 0$. Ainsi, lorsque le terminateur l' est intérieur au cercle (C), c'est sur la liste E_1 de la graduation horaire qu'il faut prendre le nombre qui indique l'heure, quelle que soit la latitude. Telle est la raison de l'indication E_1 à l'intérieur du cercle.

2°. Le terminateur est extérieur au cercle

Supposons que ce point soit au Sud de la ligne médiane (fig.9). Alors, d'après (3)

$$\sin \delta \cos \phi - \sin \phi \cos \delta \cos H = \underline{-\cos h \cos a > 0}$$

En effet, puisque la direction de l'ombre est opposée à celle du Soleil, l'azimut de l'astre, dans les conditions supposées, est un angle obtus donc $\cos a < 0$. Des relations précédentes on déduit que

$$\sin \phi \cos \delta \cos H < \sin \delta \cos \phi$$

Rappelons que nous ne considérons ici que les cas où ϕ et δ ont les mêmes signes. Dès lors, deux situations distinctes doivent être envisagées. Notons-les (I) et (II).

(I) $\phi < 0$ et $\delta < 0$ Alors, selon l'inégalité ci-dessus $\cos H > \text{tg } \delta \text{ cotg } \phi > 0$ donc $\cos H > 0$ d'où l'indication $E_1(S)$ dans les trois zones extérieures à (C), sous la médiane cc.

(II) $\phi > 0$ et $\delta > 0$ Alors, $\cos H < \text{tg } \delta \text{ cotg } \phi$ qui est un produit positif. Mais le fait que $\cos H$ soit inférieur à un nombre positif ne suffit pas à préciser son signe.

L'indétermination, dans ce cas singulier, est mentionnée interrogativement ?(N). Nous en reparlerons.

Cependant si, en outre, le terminateur se trouve au Sud de aa, alors

$$OI' = 1 \cos h > 1 \sin \varepsilon$$

donc	- $\cos h \cos a > \sin \varepsilon$ (car $\cos a < 0$)
d'où	$\sin \delta \cos \phi - \sin \phi \cos \delta \cos H > \sin \varepsilon$
puis	$\sin \phi \cos \delta \cos H < \sin \delta \cos \phi - \sin \varepsilon$
ainsi	$\sin \phi \cos \delta \cos H \leq \sin \varepsilon$ ($\cos \phi - 1$) donc <u>$\cos H < 0$</u>

Cela justifie l'indication $E_2(N)$ dans la zone concernée.

Par raison de symétrie, les indications inscrites dans les zones extérieures à (C), au Nord de la médiane cc sont systématiquement la réplique de celles qu'on vient de justifier en détail. L'étiquetage de l'ensemble du diagramme en résulte, par de simples échanges.

Le cas réservé. Il est noté ?(N) ou ?(S). Il correspond au fait qu'en tout point de la zone tropicale, le Soleil passe deux fois par an au zénith à midi vrai, lorsque δ est égal à ϕ . A midi, ces jours-là, un mât vertical ne porte pas d'ombre. Entre ces deux dates, l'ombre méridienne est dirigée vers le Sud et elle tourne dans le sens trigonométrique. Aux autres époques de l'année, elle est dirigée vers le Nord et elle tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. En l'absence d'information précise sur $\phi - \delta$, on ne peut donc pas lever l'indétermination qui résulte de ce renversement local des ombres méridiennes. Le choix correspondant de E_1 ou de E_2 ne peut donc être examiné qu'au cas par cas.

En résumé :

- Si le terminateur est intérieur à (C), la graduation E_1 de l'échelle horaire est celle qu'il faut prendre en compte en toute latitude.
 - Si le terminateur est extérieur à (C) et au Sud de aa, la lecture de l'heure se fait sur E_2 ou sur E_1 , selon que $\phi > 0$ ou que $\phi < 0$.
 - Si le terminateur est extérieur à (C) et au Nord de bb, la lecture de l'heure se fait E_2 ou sur E_1 selon que $\phi < 0$ ou que $\phi > 0$.
 - Si le terminateur est extérieur à (C), entre cc et aa, l'échelle à prendre est E_1 , si $\phi < 0$. Cependant, dans cette zone, il y a indétermination sur l'échelle à choisir si $\phi > 0$.
 - Si le terminateur est extérieur à (C), entre cc et bb, il faut choisir E_1 si $\phi > 0$.
- Mais, dans cette partie, il y a indétermination sur l'échelle si $\phi < 0$.

11. Conclusion

Le cadran solaire qui vient d'être décrit n'est pas un instrument de la science-fiction, du moins sur le plan théorique. Cependant, à l'évidence, c'est plutôt une curiosité scientifique qu'un instrument d'usage pratique. La complexité de l'agencement de ses multiples composantes, mobiles ou fixes, en limite naturellement la précision. D'ailleurs, le moindre écart de la ligne Nord-Sud avec la méridienne le fausserait : une boussole n'y changerait rien, ne serait-ce qu'en raison de la déclinaison magnétique. De même, il faudrait en régler soigneusement l'horizontalité avec de bons niveaux à bulle. Enfin, la superposition du diagramme indicateur des échelles horaires et du réseau des parallèles indicatrices des coordonnées horizontales sur la table mobile ne facilite guère les lectures.

(Par souci de simplicité, ce diagramme n'est pas représenté sur l'esquisse du cadran, fig.1).

Cependant, son originalité mérite une certaine considération. Les pages qui précèdent la lui ont accordée : c'était leur seul objet.

12. Dimensions pratiques du cadran (cf fig.4)

Ces dimensions, exprimées en mm, sont données à titre indicatif.

(m) 280x280 (petite table, mobile)

(F) 280x450 (grande table, fixe)

$l = 130$ (hauteur du gnomon)

$d = l = 130$ (largeur de E_δ)

$e = 0,5$ (épaisseur du gnomon)

$E_H = 260$ (largeur de E_H)

N.D.L.R. - Paul Perbost a fait réaliser le cadran que présente la fig.10, une belle réalisation technique due à Pierre Laurenti, instituteur, qui, nous dit Paul Perbost, "est intelligent jusqu'au bout des doigts". (Photo Guy, à Nice, avril 1997)

