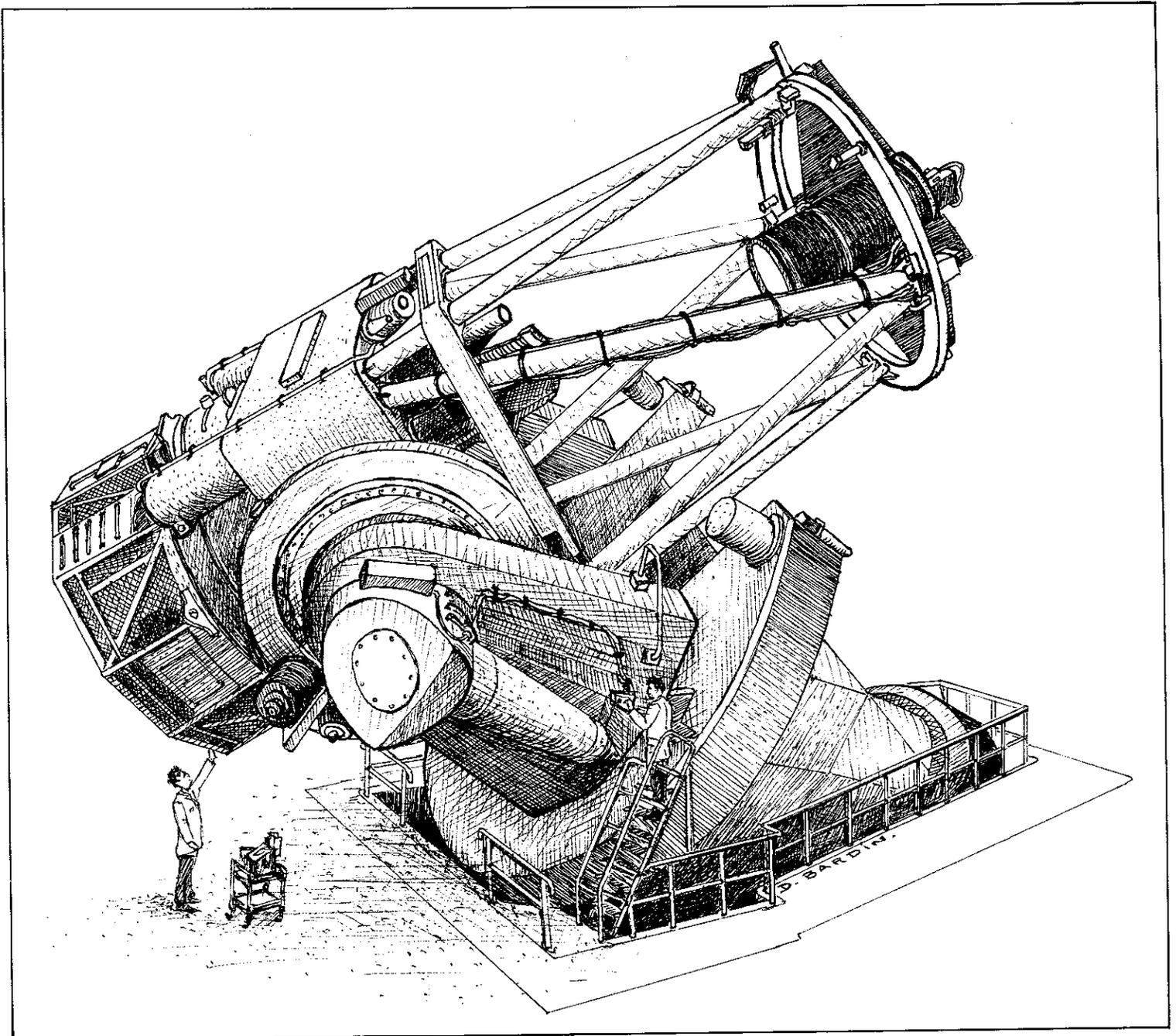


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



Le CLEA - 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 public et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

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

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

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

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

Bureau du CLEA pour 1989

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Alain Dargencourt

Marie-France Duval

Hubert Gié

Jean Ripert

Catherine Vignon

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

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 45 Eté 1989 - Germinal 197

	page
Actualité et Avenir de l'Enseignement de l'Astronomie	2
Témoignages AAEA.....	8
Variations de la durée du jour et variations de température	14
Astronomie et publicité	16
Un astronome rochelais au 17ème siècle	17
Le calendrier républicain	21
Astronomie et variations climatiques (suite et fin)	25
Les Potins de la Voie Lactée	35
Lectures pour la Marquise	36
L'aventure en question	39
Chronique du CLEA et Courrier des Lecteurs	40

EDITORIAL

Nous entamons la douzième année des Cahiers Clairaut - qui est aussi celle du bicentenaire de la révolution. Nous avons donc introduit une innovation: la date de chaque numéro des CC sera donnée cette année à la fois dans le calendrier légal et dans le calendrier républicain. Ceux qui ne se souviendraient plus très bien de ce dernier sont invités à se reporter à l'article de Michel Toulmonde...

Les réformes envisagées actuellement dans l'enseignement seront-elles révolutionnaires ? En tous cas, nous saluons la volonté affichée d'introduire un enseignement d'astronomie. Adhérents du CLEA, vous avez été consultés sur ce projet de réforme. L'analyse de cette consultation est présentée ici, dans une rubrique nouvelle que nous ouvrons "Actualité et Avenir de l'Enseignement de l'Astronomie" (AAEA). Nous avons reçu un très grand nombre de témoignages passionnants qu'il nous semblerait utile de publier in extenso. Le choix est difficile, et nécessairement arbitraire. Nous avons retenu dans ce numéro un premier groupe de 4 témoignages; la rubrique se poursuivra dans les prochains numéros.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce numéro des Cahiers. J.M. Prime relate une expérience particulièrement intéressante réalisable à l'école élémentaire, à propos de la durée du jour: voilà exactement le type de démarche expérimentale que vous appelez tous de vos vœux. Sur le même thème, mais dans un esprit tout à fait différent, nous publions la fin de l'article de J.P. Parisot et B. Mazodier sur les variations climatiques. Le rochelais J. Vialle nous parle d'un autre rochelais; il a aussi traduit pour nous un article paru dans la publication de la Société Américaine du Pacifique "The Universe in the Classroom"; nous remercions notre collègue américain A. Fraknoi de nous avoir donné l'autorisation de publication.

L'Institut d'Astrophysique de Paris, qui a participé à la manifestation parisienne (la Villette) "L'Aventure des Métiers", a invité le CLEA à y tenir un stand; nous l'en remercions vivement, ainsi que tous ceux d'entre vous, adhérents CLEA de la région parisienne, qui avez bien voulu assurer une présence. A.M. Louis nous raconte ici comment elle a vécu cette expérience.

ACTUALITE ET AVENIR DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE

Pour les membres du CLEA et pour les lecteurs des Cahiers Clairaut, la promotion de l'enseignement de l'astronomie est leur raison d'être en tant que tels. Ils y pensent donc toujours et ils ont fait le meilleur accueil à l'appel suivant de leur Présidente :

Orsay, le 20-12-1988

Cher(e) Colleague,

Comme vous l'avez peut-être appris par la presse, le MEN vient de nommer des commissions chargées de réviser les programmes de l'enseignement primaire, secondaire et supérieur (premier cycle). L'Astronomie apparaît dans une rubrique nouvelle intitulée "Sciences de la Terre et de l'Univers". La commission correspondante, présidée par M. Blanchet et qui comporte deux astronomes, J. Audouze et A. Brahic, doit travailler très rapidement. Il est envisagé d'introduire de l'Astronomie **en tant que telle** dans les différents cycles d'enseignement. Une formation initiale et continue des enseignants est également prévue, incluant un CAPES et une Agrégation des Sciences de la Terre et de l'Univers.

Pour aider la commission dans son travail, il serait utile de rassembler de l'information sur les **expériences concrètes** qui ont été réalisées. Nous souhaitons donc recevoir **rapidement** de votre part des informations concernant les points suivants :

(1) Actions de **formation continue des Maîtres** auxquelles vous avez participé soit en tant que stagiaire soit en tant qu'animateur. Précisez la discipline dont vous relevez et le niveau d'enseignement (école élémentaire, collège, lycée, école normale, classe préparatoire, université). Dans le cas où vous avez encadré un tel stage, précisez-nous le public touché (disciplines, niveau d'enseignement, nombre). Commentez l'évaluation que vous faites de ces actions.