13. Bibliographie

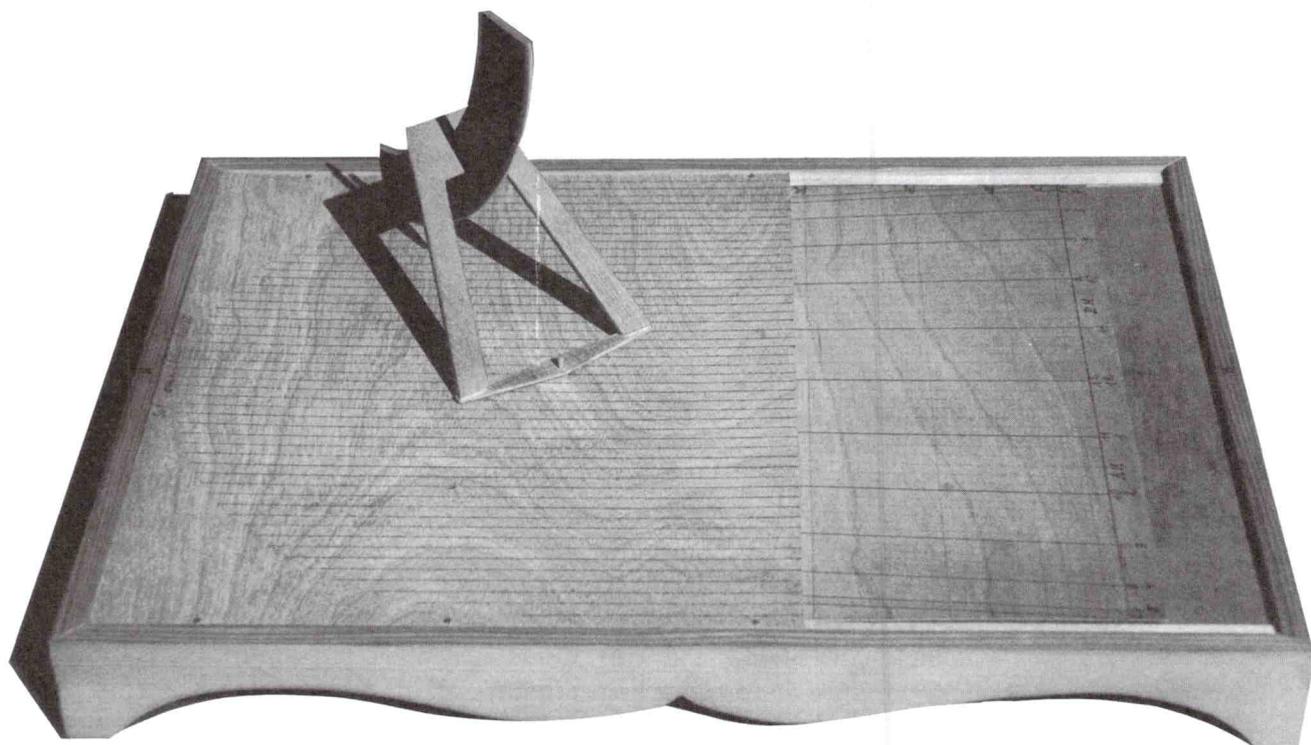
Freeman (cf. le titre inscrit au-dessus de la fig.1)

A.Danion : Astronomie Générale (Gauthier-Villars, 1952)

A.Danjon : Cosmographie (Hatier, 1948)

G.Cagnac : Mathématiques spéciales (Masson 1950)

C.N.R.S. : Les Cadran solaires de Paris (Gotteland et Camus)



Courbe extraite de "Cadrans solaires de Paris"
 CNRS Editions - Andrée Gotteland et Georges Camus 1993

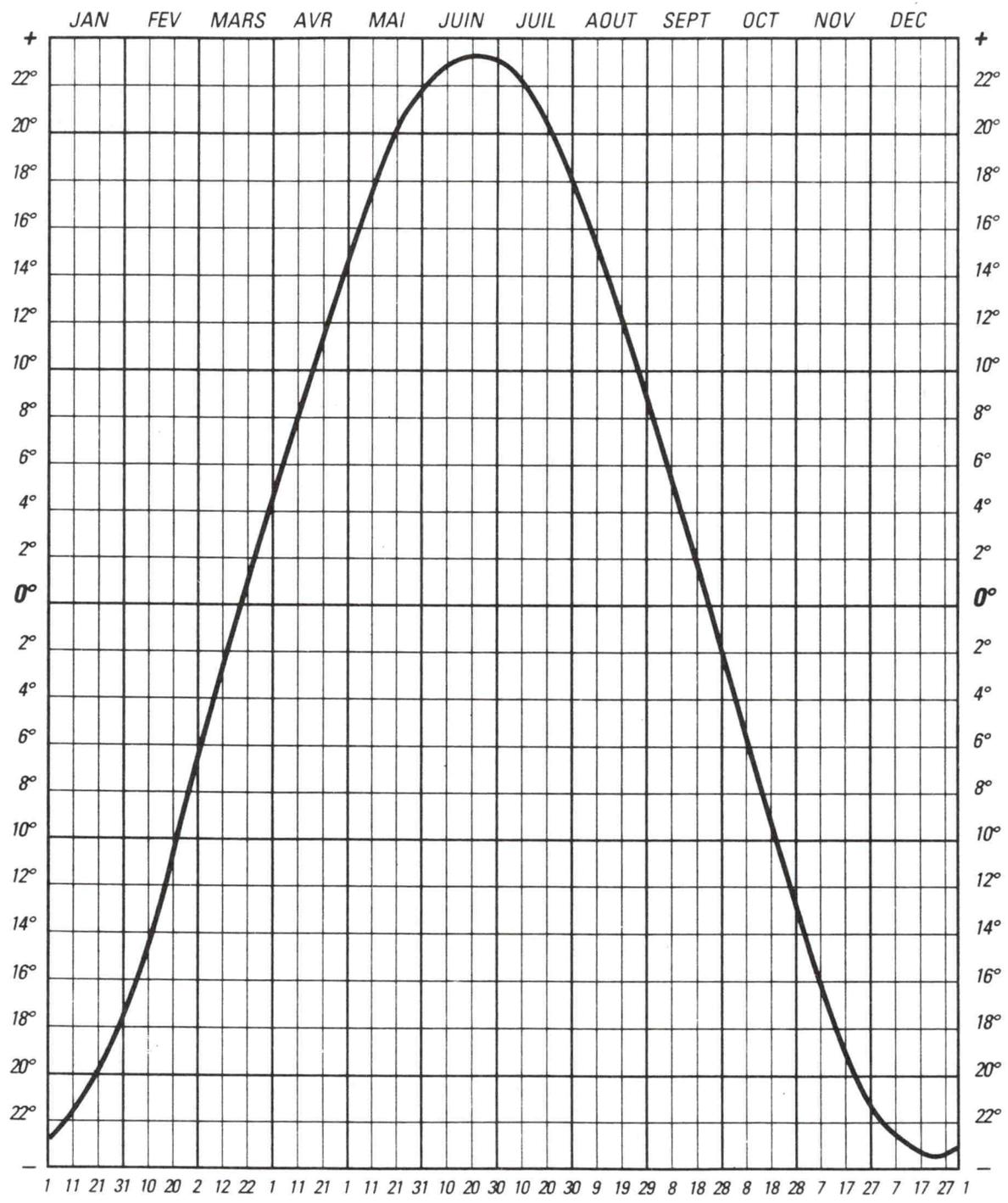


Fig. 3 - Déclinaisons moyennes du Soleil à midi U.T.

Lectures pour la marquise et ses amis

La nature de l'espace et du temps

Stephen Hawking et Roger Penrose

présentation par Marc Lachièze-Rey
traduit de l'anglais par Françoise Balibar
collection NRF Essais, 216 P. éd. Gallimard 1997 (140 F).

Ce livre, dont je suis incapable de rendre compte, me fait me poser bien des questions. Dont celle-ci d'ordre pratique : quel est le public, forcément restreint, à qui ce livre est destiné ? J'ai confiance en la compétence des personnes qui se sont chargées de la présentation et de la traduction, quant à la réputation des Auteurs elle est bien établie. Cependant, je ne suis pas à l'aise pour parler de ce livre, je n'irai pas franchement le recommander à mes amis.

Selon Hawking, *"Ces conférences ont montré très clairement ce qui nous sépare, Penrose et moi. Il est platonicien ; je suis positiviste... Je n'exige pas d'une théorie qu'elle corresponde à la réalité parce que je ne sais pas ce que c'est... Tout ce qui m'importe c'est que la théorie prédise les résultats des mesures"*.

Penrose répond, *"Qu'il soit positiviste me convient bien, mais je crois que ce qui est important en l'occurrence c'est que je suis moi un réaliste."* Et plus loin : *"Je pense que la raison pour laquelle Einstein n'a pas continué à faire avancer la théorie quantique (après 1925) tient à ce qu'il manquait à la théorie quantique un ingrédient essentiel. Cet ingrédient Hawking l'a découvert cinquante ans plus tard ; c'est le rayonnement du trou noir. Cette perte d'information, liée au rayonnement du trou noir, est à l'origine du nouveau tournant."*

Débats qui passent, hélas, trop au-dessus de la tête du lecteur attardé que je suis.

G.W.

Les galaxies et la structure de l'Univers

Dominique Proust et Christian Vanderriest

collection Point-Sciences, 288 p. éd Seuil 1997.

Avec ce volume, l'éditeur complète une collection qu'il présente sous la formule LE CIEL DANS VOTRE POCHE et qui comporte : PETIT GUIDE DU CIEL par Bernard Pellequer, LES PLANETES par Daniel Benest, LES COMETES ET LES ASTEROIDES par A.Chantal Levasseur-Regourd et Philippe de La Cotardière, LES ÉTOILES par Dominique Proust et Jacques Breysacher et enfin LES GALAXIES. L'ensemble fournit une information sérieuse avec une rédaction de bonne vulgarisation.

Le plan de ce volume GALAXIES est classique. Deux chapitres d'introduction portent sur les échelles de distance et les instruments d'observation. Puis la Galaxie elle-même, notre Voie Lactée, est étudiée comme galaxie typique, de même que le "groupe local" est considéré comme une région représentative. Ce qui conduit aux grandes structures, amas, superamas, vides et

filaments puis un chapitre passionnant sur les galaxies actives et les quasars. Cela nous conduit au problème cosmologique (chap.7 "Fabriquer l'Univers") et au chapitre ajouté à la fin sur les effets gravitationnels.

Lecture aisée et, en tête du chapitre de conclusion, j'ai bien aimé cette citation de Lamartine :

*"Devant l'infini pour qui tout est pareil
Il est donc aussi grand d'être homme que Soleil".*

G.W.

Cosmopolitiques

Isabelle Stengers

sept volumes de 140 p. chacun : 1. La guerre des sciences ; 2. L'invention de la mécanique : pouvoir et raison ; 3. Thermodynamique: la réalité physique de la crise ; 4. Mécanique quantique : la fin du rêve ; 5. Au nom de la flèche du temps. le défi de Prigogine ; 6. La vie et l'artifice : visages de l'émergence 7. Pour en finir avec la tolérance. Ed. La Découverte 1997(chaque volume 69 F).

La science vit, explore donc ses domaines, les étend, les diversifie. Les découvertes s'accumulent, les théories se complexifiant, se multiplient. L'Auteur de cet ensemble de livres est philosophe et pose une question brûlante : cette science si vivante, si prospère, fournit-elle un savoir cohérent ? Dès le préambule et comme pour affirmer vers quelles difficultés elle engage sa réflexion elle semble douter que ce soit possible : "*Aucun savoir unificateur ne démontrera jamais que le neutrino du physicien puisse coexister avec les mondes multiples mobilisés par l'ethnopsychiatrie.*" Mais on se dit qu'elle doit pourtant être convaincue du contraire, sinon aurait-elle écrit ces sept livres ?

Déjà, en 1979, elle dialoguait avec Ilya Prigogine, prix Nobel de chimie 1977, sur La Nouvelle Alliance (éd Gallimard) qui s'achevait sur une affirmation riche d'espérance : "*Le temps est venu de nouvelles alliances, depuis toujours nouées, longtemps méconnues, entre l'histoire des hommes, de leurs sociétés, de leurs savoirs et l'aventure exploratrice de la nature*". On pouvait croire LE TEMPS VENU mais tout est toujours à recommencer, la science avance de façon irrégulière et imprévisible, rapide poussée là, lente maturation ailleurs. La recherche d'une cohérence est un nouveau problème posé par chaque avancée d'une branche du savoir.

L'entreprise d'Isabelle Stengers est donc intéressante et courageuse. Osée, également ; voyez plutôt l'esquisse du projet telle que la donne l'énoncé des sept livres, comment ne pas s'étonner que la relativité n'y paraisse pas ? On peut aussi objecter que, philosophe, l'auteur ne peut juger et comprendre la recherche scientifique que de l'extérieur. Mais, justement, n'est-ce pas d'un tel point de vue que l'ensemble de la recherche peut être étudié avec profit ? Elle-même reconnaîtra qu'elle choisit ses exemples et n'a donc pas la prétention de tout connaître. "*Il est normal et prévisible également écrit-elle - que la question de la physique s'impose comme point de départ dans cette recherche... pose la question de l'étrange terrain qu'elle interroge : un terrain mille fois occupé, identifié, balisé par des règles de bonne conduite et pourtant toujours vague, mille fois partagé entre tenanciers légitimes, et pourtant traversé d'étonnants chemins qui semblent, pour le meilleur et pour le pire, ignorer les clôtures et les droits de passage ; un terrain mille fois purifié par toutes sortes de morts sacrificielles, et où pourtant prolifèrent, sur les charognes de ces sacrifices, mille et un monstres et hybrides.*" En passant, vous notez que Stengers a un style vigoureux et imagé. Amusez vous à identifier quelques unes de ces charognes, l'éther d'avant Einstein, l'atome de Bohr...

Pour justifier son entreprise, elle cite l'Anglais Gregory Bateson qui peu avant de mourir citait Alexander Pope : "*Fools rush where angels fear to tread*" et préparait une ÉPISTÉMOLOGIE DU SACRÉ à égale distance du matérialisme dominant et du surnaturalisme romantique. Elle choisit finalement pour titre de l'ensemble **Cosmopolitiques** en s'inspirant du jus cosmopoliticum associé par Kant à son projet de paix perpétuelle. Son but est de construire une écologie des pratiques qui aurait l'avantage de mettre fin à la "guerre des sciences" et ouvrirait donc de séduisantes perspectives d'un savoir enfin cohérent.

Voici donc quelques impressions passablement confuses d'une première lecture. Je voudrais, ultérieurement, y revenir et serais encore plus heureux de lire ce que d'autres lecteurs en pensent.

G.W.

JOURNAL DE LECTURE

- **LA RECHERCHE** nous propose, dans son numéro 300, un éditorial intitulé Allègrement dans lequel je relève ces deux citations :

" *Une prime de départ conséquente sera offerte à ceux qui prendront leur retraite anticipée.*"

" *Les organismes publics de recherche seront audités tous les quatre ans...*"

Le dictionnaire Robert me signale qu'employer conséquente pour considérable est jugé un barbarisme depuis Littré. Quant au verbe auditer, il n'aurait de participe passé que s'il existait.

Dans la même revue, page 14, je relève cette citation de Claude Allègre - "Ne pas couper science et culture, c'est d'abord ne pas séparer science et maîtrise de la langue."

- **Le Canard enchaîné** du 9 juillet écrit : "*On croyait la planète Mars habitée, autrefois. La preuve, c'est qu'en 1958 le Père Secchi y avait détecté des canaux...*" En 1958, Secchi était mort depuis 80 ans ; c'est en 1858 qu'il crut voir des canaux.