(2) Interventions au niveau du **DEUG** et dans les **écoles normales d'instituteurs**. Précisez le nombre d'heures, le programme, les étudiants concernés (nombre, formation antérieure) et votre évaluation de cet enseignement.

(3) **Expériences au niveau de l'école**, au sens large, incluant les activités de **PAE** et de **club**. Il est important en particulier de préciser la réceptivité et l'intérêt des enfants aux différents thèmes abordés en fonction de leur âge. Votre expérience en ce domaine est importante pour alimenter la réflexion sur les programmes.

(4) Vos **propositions concrètes** sur les **contenus** des programmes dans les différentes classes (de l'école élémentaire au DEUG en passant par les classes préparatoires aux grandes écoles...)

Nous nous proposons de rassembler et classer l'ensemble des informations recueillies et de les communiquer à J. Audouze et A. Brahic. Ceci doit être fait **impérativement pour la mi-janvier**. Le délai est court, ce que nous vous demandons implique du travail, pour vous et pour nous, mais l'enjeu nous semble suffisamment passionnant pour le justifier ! Merci à l'avance de votre collaboration.

Nous vous souhaitons de joyeuses fêtes et une heureuse nouvelle année.

Bien amicalement,

Pour le Bureau du CLEA

L. Gouguenheim

Nous avons reçu plus de deux cents réponses, des lettres passionnantes de même que les dossiers qui, souvent, les accompagnaient. A partir de

Des convergences remarquables

Nous avons été frappés par la convergence des avis exprimés, qu'ils proviennent d'enseignants du nord ou du midi exerçant aux niveaux de l'école, du collège, du lycée ou de l'école normale :

- 1. Intérêt enthousiaste et quasi unanime pour l'enseignement de l'astronomie; on insiste sur la pluridisciplinarité naturelle à l'astronomie et sur l'importance de l'aspect historique.
- 2. Crainte qu'une prise de décision trop hâtive n'aboutisse à un échec.
- 3. Nécessité de s'adresser, au démarrage, à des enseignants formés et motivés quelle que soit la discipline dont ils relèvent.
- 4. Danger qu'il y aurait à couper l'astronomie de ses liens avec la physique mais intérêt qu'elle présente pour enseigner "autrement".
- 5. Cet enseignement doit être essentiellement fondé sur l'expérimentation, l'observation et les manipulations ; le formalisme excessif doit être absolument évité, il y a sur ce point unanimité.
- 6. La surcharge actuelle des programmes ne permet pas d'introduire une matière nouvelle sans allègement des programmes par ailleurs.

° °

Dans le rapport pour la commission nous avons fait le point sur l'état actuel de l'enseignement de l'astronomie aux divers niveaux. Puis nous avons esquissé des propositions.

Pour l'école élémentaire

OBJECTIFS : structurer l'espace, nourrir la curiosité, ne pas apporter de réponses trop précises pour garder aux enfants leur envie de comprendre le monde, maîtriser le vocabulaire véhiculé par les media (TV), donner le goût et l'habitude de la démarche expérimentale.

METHODES : il faut insister sur une démarche expérimentale, et pas seulement descriptive, sur la nécessaire observation (diurne et nocturne) ; il faut ajouter des constructions et des manipulations. Les explications ne doivent jamais être introduites gratuitement, mais venir interpréter des phénomènes étudiés préalablement.

PROGRAMMES : il y aurait grand intérêt à étaler cet enseignement depuis le Cours Préparatoire (CP) ou le CE jusqu'au CM. Mais il semble important de varier les thèmes étudiés aux différents niveaux et d'en préciser les objectifs et les limites afin d'éviter le piège dans lequel était tombé, il y a quelques années, l'étude de la préhistoire (devant l'engouement des enfants, tous les maîtres abordaient cette période, cela entraînant recites et lassitude). Cependant, il faut aussi assurer une progression.

SUGGESTION DE PROGRAMME :

- aux CP et CE, observations et descriptions qualitatives en se plaçant exclusivement dans une perspective géocentrique. Observation du mouvement apparent du Soleil, ombre d'un piquet, jour et nuit, année ; observation de la Lune (phases et éclipses) ; histoire récente (conquête spatiale); au CE, on fera apparaître essentiellement la notion de cycle (jour, nuit, saisons).

- aux CM, conserver les instructions officielles actuelles, à l'exception de ce qui concerne les marées (réservées exclusivement aux classes de mer) Ajouter une description plus générale de l'Univers, concernant ce que les enfants peuvent observer (étoiles, constellations) et une explication des mots qu'ils connaissent sans leur signification scientifique ; ajouter aussi des éléments d'histoire des sciences (géocentrisme, héliocentrisme, calendrier, évolution des instruments).

Il doit apparaître clairement dans ces programmes que l'astronomie n'est pas une suite de propositions sur le mouvement des astres représentant la vérité, et coupées des observations possibles, ou une compilation de renseignements sur la physique des planètes, mais que ces connaissances doivent se construire à partir d'observations, d'expérimentations sur maquette, d'exploitation de documents.

FORMATION DES INSTITUTEURS : une bonne formation, tant initiale que continue est essentielle. Les possibilités existent, en particulier au sein des Ecoles Normales où l'astronomie a déjà été très souvent introduite. Insister sur les stages pluridisciplinaires (physique, mathématique, philosophie, arts plastiques, travaux manuels,...) avec des co-interventions. La co-intervention est importante, outre dans le cadre de la pluridisciplinarité caractéristique de l'astronomie, dans la double perspective de la connaissance scientifique et épistémologique. Les DEUG suivis par les futurs candidats à l'entrée en EN devraient inclure des unités optionnelles d'astronomie (seul le DEUG SSM, dont sont issus très peu d'instituteurs, en propose actuellement).

MATERIEL PEDAGOGIQUE : il est essentiel que l'instituteur dispose d'un matériel minimal et d'une bonne information sur la documentation existante. On insistera en particulier sur l'importance du planetarium surtout quand il est interactif : les planetariums de Strasbourg et de Hyères sont des modèles ainsi que les planetariums itinérants (style GOTO ou STARLAB ou celui construit par C.Mathieu, PEN à Charleville) qui circulent actuellement dans plusieurs académies et qui devraient être généralisés. Les nombreux clubs, associations, observatoires d'amateurs ou de professionnels doivent être sollicités.

Pour le collègue

Une expérience est acquise par ceux qui enseignent l'optique en Quatrième, par ceux qui animent des clubs d'astronomie, conduisent ou ont conduit des PAE d'astronomie. Le témoignage suivant nous a paru devoir être médité :

"J'ai constaté qu'au collège, les enfants peuvent être intéressés par les sciences tant que cela reste concret : manipulations par eux-mêmes ou expériences présentées par le professeur. Mais ils ne saisissent pas les notions théoriques introduites dans les programmes de la Cinquième à la Troisième : notions abstraites ou qui se situent dans l'infiniment petit et qui font appel à des raisonnements ou des concepts qui les dépassent car ils ne peuvent en avoir aucune expérience sensible. A la limite, les élèves les plus scolaires font un effort pour essayer de retenir mais sans bien comprendre et perdent sur ces leçons beaucoup d'énergie qu'ils pourraient utiliser pour d'autres apprentissages ou pour jouer, car ils ont encore besoin de jouer. Je propose de ne garder des programmes actuels de ces matières que ce qui est concret, attrayant et relève de l'expérience que peuvent faire des jeunes de onze à quinze ans dans leur vie quotidienne et dans leurs jeux."

Il nous paraît donc évident que, pour être efficace, tout programme doit proposer des activités pratiques avec du matériel simple. A tous les niveaux, chaque cours, chaque problème doit mettre en évidence le phénomène physique, les méthodes de connaissance et n'utiliser les mathématiques que comme un outil. Trop d'élèves, dominant mal l'outil, en oublient le reste et au fond n'ont rien compris, tout en sachant "faire le problème". L'enseignement doit attirer plus la curiosité et le goût de l'observation que les techniques de représentation ou les calculs, même si cela doit limiter l'étendue du programme.

Les OBJECTIFS et les METHODES seraient peut-être à préciser différemment selon les âges. En Sixième et Cinquième, il s'agira surtout

de développer des actions interdisciplinaires sur l'astronomie, dans le style des PAE, pour apprendre à faire une synthèse d'éléments de connaissance sur un même thème vu sous des angles différents ; c'est à ce niveau que les questions fondamentales sont posées. En Quatrième et Troisième, l'enfance est finie et l'adolescent prend plus de plaisir à comprendre et souhaite des explications.