Gilbert Walusinski

Les "plus belles histoires"

Penser aujourd'hui le monde dans son changement nécessite que la médiation se fasse avec la connaissance qui nous vient de sciences de plus en plus pointues, de plus en plus complexes, de plus en plus éloignées de notre expérience concrète. L'opacité s'accroît pour le non initié à qui le monde apparaît comme trop compliqué et le changement de ce que nous en savons trop rapide. Grande est alors la tentation de se réfugier dans des certitudes intemporelles, de fuir le champ du rationnel en se cantonnant dans le seul affectif. Il me semble qu'une certaine approche fondamentaliste du domaine religieux, assez en vogue actuellement, va dans le même sens du refus du "monde qui change" et du repli sur de fausses certitudes. Voici deux livres, construits de façon similaire - des spécialistes soumis à des questions précises et s'exprimant à la fois avec clarté, rigueur et simplicité - qui ont la volonté de nous faire comprendre, chacun dans son registre, une part de notre histoire. Nous descendons des singes et des bactéries, mais aussi des étoiles, nous dit le premier ; notre cerveau et nos gènes conservent la mémoire de notre évolution et du milieu dont nous sommes issus. Nous sommes les enfants de la Bible, qui reste le texte fondateur de notre culture, nous dit le second.

Dominique Simonnet interroge successivement Hubert Reeves, Joël de Rosnay et Yves Coppens sur les origines respectives de l'univers, de la vie et de l'homme. La cosmologie fait trois constats : le monde n'a vraisemblablement pas toujours existé ; il est en perpétuel changement ; ce changement se fait du simple au complexe, ou, ce qui est équivalent, du moins efficace au plus efficace. L'histoire de la vie est une étape de cette même histoire de la complexité. Mais gardons-nous d'assimiler complexité et complication : on doit la voir comme une répétition d'éléments simples qui se reproduisent et prolifèrent.

J'ai particulièrement aimé ces deux premières parties, peut-être parce qu'elles apportent, en sus du récit (passionnant) une réflexion sur la nature de la connaissance. Je me souviens de l'émoi qu'avait provoqué Claude Levi-Strauss en 1991, par son avant-propos de "Histoire de Lynx", dans lequel il constatait que le dialogue avec la science réactualise la pensée mythique, parce qu'elle sert de médiation entre les découvertes des scientifiques et *"l'homme de la rue incapable de comprendre de telles découvertes de l'intérieur et réduit par là-même à les percevoir seulement sous la forme d'un monde imaginaire, paradoxal et déroutant qui présente à ses yeux les mêmes propriétés que celui des mythes"*. A cette même époque, Hubert Reeves attirait l'attention, à propos de ces fameux "premiers temps de l'univers", sur les limites de la connaissance et dénonçait ceux qui pensent que l'astrophysique pourrait apporter une réponse à la question de Leibniz : "pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ?". Reeves ajoute ici deux autres questions : "pourquoi y a-t-il des lois plutôt que pas de lois ?" et "pourquoi, dans cet univers en perpétuel changement, les lois physiques, elles, ne changent ni dans le temps ni dans l'espace ?". Elles ont présidé à l'élaboration de la complexité ; grâce à elles, notre univers a transformé son état originel informe en un ensemble de structures de plus en plus organisées. Plus encore, dès les premiers temps du cosmos, la possibilité d'apparition de la vie était inscrite dans la forme même de ces lois ; attention : possibilité n'est pas nécessité. Mais, tout de même, penser qu'il aurait suffi que la force nucléaire soit un peu plus intense pour que l'hydrogène disparaisse au profit de noyaux plus lourds ; ce qui aurait éliminé l'existence de l'eau et donc la vie. Sans dire qu'il y ait une "intention" dans la nature d'engendrer des êtres conscients, Reeves remarque que, *"si elle l'avait voulu, elle aurait fait exactement ce qu'elle a fait"*.

Les mythes ancestraux sont tout proches ; le Big Bang, que Pie XII n'hésita pas à identifier au "fiat lux" biblique, mais qu'on pourrait aussi assimiler à un chaos originel postulé dans bien des civilisations ; la vie, apparue non pas dans les océans, mais dans les marécages, tour à tour secs et chauds le jour, froids et humides la nuit, qui s'assèchent puis se réhydratent. C'est dans l'argile que les molécules, piégées, vont s'associer et former les longues chaînes de l'ADN, support de l'information génétique : l'homme est donc né de l'argile !

Mais revenons à la crainte exprimée par Levi-Strauss : quand il "raconte une belle histoire", le scientifique doit faire preuve d'une rigueur d'autant plus grande que son lecteur n'a pas la possibilité de remettre en cause ce qu'il lui affirme ; Reeves se méfie, à juste titre, d'expressions telles que "naissance de l'univers" ; cela n'empêche pas quelques intertitres douteux, tels que "la grosseur de l'univers" ou "le cimetière des astres" ... Son effort de cerner ce qui est sûr, ce qui l'est moins et ce qui n'est qu'hypothèse est manifeste. Effort que l'on ne retrouve pas aussi clairement dans les deux autres parties. Joël de Rosnay expose de façon enthousiasmante la façon dont se produit la sélection naturelle, qui ne peut s'effectuer que dans la durée, la séparation des futures bactéries et des futures algues, par le choix de la ressource énergétique (respiration basée sur l'hémoglobine ou photosynthèse chlorophyllienne), l'apparition progressive de la vie telle que nous la connaissons, après élimination de toutes les autres pistes qu'elle a détruit, de la sexualité, du cerveau ... Les quelques lignes sur l'apparition de la conscience laissent dans l'insatisfaction : en sait-on vraiment quelque chose ? Il lance une idée sur l'évolution future : la complexité, toujours croissante, est-elle à rechercher dans les réseaux de communication ?

Du texte sur l'histoire de l'homme, j'ai surtout retenu que son origine est africaine. Qu'on recherche toujours l'ancêtre commun de l'homme et du chimpanzé, dont les gènes sont à 99% les mêmes. Que la séparation s'est peut-être faite il y a 7 millions d'années, quand s'est effondrée la vallée du Rift, ce qui a bouleversé le climat et suscité deux types d'évolution différents, conduisant aux singes à l'ouest, aux hommes à l'est : la seule preuve en étant que tous les restes de pré-humains ou d'humains sont trouvés à l'est. Des preuves encore fragiles...

La plus belle histoire de Dieu - éditions du Seuil - (89f)

Le scientifique s'étonne souvent des religions qui présentent leurs visions de Dieu à travers des dogmes figés. C'est pourquoi j'ai eu l'envie de présenter ce petit livre clair et simple, qui traite des évolutions de la conception de Dieu, Dieu de la Bible, Dieu des juifs et Dieu des chrétiens, racontées respectivement par Jean Bottéro, historien spécialiste de la Mésopotamie ancienne, Marc-Alain Ouaknin, rabbin et philosophe et Joseph Moingt, jésuite et théologien catholique ; tous les trois interrogés par Hélène Monsacré et Jean-Louis Schlegel. Il intéressera aussi bien l'agnostique que le croyant, par son approche résolument historique. Elle conduit en particulier à relativiser l'importance de la religion, celle avec laquelle, justement, Jésus a rompu, dit Joseph Moingt, quand *"elle donne à croire qu'on n'a accès à Dieu, ou qu'on ne contente Dieu que par elle"*. Mais ce n'est pas d'une histoire des religions, de leurs excès ou de leurs intolérances qu'il s'agit ici, mais de celle de Dieu...

Le Dieu de la Bible, c'est le Dieu de Moïse, rupture sans précédent et - invention géniale dit l'historien, révélation au monde dit le croyant - d'un Dieu unique, véritablement transcendant, absolu et inintelligible, Dieu du cœur, et non concept philosophique. Yahvé, le Dieu trop grand, trop sublime pour qu'on puisse se le représenter, n'a aucun besoin : on ne s'attache à lui qu'en obéissant à ses volontés, qui commandent de tout consacrer à une conduite droite. L'histoire antérieure du peuple juif, vécue dans le polythéisme, sera réécrite à la lumière de cette découverte radicale. Plus tard le prophète Jérémie découvrira la religion personnelle : Yahvé n'a plus seulement devant lui pour partenaire un peuple, mais des individus, qui peuvent, malgré sa grandeur, lui parler comme à un ami. Au retour de l'Exil, deux conceptions se heurteront. Pour le second Isaïe, Israël avait reçu la mission de révéler le Dieu unique et universel à tous les hommes, le seul privilège des Hébreux étant d'avoir été choisis pour être son porte-parole. Mais c'est le point de vue nationaliste et moraliste d'Ezéchiël qui l'emportera : se trouvera alors fondée une communauté close, purement religieuse. Le judaïsme est dominé par cette notion essentielle : le rapport à Dieu passe par le texte de la Loi.

"Dieu est un texte" dit même Ouaknin, qui précise : le peuple juif n'est pas le "peuple du Livre", mais "le peuple de l'interprétation du Livre". Donnons-en un exemple : que signifie : "Dieu crée l'homme à son image" ? Dieu n'a pas d'image, l'homme n'en aura donc pas non plus. Ce qui veut dire qu'il n'est pas enfermé dans une définition préalable : Dieu a créé l'homme libre. Le Talmud ne cherche pas au texte un sens unique, ce qui serait une façon de s'appropriier Dieu, mais s'attache à l'interpréter de telle sorte que la parole qu'il contient soit comprise dans tous les sens possibles. A ce stade, judaïsme et christianisme, ces deux héritiers de Moïse semblent bien éloignés. Pas si simple : la révélation, rappelle Ouaknin, met en avant ce qu'il faut faire pour vivre de façon juste et heureuse. *"L'éthique des droits de l'homme est née au Sinaï, avec la révélation d'une loi qui interdit la violence"*. Au delà de leurs profondes divergences religieuses, christianisme et judaïsme partagent la même affirmation éthique essentielle, qu'ils doivent à Moïse : se comporter honnêtement, en respectant l'autre est le seul moyen de rendre hommage à Dieu.

Les deux commandements chrétiens ne sont donc pas nouveaux, mais ce qui est nouveau précise Joseph Moingt, c'est que, quand on demande à Jésus de citer le plus grand, il en cite deux : *"l'amour et la justice envers le prochain sont l'amour de Dieu et viennent se substituer à"*

tous les préceptes de la loi juive". A la Pentecôte, Dieu est sorti de l'enceinte du sacré où il était enfermé. La nouveauté chrétienne, c'est que le salut se fait dans la vie profane : il ne dépend pas du respect de préceptes, mais du service et de la justice rendus aux autres. Cette soixantaine de pages ont la simplicité que seule permet une pensée profonde et mûrement élaborée. Je me bornerai à citer trois points.

- Il n'y a pas de vérité énoncée de façon définitive : Dieu se révèle dans l'histoire et il est toujours à découvrir. Les hommes le pensent en fonction de leur insertion dans un monde ; leur pensée évolue avec l'histoire.

- L'homme doit se débarrasser définitivement du fardeau de se sentir coupable parce qu'il empiéterait sur l'espace divin ; de la peur de Dieu, de la peur de la liberté, qui le conduit à offrir des sacrifices : c'est de ces peurs que Jésus a sauvé les hommes.

- Dieu ne "sert" à rien : *"Il est l'être gratuit par excellence, qui n'impose pas même sa présence"*. Et la gratuité ouvre à une vie humaine conçue sur le mode de la liberté de l'esprit.

LG

L'horreur économique - Viviane Forrester - éditions Fayard - (98f)

Enfin, un ouvrage qui envisage le problème du chômage d'une façon réaliste. Arrêtons-nous de reprocher aux demandeurs d'emploi de ne pas savoir se présenter, ni écrire un CV, de ne pas avoir acquis la bonne formation, de ne pas être assez courageux au travail... Ou encore de faire grief à l'étranger de "prendre le travail des français" ... Du travail, il faut s'en convaincre et le répéter, il n'y en a, et n'y en aura désormais plus pour tout le monde. Que faire de ceux qui n'accéderont pas à ce statut dorénavant envié de "travailleur" ? C'est qu'un métier, dans notre société actuelle, apporte non seulement des moyens financiers, mais aussi un statut social. Etant privé des premiers, doit-on l'être aussi du second ? Peut-on se continuer à vivre dans l'imposture de ce que l'auteur appelle un monde virtuel, celui qui fait comme si le plein emploi allait bientôt revenir ?

Viviane Forrester développe une analyse de nature politique. Elle consacre plusieurs chapitres à l'évolution des banlieues. Ces lieux de résidences des plus pauvres, dont le statut a changé : hier, leur travail était nécessaire à la prospérité d'une société qui n'a aujourd'hui plus besoin d'eux. On découvre qu'il y a pire qu'être exploité : être exclu. Elle discute aussi des relations entre le monde développé et le Tiers-Monde : leurs intérêts s'opposent-ils, ou n'ont-ils pas plutôt à penser ensemble à une nouvelle organisation de la société ?

Ce qui m'a donné envie d'évoquer cet ouvrage pour les lecteurs des CC, c'est l'analyse portée sur le système éducatif. Qui de nous ne s'est jamais senti accablé par les critiques qui lui sont régulièrement portées, y compris par nos ministres : former des chômeurs, ne pas savoir s'adapter à la demande du marché de l'emploi, ne pas privilégier suffisamment la formation professionnelle... ? La mauvaise conscience des enseignants se développe. Et si nous faisons fausse route, se demande Viviane Forrester ? A cibler tous les efforts sur l'apprentissage d'un métier, objectif illusoire pour une fraction importante de nos élèves, ne va-t-on pas tout droit dans le mur ? Ne sommes-nous pas en train de supprimer l'apprentissage de tout ce qui structure un individu ? On sacrifie tout ce qui est jugé inutile, ou gratuit, à la formation à une profession ... qui ne sera jamais exercée.

"Puisque la voie des emplois se ferme, l'enseignement pourrait au moins se donner pour but d'offrir à ces générations charnières une culture qui donnerait du sens à leur présence au monde, à leur simple présence humaine, leur permettant d'acquérir un aperçu des possibilités dévolues aux humains, une ouverture sur les champs de leurs connaissances. Et par là, des raisons de vivre, des voies à frayer, un sens trouvé à leur dynamisme immanent".

Et je repense à Julieta Fierro, qui veut simplement faire partager aux enfants des rues ce qu'elle pense être la plus belle joie de l'existence, celle de comprendre ...