La DEMARCHE doit partir de l'observation, puis de l'examen de documents pour passer ensuite à la maquette et enfin, s'il y a lieu, au modèle. Elle suivra souvent l'approche historique. On ne cherchera pas à expliquer les lois physiques sous-tendues par les observations, mais à les faire percevoir. Par exemple, on retrouvera les lois de Kepler à partir des observations, on constatera que la pesanteur est plus faible sur la Lune que sur la Terre sans référence à la loi de Newton ; on observera le spectre de raies de lampadaires et celui du Soleil sans nécessairement décrire la structure de l'atome.

Les OBJECTIFS proposés ci-dessous sont élaborés à partir de ceux qui apparaissent, avec une très remarquable convergence, dans les activités de clubs et de PAE qui ont été relatées. Tout élève, à la sortie du collège, devra :

- 1. S'être construit une vision cohérente de la place de la Terre dans l'Univers et une vision globale de l'ensemble de l'Univers et des objets qui le peuplent.
- 2. Avoir acquis l'échelle des distances et des dimensions dans le système solaire et dans l'univers des étoiles et des galaxies. (Dans une première étape (6ème-5ème), la hiérarchie des distances peut se construire à partir de l'observation de l'importance des mouvements apparents ; dans une seconde étape, on utilisera la démarche historique).
- 3. Avoir acquis la notion de relativité des mouvements et en particulier la vision géocentrique de phénomènes héliocentriques.
- 4. Avoir acquis la notion de système lié par la gravitation (un objet sur Terre, une planète et ses satellites, le système solaire, l'Univers en expansion) sans que pour autant la loi de la gravitation ait été formulée.
- 5. Avoir acquis la notion d'un spectre continu et d'un spectre de raies, couleur des étoiles et lien entre couleur et température des étoiles ; notion purement intuitive de ce qui existe de part et d'autre du spectre visible observé ; similitude des spectres de raies observés sur Terre et dans le Soleil et les astres.

Les programmes devraient faire apparaître des objectifs à atteindre et suggérer des thèmes et des activités possibles, en laissant à l'enseignant le choix de ceux qu'il veut aborder. Une certaine flexibilité est souhaitable : on devrait pouvoir revenir sur les choix de programmes après les avoir expérimentés pendant un an ou deux.

Le contrôle (brevet des collèges) pourrait s'effectuer sur un dossier (de type monographie) constitué par l'élève.

FORMATION DES MAITRES : ici encore, une bonne formation, aussi bien initiale que continuée, des professeurs chargés de cet enseignement est indispensable. Pour que l'expérience ait les meilleures chances de succès, il sera essentiel de faire appel pour commencer aux volontaires, en leur proposant des stages de formation préalables. Cette formation doit porter autant sur les méthodes que sur les connaissances.

MATERIEL PEDAGOGIQUE : un gros effort devra être consenti pour diffuser auprès des enseignants l'information sur le matériel qui existe et leur donner accès aux documents (par exemple, réalisation d'un

tance du planetarium, fixe ou itinérant. Il faudrait encourager et développer la circulation du matériel pédagogique, et en particulier de planetariums itinérants au sein d'une académie, comme c'est actuellement le cas dans les académies de Rennes, Grenoble, Toulouse et Versailles.

Pour le lycée

Ici, l'expérience acquise résulte de l'enseignement optionnel dans le programme de physique de Première AB et dans le programme de mathématiques de Terminale A2. Autrement dit, cette expérience porte sur des élèves non-scientifiques. Elle apparaît largement positive. Les enseignants apprécient en particulier que ces programmes ne soient pas trop contraignants et permettent de s'adapter aux intérêts manifestés par les élèves. Et ces intérêts sont vifs et variés. Ils sont parfois à l'origine de la création de clubs d'astronomie au sein desquels des lycéens des sections scientifiques trouvent un aliment à leur curiosité alors que les programmes de leurs sections ignorent l'astronomie

Dans la perspective d'un baccalauréat modulaire où l'enseignement à partir de la Seconde comporterait un tronc commun et des options, il paraît nécessaire de considérer deux types d'options : celles qui apparaissent comme le renforcement des matières fondamentales du tronc commun (mathématiques, physique, chimie, biologie, français...) et celles qui, comme les sciences de l'Univers, ne sont pas présentes dans le tronc commun. Le statut de ces deux catégories d'options devrait être précisé, et en particulier la place qui est faite à chacune des deux catégories dans les différents "menus" possibles. En ce qui concerne l'option d'astronomie, elle devrait pouvoir être choisie aussi bien par des élèves scientifiques que non scientifiques. Il y aurait là l'occasion unique de lutter contre un "découpage en tranches" excessif du savoir, de traiter avec des approches différentes et complémentaires une discipline qui se trouve au carrefour de nombreuses autres et qui est fondamentale à la fois pour la formation scientifique et philosophique et de faire envisager par des élèves scientifiques une approche des problèmes qui ne commence pas par le formalisme.

On s'inspirerait de ce que les PAE ont d'efficace, parce que leur programme n'est pas contraignant et qu'ils permettent de réaliser des projets pluridisciplinaires, en faisant réaliser aux élèves un dossier, éventuellement par le travail au sein d'un groupe dont les objectifs seraient :

- 1. D'apprendre à effectuer une recherche bibliographique ;
- 2. de dégager la situation et les méthodes propres de l'astronomie qui utilise, dans un contexte unificateur, les grandes lois de la physique dont on peut apprécier la puissance, l'universalité, mais aussi les limites :
 - l'émission de lumière (au sens large de ce mot) est le "mode d'expression" des astres et l'outil d'investigation essentiel pour comprendre l'Univers est fondé sur l'analyse de cette lumière ;
 - les forces de gravitation gouvernent l'Univers ;
 - tous les astres et l'Univers lui-même évoluent, mais cette évolution se fait généralement sur des échelles de temps très longues, ce qui pose le problème de la perception que nous en avons.
- 3. De dégager comment se sont développées au cours de l'Histoire les conceptions du monde et le rôle de l'astronomie dans le développement des autres sciences.

Première conclusion (pour la commission ministérielle)

Le choix d'enseigner l'astronomie de l'école élémentaire au premier cycle universitaire est un choix positif et raisonné ; il n'est pas, et ne doit pas être, la défense d'une discipline, aussi riche et passionnante soit-elle. Il vient d'abord de l'intérêt extra scolaire que lui portent les élèves et de sa finalité qui est de montrer :

- 1) la place de l'Homme dans l'Univers ;
- 2) l'universalité des phénomènes et des lois qui les gouvernent ;

Il donnera l'occasion d'aborder une discipline scientifique en suivant une démarche différente de la démarche trop habituelle qui part tout de suite du modèle, en suivant le cheminement : observation - analyse et interprétation de document - maquette - modèle.

Si l'on ne veut pas courir à un nouvel échec, il convient de tenir compte des impératifs suivants :

- 1. Ne pas introduire une matière nouvelle sans procéder en même temps à des allègements : il est tout à fait remarquable que cette condition préalable est mise par la très grande majorité des enseignants qui ont répondu à notre questionnaire, et cela malgré l'intérêt qu'ils ont pour cet enseignement et le courage dont eux-mêmes font personnellement preuve pour compléter leur formation et acquérir de nouvelles connaissances.
- 2. Une bonne formation des enseignants est un préalable nécessaire ; il faut ne commencer l'expérience qu'avec des enseignants volontaires, quelle que soit leur discipline et favoriser la formation continue de tous ceux qui le souhaitent.
- 3. Pour éviter que se reproduise la situation actuelle, où la petite partie d'astronomie présente dans les programmes n'est très souvent pas enseignée, il convient de préciser les heures qui lui sont affectées et de l'inclure dans les contrôles, avec un coefficient significatif ; par contre, on évitera absolument que ce contrôle s'effectue par la résolution d'un problème privilégiant l'outil mathématique.
- 4. Les enseignants doivent disposer de matériel pédagogique : les moyens modernes devront être utilisés pour constituer et rendre accessible à tous des bases de données. La circulation de matériel pédagogique et en particulier de planétariums interactifs, qui existe actuellement dans plusieurs académies, devra être amplifiée ; le planetarium est un remarquable outil pédagogique dès lors qu'il propose des programmes spécifiques bien adaptés aux objectifs pédagogiques de l'enseignant. Les municipalités qui envisagent actuellement la construction d'un planetarium devraient être soutenues.

Deuxième conclusion (pour nous du CLEA et des Cahiers Clairaut)

Une réflexion est engagée, elle doit être poursuivie. Pour chacun de nous, le temps a manqué pour répondre à la lettre de notre Présidente nous aurions souhaité disposer de quelques semaines de réflexion et de concertation supplémentaires. Eh bien, profitons-en, ne considérons pas la consultation comme close. D'autres témoignages, d'autres remarques seront les bienvenus. La promotion de l'enseignement de l'astronomie est un travail de longue haleine pour lequel nous avons tous notre mot à dire.

Il nous a seulement paru utile que dans ce numéro 45 des Cahiers, il y ait cette trace de nos efforts : de larges extraits du rapport de synthèse de notre Présidente, ci-dessus, et, à la suite, sous la rubrique AAEA, quelques exemples des témoignages reçus.

Affaire à suivre ...

* * * * *

STAGES DE FORMATION CONTINUE

Les stages organisés à Orsay (Paris XI) en 1989-1990 et qui seront publiés au PAF de l'académie de Versailles porteront sur l'Histoire de l'Astronomie et sur l'initiation à l'astronomie. CONSULTEZ LE PAF et inscrivez-vous par MINITEL dans les délais

Dans une école de village à classe unique

J'enseigne en classe unique, les enfants sont 20, ils ont de 4 à 11 ans. Je suis dans un village de 240 habitants "rural profond". Je n'ai reçu aucune formation en astronomie. Je lis les Cahiers Clairaut depuis 1978. J'ai fait des observations pour mon plaisir, par curiosité, j'ai vu la comète de Halley avec des jumelles 12x50 sur un pied photo. On m'a prêté ensuite une lunette \varnothing 60 et j'ai fini par acheter à la CAMIF un télescope \varnothing 110. Je me suis abonné à Astro-ciel.

Le problème de la formation s'est déjà posé avec l'informatique (mais pas celui du matériel). Lyon est à 1 h 15 mn de route et bien qu'ayant été accepté à deux stages je n'ai pu les effectuer car je n'ai pas été remplacé (la classe unique c'est trop perdu et trop pénible).

Au niveau de l'école, j'ai pu apporter un peu plus depuis deux ans en raison de mon "expérience" et aussi parce que j'habite le logement de fonction à l'école depuis cette période. Les interventions répondent à des questions des élèves :

- Pourquoi voit-on la Lune en plein jour ?
- Pourquoi n'y a-t-il pas de Soleil la nuit ?
- Pourquoi février a-t-il parfois 29 jours ?
- Pourquoi la Lune nous suit-elle en voiture ?
- C'était comment avant les hommes préhistoriques ? Et encore avant ?

D'autres questions proviennent du "vol" des fusées, des navettes. En classe, les réponses sont faites avec les connaissances des enfants et les documents disponibles qui relancent de nombreuses questions. Documents utilisés : "Textes et documents pour la classe" du CNDP (n° 178, 392, 441) ; nombreuses images du chocolat Poulain ; cassette vidéo "Mars, Vénus et C°" du CNDP

Nous avons observé : toutes les deux heures sur une journée l'ombre d'un rayon de vélo sur une feuille blanche ; la Lune à la même heure sur un mois (gros problème de météo).

Nous avons réalisé un panneau noir avec des étoiles dont l'une est le Soleil ; il est entouré des planètes. Pour chaque planète, nous avons réalisé une documentation photographique avec les images Poulain ou des photocopies de TDC. Dans la cour nous avons "vécu" la ronde des planètes.

Après ce travail, certains soirs après la classe, certains élèves volontaires sont venus observer, suivant le matériel disponible, les cratères de la Lune, Jupiter et ses satellites, Vénus en croissant, Mars, la galaxie d'Andromède, bêta Albireo... Il ne faut pas plus de trois enfants. Mars les déçoit, Jupiter et ses satellites ainsi que les deux étoiles colorées d'Albireo les émerveillent.

En projet : chaque année j'organise pour la classe soit une sortie ski de fond soit une sortie camping d'une semaine ; j'aimerais pouvoir à cette occasion faire découvrir aux élèves quelques constellations et leur rotation apparente.

J'ai peu de temps et peu de courage pour approfondir le quatrième point de votre lettre, "propositions sur les contenus". J'ai huit niveaux d'élèves et une famille !. Cependant, au niveau du primaire, en fin de CM2, on doit pouvoir arriver à :

- avoir une idée générale de l'organisation de l'Univers ;
- avoir une bonne idée du système solaire (ne pas confondre planète, étoile, satellite, étoile filante, comète) ; avoir une idée des vitesses de déplacement
- avoir une idée des échelles, savoir où l'on en est de la "conquête" ;
- être capable de repérer quelques constellations d'utiliser une carte

- avoir une bonne compréhension des mouvements Terre, Lune, Soleil (phases de la Lune, durée du jour et de la nuit, éclipses).

Je suis perplexe au sujet des saisons et de la durée du jour en un autre point du globe. Les élèves devant voir, il est difficile de leur faire voir un Soleil de minuit ou un Soleil qui passe au nord alors qu'on peut faire voir la galaxie d'Andromède ! Je pense qu'il faudrait parler de l'histoire du système solaire, il n'a pas toujours existé, il n'existera pas éternellement.

Il faut enseigner l'astronomie car à l'époque des navettes spatiales il est impensable que le Français moyen fasse de grosses confusions et ignore comment "ça tourne". Mais aussi pour que notre planète n'apparaisse pas si énorme, si inépuisable, si immuable. Notre Terre, notre vaisseau spatial est minuscule et de passage dans l'Univers, nous devons en prendre grand soin.

Les difficultés. Les enseignants font rarement classe la nuit (et les élèves ne dorment déjà pas assez, TV et départ matinal). Les distances et les masses sont inimaginables. Les variations de position se font sur des durées parfois longues (si on veut mettre en évidence l'allongement ou le raccourcissement d'une ombre au cours de l'année, les élèves ne se souviennent qu'imprécisément de ce qui a été fait et de la question).

De manière plus générale, dans le primaire, les enseignants ont, pour certains, essayé de faire un effort en informatique, en électronique en technologie, en technique vidéo, ... ils entendent parler d'une langue étrangère... Ils ont plus d'élèves ou plus de sections. Dans de nombreuses communes, les crédits ne venant pas, il a fallu mettre les bouchées doubles au niveau des associations (sou des écoles, ...), tout cela "mange " du temps, beaucoup de temps !

Pour aider les institutrices et les instituteurs en astronomie, il serait bon qu'avant la sortie d'un programme d'astronomie de vingt lignes dans un B.O., on leur fournisse individuellement une bonne documentation théorique avec de bonnes photos, une carte du ciel et une trentaine de diapositives utilisables en classe. En attendant la formation de nuit...

Daniel Miettaux

école de St Bonnet le Troncy, 69870 Lamure sur Azergues

Dans une Terminale non scientifique et dans un club du lycée

Je suis professeur de mathématiques au lycée Georges-Leygues de Villeneuve sur Lot. Mon expérience se situe à deux niveaux : enseignement de l'astronomie en tant qu'option dans le cadre du programme de maths en Terminale A2 et animation d'un club dans le lycée.

1. En Terminale A2 (section littéraire à trois langues). C'est la troisième année que j'effectue cet enseignement, en 86-87 dans une classe, en 87-88 dans deux classes, cette année avec une Terminale A2 seulement (malgré ma demande auprès de l'administration). Je procède de la manière suivante : en début d'année, je demande aux élèves de réfléchir à la question suivante "comment peut-on se repérer dans le temps ?" Pendant une heure, on fait un bilan des idées et affirmations, je pose des questions pour faire préciser ces idées mais je n'infirme ni ne confirme aucune affirmation, tout est noté au tableau et recopié par les élèves. Peu après (fin septembre), on fait une sortie nocturne pour observer (avec instruments et bonnes volontés locales) et les élèves notent les questions qu'ils se posent. Toutes ces questions sont regroupées et recensées au cours suivant.

Tout au long de l'année, les élèves sont sollicités pour des exercices. La première série vise à vérifier que les affirmations faites

une galaxie ? 2°) le système solaire, géographie en quelle que sorte ; 3°) le couple Terre-Soleil, jour, saisons, ... 4°) le couple Terre-Lune, les phases, ... Les séries suivantes collent plus précisément au programme, calendriers, histoire de l'astronomie. J'interviens soit pour donner un cadre général aux exposés (histoire) soit pour dégager ce qui est essentiel à retenir, si besoin bien sûr pour corriger des erreurs ou faire comprendre les phénomènes un peu complexes.