Sur ce problème majeur de nos sociétés, le débat ne peut être escamoté. Ce livre a l'intérêt de le lancer. On se réjouira du succès qu'il rencontre.

Lucienne Gouguenheim

Hubert GIÉ, notre ami

C'est un ami qui vient de nous quitter, un ami personnel et un ami du CLEA. Hubert Gié avait une très forte personnalité, qui a marqué tous ceux qui l'ont connu ; d'esprit très indépendant, il savait aller à ce qu'il jugeait être l'essentiel, malgré les nécessités inhérentes aux fonctions qu'il a occupées et aux nombreuses responsabilités qu'il a assumées. Devenu Inspecteur Général, après avoir enseigné la Physique en classe préparatoire, il joua un rôle éminent dans l'ensemble des instances successives chargées de l'élaboration des programmes ; en particulier, il présida un temps le groupe technique "Physique" mis en place auprès du Conseil National des Programmes. Il aimait avant tout la physique, cherchant à la faire aimer. Il avait aussi une grande qualité de rapports humains, fustigeant souvent l'anonymat parfois cruel de la grande machinerie du Ministère. Combien de fois l'ai-je vu intervenir pour régler le problème personnel d'un enseignant que je lui avais signalé ...

Il fit partie des membres fondateurs du CLEA, au bureau duquel il a été constamment réélu. Les lecteurs des Cahiers ont apprécié les articles qu'il a régulièrement écrits pour eux. Retraité depuis peu, il m'avait dit : "Je vais avoir maintenant un peu plus de loisirs, et j'aimerais en consacrer une partie au CLEA". Nous lui avons demandé sa contribution pour le numéro 80, celui qui marquera le vingtième anniversaire des Cahiers. La maladie ne lui aura pas laissé le temps de l'écrire : son témoignage nous manquera.

J'ai fait sa connaissance il y a un peu plus de 20 ans. Derek McNally, alors président de la Commission Enseignement de l'Union Astronomique Internationale, m'avait chargée d'organiser à Grenoble, à l'occasion de l'Assemblée Générale de cette Union, un colloque d'une journée sur l'enseignement de l'Astronomie (voir CC n°75, p.14). Je me suis adressée à Hubert pour qu'il l'annonce aux lecteurs du Bulletin de l'Union des Physiciens (BUP) dont il était alors le Rédacteur en Chef. Son accueil fut chaleureux : d'emblée, il manifesta son intérêt, me proposa sa collaboration, et ouvrit les pages du BUP à des articles d'Astronomie. Depuis, il a été de tous les événements qui ont marqué la vie de notre association. Toujours présent à l'Assemblée Générale, où il donna une communication orale à deux reprises, et où il savait nous pousser à aller de l'avant, à renforcer nos liens avec la communauté des Physiciens. Il vint à plusieurs reprises visiter l'école-université d'été du CLEA, particulièrement sensible aux réalisations pratiques qui s'y élaboraient.

Je voudrais évoquer ici quelques souvenirs plus personnels. Pour commencer, ses appels téléphoniques qui intervenaient régulièrement, généralement le samedi. Toujours curieux des découvertes nouvelles, il venait d'abord s'enquérir des avancées de l'astronomie. Puis nous échangeons sur l'enseignement, la pédagogie, la vie du CLEA... Il attira à plusieurs reprises mon attention sur l'importance de notre présence au congrès de l'Union des Physiciens : et je le revois à Lyon, en train de construire sous la direction de Claude Piguet, la maquette en carton à trois dimensions - le "Cinéciel" - qu'elle avait imaginée pour illustrer les mouvements célestes.

Sensible très tôt - alors que le Ministère ne l'était pas encore - à la nécessité d'une formation et d'une information scientifiques continues des enseignants, il créa avec Roland Omnès la collection "Liaisons Scientifiques" publiée par Hachette en collaboration avec le CNRS. Il décida de consacrer le second volume de la série à l'astronomie. C'est ainsi que naquit "Méthodes de l'Astrophysique" ; et le dernier appel téléphonique que j'ai reçu de lui était pour m'annoncer sa nouvelle réimpression ...

Il était un grand amoureux de la montagne - les Alpes - où il a souhaité que ses cendres soient dispersées.

Il vit toujours dans notre souvenir.

Lucienne Gouguenheim

Souvenirs...



en hommage à Hubert Gié

A la rentrée scolaire 1959, j'appris qu'un jeune professeur de physique était nommé au lycée de St Cloud. Nous fîmes rapidement connaissance d'autant que nous avions les mêmes élèves de Seconde et de Terminale, lui en physique, moi en mathématiques. La collaboration fut aussitôt facile et, je le crois, fructueuse, aussi bien pour les élèves que pour moi.

A l'époque, avec mon ami Jean Itard, nous tentions de faire vivre une revue pluridisciplinaire, **L'Enseignement des Sciences**, qu'éditait Hermann et qui avait l'ambition de promouvoir un enseignement culturel des disciplines scientifiques : mener de front une information scientifique de qualité, ouvrir des débats pédagogiques, faciliter l'information historique sur les développements scientifiques. Projet peut-être trop ambitieux, la revue n'eut que onze numéros et le douzième qui devait contenir de nombreux comptes rendus sur l'observation de l'éclipse de Soleil de février 1961 ne put paraître.

J'eus le temps, cependant, de mettre à contribution Hubert Gié qui nous donna deux importantes études. Dans le numéro 6 de la revue (mars-avril 1960) ce fut un Aperçu sur la classification des particules élémentaires ; le texte de sept grandes pages était illustré par un tableau général des particules tel que le fournissait alors le CEA, de superbes photos de désintégration et le portrait de "Saturne" l'accélérateur de Saclay.

Gié, qui était devenu professeur de spéciales au lycée Charlemagne, nous donna encore en janvier-février 1961 une étude sur L'accélération des particules électrisées l'article de douze pages fut le morceau de choix du dernier numéro de la revue.

Aujourd'hui, encore sous le choc du décès de notre Collègue, je ne voulais que signaler cette ancienne collaboration. Depuis, au CLEA, nous avons eu maintes occasions de profiter de l'aide par articles ou conférences de Hubert Gié. Je me demande cependant si un physicien spécialiste du nucléaire ne pourrait pas reprendre pour LES CAHIERS CLAIRAUT les deux sujets traités par Gié en 1960 et 61, en soulignant ce qui demeure et ce qui a changé. Pour nous, ce qui demeure sûrement, c'est le souvenir du bon compagnon que fut pour nous Hubert Gié.

Gilbert Walusinski

LA VIE DU CLEA

Petite annonce : Recherche enseignants et élèves pour travail sur la détermination de la latitude et de la longitude d'un lieu

Pour trouver la latitude d'un lieu, on peut mesurer la hauteur de la Polaire ou utiliser le mouvement apparent du Soleil. Ces méthodes sont connues depuis longtemps mais il est intéressant de les retrouver avec des élèves. C'est ce que je vais essayer de faire cette année avec un groupe d'élèves de 5ème dans le cadre d'un atelier scientifique. Si d'autres groupes dans d'autres lieux voulaient faire le même travail, il serait instructif de voir que les résultats sont différents : cela serait un argument supplémentaire pour montrer que la Terre est ronde.

La longitude est un problème plus complexe puisqu'elle n'est pas absolue. On ne peut que mesurer des écarts de longitude entre deux lieux, en comparant par exemple leur heure solaire au même instant. Pour sa détermination, il faut donc travailler avec plusieurs personnes situées à des longitudes différentes. L'instant commun, le top, peut être donné par un phénomène astronomique (éclipse de Io par exemple) ou d'une manière plus moderne par un simple coup de téléphone ou par Internet.

Le principe général n'est pas très compliqué. Il peut être applicable par des élèves de collège ou de lycée. Pour les plus jeunes, il faudra prévoir suffisamment de temps pour qu'ils se familiarisent avec ces notions.

Si vous êtes intéressés par un travail en commun sur ce thème ou si vous désirez plus de renseignements sur ces méthodes, contactez-moi.

Pierre Causeret, Sentier du Mordain, 21170 Esbarres
Coordonnées approximatives (à vérifier avec le TP) : 47°Nord, 5° Est
e-mail <Pierre.Causeret@wanadoo.fr>

Météorologie et astronomie à l'école

Dans le cadre du colloque national "Météorologie et " qui se déroulera à Arc et Senans les 15, 16 et 17 octobre 1997, notre collègue Pierre Magnien (service éducatif du Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon) présentera une intervention orale : en voici le résumé.

Lorsque l'on pose à des élèves de n'importe quel niveau la question " Où se lève et où se couche le Soleil ? ", on reçoit invariablement comme réponse Le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest " !

Dans le même registre, on peut demander pourquoi fait-il plus chaud en été qu'en hiver ? ". De nombreux élèves répondront que ceci est lié au fait que la Terre est plus proche du Soleil en été qu'en hiver!

Comme on le voit, les éléments de base permettant de comprendre le fonctionnement et l'évolution de la gigantesque machine thermique que constitue notre atmosphère ne sont pas maîtrisés par la plupart des élèves alors que ces notions sont abordées, pour les plus simples, dès l'enseignement primaire.

De plus, les enseignants abordent les questions concernées par ces sujets dans différentes disciplines comme la géographie, les sciences de la vie et de la terre, la physique ou même l'histoire lorsque l'on s'intéresse aux aspects climatologiques.

Enfin, par ce biais, on est amené à développer des thèmes de l'astronomie et de là, à s'intéresser à la place de notre Terre dans le Système Solaire et à la comparer, en particulier sur le plan atmosphérique, avec les autres planètes telluriques.

Le Muséum a créé deux expositions permanentes, l'une sur le Système Solaire et l'autre sur la météorologie et, les climats (en collaboration avec Météo France Besançon) constituant un support idéal pour lancer des actions en milieu scolaire. En utilisant des outils développés par le CLEA (Comité de Liaison Enseignant Astronome) et par notre service éducatif du Muséum, ce dernier a monté des activités autour des liens entre l'astronomie (place de la Terre dans le Système Solaire), la météorologie (évolution de notre atmosphère à court terme) et le climat (évolution de notre atmosphère à long terme). Voici quelques exemples de thèmes abordés et qui seront développés dans la communication :

- les saisons (thème apparemment banal mais recouvrant en réalité de nombreuses difficultés)
- mesure de la constante solaire et bilan radiatif de notre planète
- météorologie des planètes ayant une atmosphère

LA VIE DE L'EAAE

European Association for Astronomy Education

Le Groupe de Travail n°3 (Formation des Enseignants) a organisé la première Ecole d'Été Internationale de l'EAAE, du 7 au 12 Juillet 1997 à la Seu d'Urgell. Cette ville des Pyrénées Espagnoles offre des conditions magnifiques aux participants et a permis l'organisation d'un ensemble d'activités. Il y eut 4 Conférences d'intérêt général, 4 Ateliers, 10 Groupes de Travail, deux sessions de posters et des observations, le jour et la nuit. Mentionnons aussi des activités moins astronomiques telles que du rafting et du canoë kayak sur des sites Olympiques !

Cet événement fut vécu par un groupe de 50 personnes, incluant participants et animateurs ; ils provenaient de 8 pays différents : Allemagne, Belgique, Espagne, Finlande, France, Italie, Lettonie et Portugal. Les animateurs étaient : Francis Berthomieu (France), Roland Boninsegna (Belgique), Lucette Bottinelli (France), Giulano Casali (Italie), Frédéric Dahringer (France), Jordi Delpeix (Espagne), Lucienne Gouguenheim (France), Jean-Luc Fouquet (France), Marc Ribo (Espagne), Rosa M. Ros (Espagne), Josée Sert (France), Roland Szostak (Allemagne) et Ederlinda Vinuales (Espagne).

Les langues officielles étaient l'Anglais, le Français et l'Espagnol. Tous les participants, incluant les animateurs, ont reçu avant le début de l'Ecole d'Été un compte rendu complet de l'ensemble des activités, rédigé dans deux langues différentes. On doit souligner l'excellent niveau de coopération et l'atmosphère particulièrement amicale qui a caractérisé l'ensemble de la semaine.

Le Séminaire Permanent d'Astronomie de l'Institut des Sciences de l'Education de l'Université Polytechnique de Catalogne a fourni l'organisation locale. Cette institution possède une longue et grande expérience en ce domaine : elle a organisé plusieurs Conférences Internationales sur l'Enseignement de l'Astronomie et organise des sessions de formation d'enseignants Espagnols depuis 1983, date à laquelle le Séminaire Permanent d'Astronomie a été créé, en relations avec l'Université de Barcelone.

A la lecture des réponses au questionnaire distribué, on peut dire que cette première Ecole d'Été de l'EAAE a été un succès, que nous espérons pouvoir renouveler. On doit cependant déplorer l'absence totale de soutien financier de la part de l'EAAE, qui devrait être intéressée au premier chef par ce type d'activité. Un soutien efficace de l'EAAE auprès des instances Européennes sera nécessaire pour obtenir le financement qui permettrait la participation de collègues provenant de pays à devises faibles. Nous avons reçu des demandes de collègues provenant de Russie, de Bulgarie et de Grèce, qui n'ont pas pu participer, en l'absence de toute possibilité d'aide financière.

Le Groupe de Travail n°3 de l'EAAE planifie déjà l'organisation de la seconde Ecole d'été qui se déroulera l'été prochain, probablement la 3ème ou la 4ème semaine de Juillet, en Italie.

Rosa M. Ros
Présidente du GT n°3

JOURNEES NATIONALES APMEP DE MARSEILLE 1997

Grâce à l'Association Andromède et à nos collègues de l'Observatoire de Marseille, l'astronomie sera bien présente lors des Journées Nationales de l'APMEP du 25-27 octobre 1997. Ils y animeront les ateliers suivants : "Le Soleil, notre étoile", "Sous un planétarium : questions de perspective", "Sous un planétarium : questions de point de vue", "Sous un planétarium : matière à questions", "Exemples de traitement d'images en astronomie", "Séances d'observations astronomiques à l'Observatoire de Marseille". Les Journées se termineront avec la conférence de J.P. Sivan : "Des mondes nouveaux sous des soleils lointains".

Bonnes Journées à toutes et à tous !