Jusqu'à maintenant, je n'ai jamais rien imposé (sortie ou exposés) et je dois dire que j'ai toujours eu une réponse satisfaisante (participation au moins des deux tiers des élèves pour les sorties, il y a toujours eu des volontaires pour les exposés, l'épreuve de math à l'oral du bac motivant sûrement les élèves aussi). Les élèves manifestent un intérêt pratiquement général, posent beaucoup de questions (différentes suivant les classes d'ailleurs) et peu d'entre eux, je pense, ne considèrent l'astronomie que comme une matière obligatoire pour l'examen.

Pour moi, l'ambiance des classes de Terminales A2 est agréable et les élèves semblent venir au cours sans déplaisir ; je pense même que la participation positive et constructive qu'ils ont pour la partie astronomie rejaillit sur l'autre partie du programme constitué de maths proprement dites (les classes de TA2 sont très peu appréciées par mes collègues et ont auprès d'eux la réputation d'être "mauvaises" et de manifester beaucoup de mauvaise volonté !) Enfin, sur les deux classes de TA2 que j'avais l'an dernier, tous ont été interrogés en Astronomie et en Analyse au cours de l'épreuve orale et 77,5% d'entre eux ont eu la moyenne ; je crois que l'astronomie n'y est pas pour rien.

Ce qui paraît important pour ces élèves est de deux ordres :

- la partie historique les surprend toujours ; ils n'ont jamais eu aucun contact avec l'histoire de l'évolution des conceptions du monde (j'ai vu souvent des discussions se dérouler de manière très passionnée sur l'idée de l'infini par exemple), pas plus qu'avec les tâtonnements, les avancées ou les retours "en arrière" de la pensée humaine dans sa représentation du monde "extérieur" et de la place de l'Homme dans celui-ci. Il y aurait beaucoup à dire à ce sujet.
- l'Astronomie est une science où les théories doivent passer par l'épreuve des faits ; je ne veux bien entendu pas dire que c'est la seule mais je vois chaque année les élèves découvrir cela et par là même mieux accepter la complexité d'une explication (alors qu'en math cette complexité leur paraît purement gratuite, ce sont pour la plupart des élèves qui ont eu une orientation négative par les math !)

2. Animation du club d'astronomie du lycée. Ce club a fonctionné toute l'année scolaire dernière et a recommencé cette année, dans des conditions pas très favorables (réunions hebdomadaires de 13 h à 14 h car c'est un lycée de campagne, beaucoup d'élèves habitent à plusieurs dizaines de kilomètres, ils ne sont pas disponibles après les heures de cours ou ils ont des difficultés pour participer à des sorties le soir). Il a cependant réuni une dizaine de "fidèles" dont je vais reparler ; plus au coup par coup, des élèves plus intéressés par l'une des activités en cours. La composition du noyau de fidèles est assez intéressante à mon avis : 4 élèves de Première S (l'un ira en C, les autres en D), deux élèves de Terminale A2, deux de Première A2 et enfin deux de Première G d'adaptation (élèves venant d'un LEP et essayant d'aller vers un bac G (gestion ou vente). Donc motivations et demandes très diverses ; mais ce groupe a travaillé ensemble tout un an et a "produit" une exposition assez importante sur Jupiter, les compétences et ressources de chacun ayant été utilisées par le groupe. Je dois dire que tout au long de l'année, ce sont eux qui ont proposé les activités, mon rôle consistant à permettre leur déroulement matériel. Elles ont été les suivantes :

- deux sorties d'observation (une en novembre, l'autre en janvier) ;
- des séances vidéo avec des enregistrements d'émissions de Carl Sagan dont un élève possédait les cassettes ;
- réalisation d'une exposition sur Jupiter au CDI du lycée pendant une semaine avec pour clôture une soirée avec un astronome venu du Pic du Midi
- sortie en fin d'année d'une journée à l'Observatoire de Bordeaux (40 places seulement étaient prévues et j'ai dû refuser des élèves !)

La très grosse déception du club a été de ne pouvoir aller au Pic du Midi (les dates possibles n'étant pas compatibles avec les dates scolaires).

Rien n'avait été prévu par moi, c'est toujours des élèves que venaient les propositions et même si j'ai pris beaucoup de tâches matérielles en charge (en négligeant peut-être trop le côté "socio" du foyer socio-éducatif) ce sont réellement eux qui ont fait vivre le club tout au long de l'année et qui ont suscité divers moments d'intérêt pour l'astronomie dans le reste du lycée.

J'aurais aussi aimé vous faire part d'une expérience de PAE : création d'une bibliothèque d'astronomie pour les Terminales littéraires du lycée. Mais en raison du désintérêt de l'administration locale et d'autre part à cause de la maladie du professeur de philosophie qui était partie prenante, le projet ne pourra être réalisé que sur deux ou trois ans. Le bilan ne peut donc en être tiré. Je dirai cependant que ma collègue de philo et celle du Centre de Documentation ont été très intéressées quand j'ai lancé le projet et avaient prévu une participation active importante.

Sur les contenus, je n'ai pas de proposition concrète à proprement parler. Il me paraît néanmoins essentiel :

- de ne pas réserver cet enseignement aux seuls "scientifiques" ;
- de ménager une part très importante à l'observation et aux réalisations concrètes (prépondérante en Primaire, non négligeable par la suite, même si cela prend beaucoup de temps) ;
- de consacrer une large part, pour le lycée, à l'histoire de l'astronomie, à l'histoire des conceptions du monde (en développant aussi celles qui sont avancées à l'heure actuelle) et de montrer quelle part importante a eue l'astronomie dans le développement des autres sciences (mathématiques, physique, etc) et le nombre important de domaines auxquels elle touche. Cet enseignement est important y compris pour les futurs scientifiques, dans l'élaboration d'une "culture générale".

Josée Sert

Lycée Georges Leygues, Villeneuve sur Lot

Dans un collège-lycée expérimental (CLE)

L'année commence effectivement bien, avec ces perspectives. Je n'ai pas énormément de temps pour répondre au questionnaire étant donné "l'aventure" que je vis au CLE, collège-lycée expérimental à Herouville St Clair, Calvados.

Voici précisément quelle est cette "aventure" : une équipe de 25 profs, depuis six ans et demi, volontaires, auto-gérant avec 200 élèves de la Sixième à la Terminale, un établissement expérimental sous tutelle ministérielle (nous avons été créés sous le ministère Savary en 1982. En quelques mots :

- 1) Emploi du temps annuel, quotidien modifié l'objectif étant un travail sur rythme scolaire ;
- 2) les élèves participent activement aux décisions liées à la vie de l'école et bilan hebdomadaire (1 h 30) ;
- 3) "Tutorat" - mot galvaudé - mais qui pour nous signifie beaucoup de

- 5) après midi non strictement scolaire (projet, fonctionnement de l'école, bilan, etc) ;
- 6) Deux semaines banalisées dites interdisciplinaires ;
- 7) Cooptation des profs dans l'équipe.

Voilà. Il fallait que je situe un peu notre originalité d'établissement scolaire. En précisant encore que l'équipe de 25 profs (sur 23 postes) est la seule équipe d'adultes de l'établissement, tout ce qui incombe à la gestion de l'école nous revient, depuis la gestion des factures jusqu'au ménage ... avec les élèves, bien sûr !

Les semaines interdisciplinaires (deux fois une semaine) sont alternativement autour d'un sujet à caractère scientifique, l'autre plus littéraire. Cependant notre ambition est bien que du prof de math au prof d'arts plastiques tout le monde puisse intervenir de son lieu et selon ses compétences. Ceci m'amène à parler des différents thèmes abordés et nous ramène au questionnaire.

Nous avons presque chaque année abordé un thème tourné vers l'astronomie, l'astrophysique, la vision du monde... En vrac :

- une semaine sur le big-bang (second cycle) (A) ;
 - une semaine sur la comète de Halley (Quatrième-Troisième) (B)
 - une semaine sur les astres (Sixième-Cinquième) (C)
- pour les plus caractéristiques. Personnellement j'ai animé (B) et (C). J'ai rencontré de la part des élèves un enthousiasme énorme dans chacune d'elles et au dire des profs les plus anciens de l'équipe le thème (A) a sans doute été l'une des meilleures semaines si bien que dans quelques semaines on reprend ce thème.

Dans tous les cas, nos objectifs généraux ont été les suivants :

- 1) faire en sorte que nos élèves appréhendent les phénomènes naturels liés à l'espace qui nous entoure, mouvements divers, système planétaire, rythmes terriens qui en résultent ;
- 2) se construire une "vision du monde" ;
- 3) créer un espace où l'imaginaire reprend sa place ;
- 4) se structurer dans le temps et l'espace ;
- 5) favoriser toute activité permettant de rebondir sur des notions à caractère scolaire, histoire, conquête de l'espace, technologie, géométrie, calcul, grands nombres, physique, chimie, etc.

En général, ces semaines nous ont permis de rencontrer des amateurs et des professionnels de l'astronomie (sur le Calvados, l'ASNORA), d'aller rendre visite au Palais de la Découverte et à son planétarium (qui a toujours été un temps fort en 6/5 ème et en 4/3ème).

L'aspect interdisciplinaire de nos activités a permis:

- 1) d'aborder les sujets de façon extrêmement différenciée dans les activités mais aussi par rapport aux goûts et aux intérêts des élèves (poésie, construction de calendriers, observation, calculs, ...) ;
- 2) mais aussi d'entretenir des rapports différents avec nos élèves, ils vibrent littéralement devant cette immensité qui à la fois leur échappe et les fascine ; certains profs, de langue par exemple, se mettent avec eux, dans un atelier, à construire, dans le couloir de l'étage, des planètes en représentant leurs distances relatives au Soleil, chose peu habituelle pour un prof d'allemand...

Avec les Sixième et Cinquième, les profs de physique, math et français sans oublier le prof d'arts plastiques animent un vaste projet en trois après-midi qui se soldera par une représentation diapo-théâtre-histoire sur le procès de Galilée.

Le grand regret que nous avons, c'est de ne pouvoir organiser valablement des observations nocturnes mais cela viendra peut-être...

J'ai toujours constaté que des notions assez difficiles comme la loi de l'attraction universelle, les lois de Kepler, les calculs en parsecs, etc ont été finalement bien acceptées des élèves, la motivation étant si grande. Je tiens à préciser que le risque, en formalisant ces activités dans une matière à part entière, est justement la perte du côté motivant, nouveau, voire magique. C'est pourquoi j'insisterais sur le fait que ces activités, même regroupées dans "sciences de la Terre et de l'Univers" doivent toujours être menées de manière vivante, active, avec manipulations, observations, visites, mise en scène ; les exemples ne manquent pas dans les Cahiers Clairaut.

Yvon Noël

Collège-Lycée Expérimental, Hérouville StClair

Deux remarques sur enseignement et formation

- 1 - Ma position provisoire serait celle-ci : il ne doit pas y avoir d'enseignement séparé de l'astrophysique, il doit être intégré à celui des sciences physiques et naturelles. Cette intégration doit se faire sur la base d'objectifs à réaliser, précisés dans le programme de chaque classe à chaque niveau. La très grande force du CLEA est de pouvoir mener l'enquête préliminaire sur deux plans :

a) demander aux collègues ce qu'ils font déjà dans le cadre de leur programme actuel ;

b) déjà plus ambitieux, leur demander, s'ils avaient à faire passer un examen oral à cent candidats sur la matière astrophysique considérée comme "test d'évaluation de la formation de l'esprit scientifique" et non comme test de connaissances, quelles questions poseraient-ils ? Cela nous fournirait une base de données par classe d'âge de ce qui est envisageable par les collègues raisonnablement.

- 2 - Je pense que la formation initiale et continue des maîtres est fondamentale. Là encore, le CLEA peut jouer le rôle d'une pépinière formidable en recensant ceux parmi nous qui se sentent capables d'animer dans les E.N. des stages de formation d'instituteurs. Simplement ici une légère mise en garde : formation des enseignants, c'est encore moins leur enseigner des faits que leur apprendre l'épistémologie et là, je trouve le CLEA un peu faiblard ; on y connaît mal Bachelard. En fait, l'idéal serait d'obtenir une rééducation réciproque : recycler les profs de philo qui ont un poids énorme (trop élevé à mon sens) à l'E.N. pour leur apprendre astrophysique et sciences de la Terre. Eux, nous recycleraient en "l'analyse", la "psychanalyse" du feu, de la terre, du ciel, de l'eau et du sang, tous ces concepts si prégnants qu'ils affectent notre connaissance. Je suis de ceux qui ne nient pas l'astrologue latent derrière l'astronome, même si je lutte contre lui...

.. Sans cette éducation bicéphale nous n'arriverons jamais à cette tolérance équilibrée si nécessaire de "l'homme pensif et de l'homme penseur". Mon credo éducatif : bien connaître la connaissance des convictions innées ou acquises pour éventuellement la dépasser et ancrer une connaissance objective via une intuition éduquée. Rien ne sert de plaquer ou d'inculquer ce qui est vrai si par derrière on a la conviction que c'est faux. C'est de ce divorce que naît le malaise des non-scientifiques, puis leur dégoût et leur rejet de la science.

Extrait d'un rapport riche et détaillé par
Marc Serrero, professeur de physique en
classe préparatoire, Lycée St Louis, Paris

Autre recherche : mesurer la variation de la hauteur maximale du Soleil.

Pour les instituteurs passionnés d'informatique, il sera possible de faire réaliser ces graphiques sur l'ordinateur et de les tirer sur imprimante. Faites-nous part de vos expériences dans ce domaine, nous serions heureux de connaître ce que des Collègues d'autres régions de France obtiennent comme graphiques. Il nous serait également agréable de voir comment des collègues utilisent l'informatique en classe pour exploiter des données numériques.

Jean-Michel Prime
(école publique, Chérancé, 53400 CRAON)