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LES SOURCES TRANSITOIRES DE RAYONNEMENT GAMMA SE DEVOIENT ENFIN

Une avancée décisive vient d'être réalisée dans la résolution de l'énigme des sources transitoires de rayonnement gamma (notées ci-après par "GRB", pour "Gamma-Ray Bursts", suivi de la date de la découverte, selon la terminologie adoptée pour les désigner). Ces sources, connues depuis près de 30 ans sont actuellement plus de 2000 et ont été détectées pour l'essentiel depuis 1991, par le télescope spatial CGRO ("Compton Gamma Ray Observatory") de la NASA (voir Les Cahiers Clairaut n°65, printemps 1994, p. 29). Leur brève émission (pendant quelques millisecondes à quelques minutes) est distribuée dans le domaine d'énergie supérieure à $0,5 \cdot 10^5$ eV et avec un pic d'intensité autour de quelques 10^5 eV. On rappelle que l'énergie E exprimée en électron-volt eV ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J) est liée à la longueur d'onde λ du rayonnement, par la relation $E = hc/\lambda$, où h désigne la constante de Planck et c la vitesse de la lumière ; $E = 10^5$ eV est associée à $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-11}$ m.

Les observations récentes depuis le sol, des deux sources découvertes le 28 février 1997 (GRB970228) et le 8 mai 1997 (GRB970508) ont révélé pour la première fois une contrepartie optique et dans le cas de GRB970508, un décalage des raies dans le spectre de la source optique transitoire, plaçant celle-ci à une distance de plusieurs milliards d'années de lumière. Ainsi, le débat entre l'interprétation locale (sources gamma associées à notre Galaxie) et l'interprétation cosmologique (sources gamma extragalactiques) semble tranché en faveur de cette dernière.

Les deux sources précédentes ont été découvertes par l'un des instruments du satellite italo-hollandais, appelé BeppoSAX (SAX est l'acronyme italien de "Satellite per Astronomia X" et Beppo est le surnom du physicien italien Giuseppe Occhialini), lancé en 1996 et destiné à l'observation du ciel en rayonnement X ; l'instrument de la découverte en gamma sert essentiellement de bouclier protecteur contre les rayons cosmiques mais aussi de moniteur (peu directif) pour détecter des GRB ; GRB970228 ayant aussi été enregistrée par la caméra à grand champ du satellite, sa position a pu d'emblée être précisée avec une résolution angulaire de 3'. Ceci a permis de pointer la source, seulement 8h après la détection en gamma, avec la caméra X à faible champ (résolution de 50") et de détecter une émission X (au voisinage de quelques 103 eV) transitoire. Enfin, 21h après l'évènement gamma, des images optiques réalisées en bandes V et I avec le télescope William Herschel de 4,2m de La Palma révélaient une émission optique (correspondant à une magnitude 21 environ) transitoire, au voisinage de la même position (à mi chemin entre les étoiles α Tauri et γ Orionis) ; cette contrepartie optique a ensuite été associée à une galaxie faible. Après l'expérience de cette avant-première, le suivi à différentes longueurs d'onde de GRB970508 s'est organisé de manière encore plus rapide : 7h après l'évènement, des observations sur divers télescopes optiques et radio étaient programmées. L'émission optique détectée 1 jour après est passée par un maximum le 2e jour ; l'émission radio est apparue le 13 mai pour décroître ensuite. Enfin, l'observation cruciale du spectre de la source optique transitoire a été réalisée presque au maximum d'intensité, 56h après l'évènement gamma, avec le télescope de 10 m (Keck II) installé à Hawaii au sommet du Mauna Kea. Ce spectre s'étendant de 420 nm à 530 nm, comporte 8 raies d'absorption du fer et du magnésium une fois ionisé, toutes décalées vers les grandes longueurs d'onde avec un même décalage spectral relatif qui vaut $z = \Delta\lambda / \lambda = 0,835$. Cela est la signature d'un milieu absorbant intervenant sur la ligne de visée entre nous et GRB970508 ; le milieu absorbant associé à GRB970508 pourrait simplement être la galaxie abritant la source gamma. Le décalage observé ($z=0,835$) représente donc une limite inférieure de notre distance à GRB970508 ; cette distance dépend des modèles cosmologiques mais doit se chiffrer en milliards d'années de lumière.

L'exploration des GRB entre dans une nouvelle phase : défi pour les observateurs, pour obtenir le détail des variations temporelles des émissions à différentes longueurs d'onde et des spectres ; défi pour les théoriciens qui doivent préciser des scénarios capables de libérer des énergies de l'ordre de 10^{45} J en une durée de l'ordre de 1 minute ; ceci pourrait surgir lors des cataclysmes accompagnant la fusion d'étoiles dans un système binaire composé de deux étoiles à neutrons ou d'une étoile à neutrons et d'un trou noir.

L.Bottinelli

Les publications du C.L.E.A.

Les fiches d'activités pédagogiques du CLEA

Numéros hors série des **Cahiers Clairaut** par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA.

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS2. La Lune niveau collège 1 (60F- 68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS4. Astronomie en Quatrième (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS5. Gravitation et lumière, niveau Terminale (75F-83F) (65F-73F pour les abonnés)
- HS6. L'âge de la Nébuleuse du Crabe (avec 4 diapositives et 12 jeux de deux photographies ; niveau lycée) (100F-110F)(90F-100F pour les abonnés)
- HS7. Etude du spectre du Soleil (50F-58F) (42F-50F pour les abonnés)

Documents pour les fiches CLEA-BELIN

- DCB. 10 exemplaires 40F (35F pour les abonnés)
- 20 exemplaires 65 F (60 F pour les abonnés)

Transparents animés pour rétroprojecteur

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

Diapositives (Séries de 20 vues+livret de commentaires)(60F-65F)(50F-55F pour abonnés)

- D1. Phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars
- D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F-35F)
- D7. Taches solaires et rotation du Soleil
- D8. Comètes

Filtres colorés et réseaux

- FCR. Six feuilles de filtres colorés et une feuille de réseaux (70F-75F) (65F pour les abonnés)

Cours photocopiés d'Astrophysique (M3.C4 de l'Université Paris XI-Orsay)

chaque fascicule : 30 F, 35 F

- CI. Astrophysique générale
- CII. Mécanismes de rayonnement en astrophysique
- CIII. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire
- CIV. La structure interne des étoiles
- CV. Relativité et cosmologie
- CS. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

Le C.L.E.A. et Les Cahiers Clairaut

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1997 :

Cotisation simple au CLEA pour 1997	30 F
Abonnement simple aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n° 77 à 80	120 F
Abonnement aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n°77 à 80 ET cotisation au CLEA pour 1997	150 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des <i>Cahiers Clairaut</i> (port compris)	40 F

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

COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

C1 . Collection complète du n° 1 au N°76 (1200 F- 1300 F)

C88. C89. Collections 1988 ou 1989 (chaque 80 F - 90 F)

C90. à C96. (chaque 90 F- 100 F)

N-B. Comme pour toutes les publications le deuxième prix est celui qui correspond au tarif port compris

Adresser inscriptions, abonnements ou commandes au secrétaire du CLEA

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

en joignant à votre envoi le chèque correspondant rédigé à l'ordre du CLEA.

Autres publications diffusées par le CLEA

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAÎTRES EN ASTRONOMIE

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

PUBLICATION DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

LSO. Catalogue des étoiles les plus brillantes : toutes les données disponibles
du Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg
concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Commande à adresser au service librairie du Planétarium de Strasbourg

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Dépot légal 1er trimestre 1979

Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

Numéro d'inscription CPPAP 61660