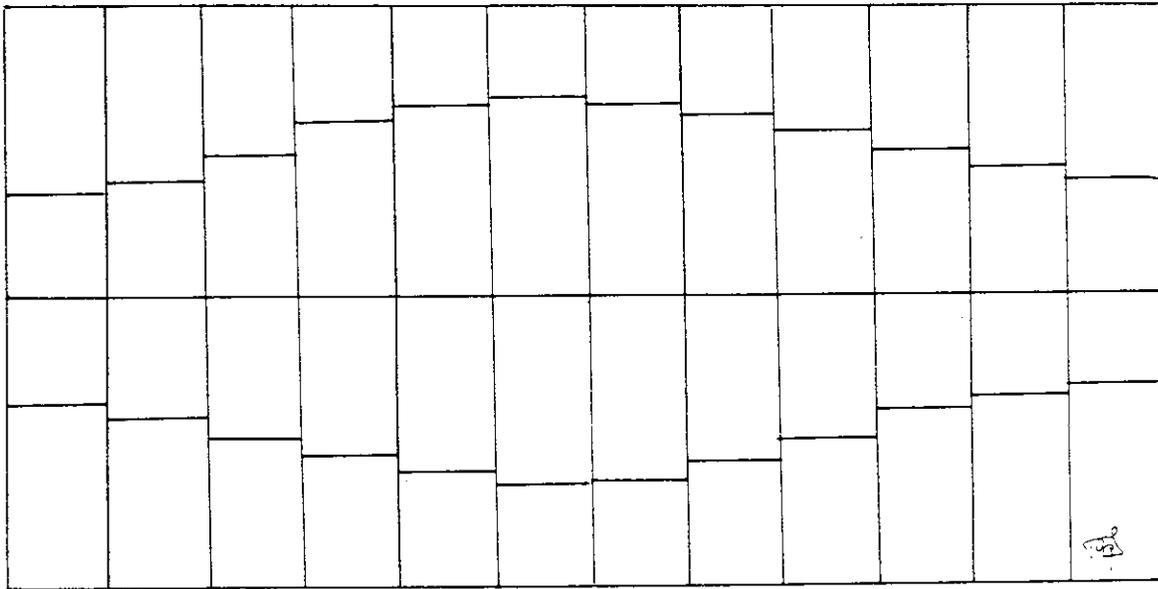
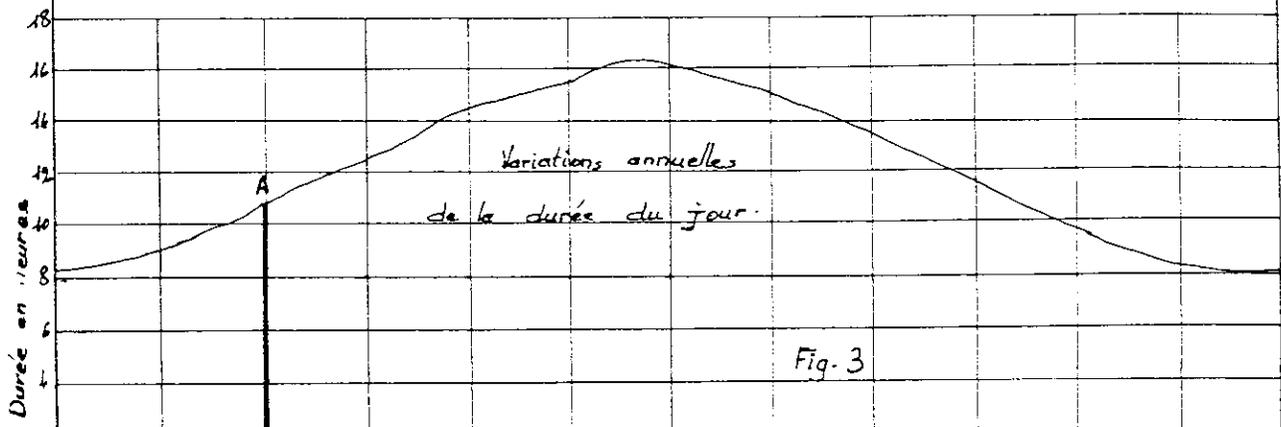
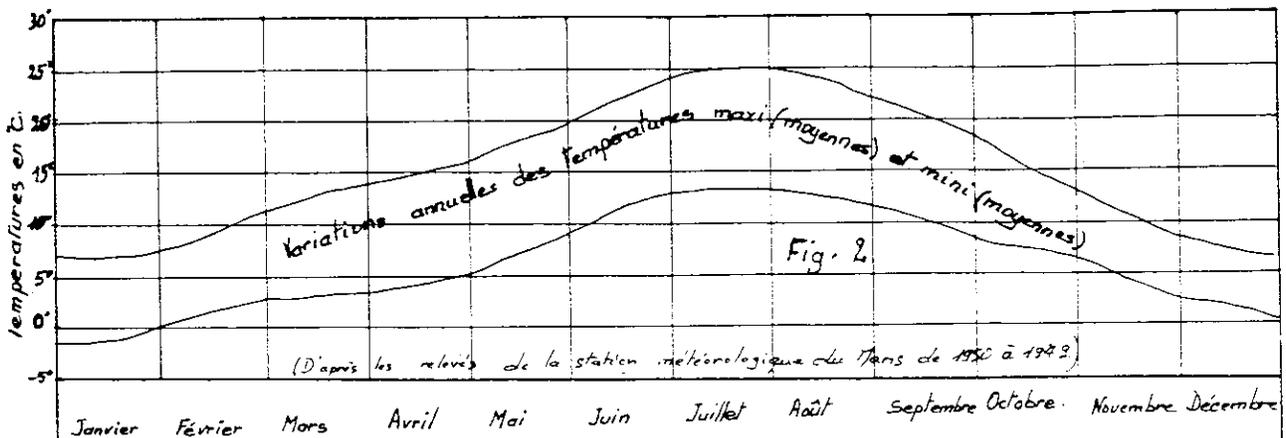


Fig. 1 bis, une autre façon de dessiner



ASTRONOMIE ET PUBLICITE

La fascination exercée par l'astronomie est si forte que de nombreux fabricants ont donné à leurs produits le nom d'un objet céleste. Lors d'activités centrées sur l'astronomie, les élèves peuvent s'amuser à compiler une liste de ces produits et chercher d'autres termes astronomiques qui attendent une éventuelle commercialisation. La durée optimale est de l'ordre de la quinzaine (ou moins), mais il n'est pas obligatoire d'y consacrer un temps de classe trop important.

OBJECTIFS - 1) Amener les élèves à comprendre que l'astronomie a une influence ailleurs que dans le domaine scientifique.

- 2) Accroître leur familiarité avec les termes astronomiques.

- 3) Développer leur aptitude à la pensée créatrice.

PROJETS - 1) Après avoir discuté de l'attraction exercée par l'astronomie, demander aux élèves de faire une liste de produits courants portant le nom d'un objet céleste. Voici quelques exemples pour lancer la discussion
* Les voitures Taurus (Ford), Comet (Mercury), Aries (Dodge), Galaxie (Ford), Astrovan (GM), Pulsar (Nissan), Corona (Toyota), Nova (Chevy) et Subaru (qui signifie "Pléiades" en japonais, le logo Subaru sur le capot de ces voitures est effectivement une représentation stylisée de l'amas).

* Autres produits : lessive Comet, barres Milky Way et Mars, montres Pulsar, télévision Quasar, tapis Galaxy (avec une galaxie spirale en logo).

- 2) Après avoir dressé une courte liste en classe, on peut demander aux élèves de chercher chez eux, dans les magasins, dans la publicité, dans les journaux et les magazines, le plus grand nombre possible de produits ou de sociétés qui portent le nom d'un objet céleste. On peut aussi mettre plusieurs classes en compétition.

- 3) La classe peut alors se demander pourquoi ces noms ont un tel prestige auprès des publicistes et quelle qualité spécifique du produit on désire mettre en valeur en utilisant un nom ou une image astronomique.

- 4) On peut donner une dimension interdisciplinaire au projet et l'intégrer à des activités artistiques ou d'expression en demandant aux élèves de créer leur propre produit et de lui donner un nom. Ils peuvent écrire un texte publicitaire pour ce nouveau produit et on peut afficher les meilleures annonces sur le panneau de la classe. Ou mieux, on demande aux élèves de créer un emballage ou un échantillon de ce produit à partir de matériaux courants faciles à trouver à la maison. (Il est évident que ce sera plus facile pour les céréales "Supernova" que pour le coupé sport "Miranda"). On peut encore demander aux élèves d'écrire un paragraphe vantant les vertus de leur produit (en insistant sur les termes et les images astronomiques) et d'en faire une brève présentation devant la classe.

Vous pourriez aussi faire remarquer que les astronomes eux-mêmes n'échappent pas à cette manie. Il y a quelques années de cela, lorsqu'ils découvrirent une minuscule galaxie proche de notre Voie Lactée et jusque là passée inaperçue, ils la surnommèrent "Snickers"(*) parce que, comparée à notre Galaxie, elle était à peine plus grosse qu'une cacahuète.

Dennis SCHATZ, Pacific Science Center, The Universe in the Class room, 1987.8

Dennis SCHATZ est le directeur du Pacific Science Center de Seattle, Oregon et le principal responsable des écoles d'été organisées par la Société Astronomique du Pacifique (ASP) pour aider à l'enseignement de l'astronomie.

* La traduction reprend des noms de marques familiers aux jeunes Américains, par exemple "Snickers" qui évoque de "petites choses à grignoter". L'exploration attentive des rayons de supermarchés permettra d'allonger la liste. Le traducteur, quant à lui, se souvient très bien d'une marque de cirage aujourd'hui disparue, le cirage crème "Eclipse" ; les curieux pourront tenter une datation...
(N.d.T. Jacques Vialle)

UN ASTRONOME ROCHELAIS AU XVII^e SIECLE

LE PERE LEONARD DULIRIS, RECOLLET

Au XVII^e siècle, La Rochelle était un des ports les plus actifs de la côte atlantique et il n'est donc pas surprenant que les Rochelais aient manifesté un vif intérêt pour les problèmes de la navigation hauturière. C'est probablement la raison pour laquelle le fonds ancien de la Bibliothèque Municipale est aussi riche en ouvrages traitant de Mathématiques et d'Astronomie, principalement des Tables Planétaires et des Traités de la Sphère. Vers le milieu du Grand Siècle, un Rochelais d'adoption fit même profession d'astronomie: le P. Léonard Duliris, récollet, connut une certaine notoriété lorsqu'il se querella avec l'astronome-astrologue Jean Baptiste Morin sur le problème des longitudes. Aujourd'hui bien oublié, le P. Duliris est néanmoins un bon exemple de ces nouveaux astronomes de la période post-keplerienne, totalement dégagés de toute préoccupation astrologique et résolument tournés vers l'Astronomie Pratique.

Le Père Léonard Duliris naquit en 1588 à Eymoutiers, en Limousin. On sait peu de choses sur lui, sinon qu'il entra en 1601 chez les Minimes de Limoges et qu'il rejoignit en 1603 l'ordre des Récollets. Il séjourna peut-être en Guyenne avant d'être affecté à La Rochelle où il exerça la majeure partie de son ministère. En 1645, il s'embarqua pour le Canada, afin de mettre en pratique une méthode de détermination des longitudes mise au point après huit années d'effort. Le livre qu'il publia au retour de ce qui fut sans doute la grande aventure de sa vie lui valut alors d'être impliqué dans une violente querelle sur ce sujet avec l'astronome Morin. Après avoir tenté en vain de faire reconnaître le bien-fondé de ses propositions, il se retira à Saint-Junien puis à La Rochelle où il mourut le 30 septembre 1656 (1).

Il ne semble pas que les Récollets aient été particulièrement rompus aux spéculations mathématiques et astronomiques car leur mission était de convertir et non d'enseigner: l'exercice de ces disciplines paraissait donc a priori tout à fait superflu. Ainsi, Pingré, cité par Homet (2), recense seulement deux Récollets (contre 79 Jésuites) parmi les astronomes du XVII^e siècle. Selon toute vraisemblance, le P. Duliris vint donc à l'Astronomie par goût personnel:

"& bien que ie me sois toujours fait violence pour éviter les charmes de cette science innocente, si est-ce que ie n'ay peu tellement lui fermer l'oreille, qu'elle ne m'ayt enlevé quelques heures de loisir l'espace de vingt-cinq ans, & contracté par ce moyen avec moy une certaine habitude: De sorte que comme l'obeyssance (suivant le train ordinaire de la Religion) m'envoya demeurer près de la mer, i'admyrai incontinent la conformité de ses mouvemens avec ceux de la Lune. Et quand on me parla de Matelotage, & des difficultés qu'on trouve sur cet Element, pour sçavoir combien on est éloigné des terres; plusieurs pensées Astronomiques s'esveillèrent dans mon esprit, & me firent croire que la théorie des Longitudes, comme ie me la représentais ne donneroit pas peu de lumière aux Pilotes." (3)

Il aurait ainsi commencé à étudier l'Astronomie peu après 1620 alors qu'il était pleinement engagé dans sa mission. Ce serait donc un autodidacte en la matière, étudiant par loisir. Mais sa profonde piété lui inspirait le sentiment que le temps qu'il y consacrait était distrait du service de Dieu et c'est probablement ce qui explique son goût pour les applications pratiques, une manière pour lui de louer Dieu en servant son prochain. Quoi qu'il en soit, on peut être certain que les cieux n'avaient plus aucun secret pour lui lorsqu'il fut envoyé à La Rochelle. Néanmoins, bien qu'il eût effectivement "une certaine habitude" de l'Astronomie, sa compétence ne valait probablement pas celle d'un astronome confirmé comme Morin et il faudrait plutôt voir en lui un amateur de talent.

Il n'est pas non plus impossible qu'il ait enseigné l'hydrographie pendant son séjour en Guyenne. Il n'eut ainsi aucune difficulté à se mêler aux gens de mer et c'est en les côtoyant journellement sur la Grande Rive, comme l'exigeait son ministère, qu'il en vint à s'intéresser aux longitudes. Selon ses dires, il y aurait consacré huit années: il aurait donc commencé à y réfléchir vers 1637, alors que le monde savant était agité par la querelle qui opposait J.B.Morin au mathématicien Hérigone sur ce même problème. Le P.Duliris avait en fait sur les deux savants l'avantage d'être avant tout un homme de pratique et d'expérience, tout à fait dans la tradition du "Saggiatore" de Galilée.

Certain d'avoir découvert "le secret des Longitudes", il le mit alors en pratique à terre dès 1644 en réalisant 88 observations à La Rochelle. La cohérence des résultats obtenus le décida à vérifier définitivement la validité de sa méthode en la pratiquant en situation réelle, en mer. Ce recours à la preuve par l'expérience était une nouveauté car jusque là, tous les astronomes avaient "écrit spéculativement sur les Longitudes" en se souciant peu d'aller sur mer.

Ayant obtenu la permission de son Provincial, le P.Duliris s'embarqua donc en 1645 comme aumônier sur le "Mille-Barriques", vaisseau basque commandé par le Capitaine Martin de Bellocq. Le navire emportait trois Pilotes chevronnés et de nombreux matelots du bord avaient fait vingt ou trente fois la traversée de la Nouvelle France. Navigateurs hors pair, les baleiniers basques connaissaient parfaitement la route du Canada et constituaient en quelque sorte un redoutable "jury" qui ne manquerait pas de déceler la moindre erreur de position.

Parti en avril 1645 de La Rochelle, le navire revint à Bordeaux au mois de novembre de la même année après un mouillage de quelques semaines devant Gaspé. Le Père fit 73 déterminations de la longitude en mer, et 12 autres à terre, invitant chaque fois les spectateurs à pratiquer sa méthode. En outre, il profita de son séjour à Gaspé pour faire quelques mesures de la déclinaison magnétique, occupation alors habituelle pour un astronome en expédition. Les déterminations de longitude furent parfaitement cohérentes, comme les 30 observations supplémentaires faites à Paris en 1648. Ces 200 observations, confirmées par les déterminations faites selon sa méthode par les officiers, lui semblèrent constituer une preuve suffisante de la validité de ses propositions:

"Or de cette pratique (qui a manqué à tous ceux qui ont écrit des Longitudes jusques à aujourd'huy) ie n'infère pas seulement que le mouvement de la Lune est bien calculé dans l'Ephéméride, mais encore que le moyen que ie donne pour observer son lieu dans le Zodiaque, est très-efficace; car il est impossible de faire tant d'observations conformes les unes aux autres, que ces deux choses ne s'y trouvent." (3)

Ce voyage lui valut une notoriété certaine. Tous ceux qui avaient pratiqué ou vu pratiquer la méthode sur le navire et à Gaspé furent en effet convaincus que le secret des longitudes était enfin découvert. Les marins étaient particulièrement impressionnés, d'autant que sur la fin du voyage, alors que les trois Pilotes étaient "échoués", ayant perdu toute notion de leur route, le P.Duliris fut le seul à pouvoir faire un point qui fut spectaculairement confirmé le jour même par la reconnaissance de la tour de Cordouan. Dès l'arrivée à Bordeaux, le Capitaine du "Mille-Barriques" et les Pilotes signèrent un document témoignant de l'efficacité de la méthode et des instruments "nouvellement inventés" utilisés au cours du voyage. En juin 1646, une commission de Pilotes présidée par le Lieutenant Général Civil et Criminel pour Sa Majesté en l'Amirauté de France à Dieppe lui délivra, après examen de son Journal de Navigation, une autre attestation qui certifiait des résultats obtenus.

Il va sans dire que les autorités responsables de la Navigation montraient un vif intérêt. Le Duc de Brézé, successeur de Richelieu à la charge de Chef et

Surintendant Général de la Navigation de France, fut très impressionné et aida le P.Duliris à imprimer son premier ouvrage: "la Théorie des Longitudes réduite en pratique"(1647) et lorsque ce puissant protecteur fut tué au combat en 1646, d'autres appuis se manifestèrent sans attendre. On remarque parmi ceux-ci Monsieur de Bautru, Conseiller Ordinaire du Roi, qui avait soutenu dix ans plus tôt Jean-Baptiste Morin, lorsque ce dernier avait vu rejeter ses propositions sur le même problème. Les propositions du P.Duliris n'étaient cependant pas admises sans quelque réserve, et on s'étonnait parfois qu'il ait pu obtenir des résultats aussi spectaculaires avec des instruments aussi élémentaires. Ce dont le P.Duliris se targuait, c'est à dire trouver la longitude sans se soucier de la parallaxe ni même observer la hauteur de la Lune paraissait tout à fait incroyable. Très intrigué, Morin eut même plusieurs entretiens avec le Récollet à ce sujet:

"Ne vous souvenez vous pas des admirations que vous fîtes sur les propositions que ie fis imprimer venans de Canada, de la Longitude pratiquée en Mer, par la distance d'une & de deux Estoilles à la Lune, sans Parallaxe n'y Réfraction? Vous m'interrogeastes souvent dans notre Cloistre de Paris, commét cela se pouvait faire: & ie vous re-partis toujours que c'estait mon secret, que ie ne le dirois à personne, que ie ne l'eusse fait imprimer. Etie ne vous cachais autre chose, que l'application de la vraye orbite de la Lune sur le Globe Céleste, qui estoit la clef de mon secret."(4)

L'ouvrage du P.Duliris sur les Longitudes fut reçu de façon plutôt mitigée par les "Mathématiciens". L'examen détaillé des propositions qu'il contient dépasserait le cadre restreint de cet article, mais il semble que les critiques, principalement celles de Morin, portaient sur trois points: il était illusoire de partir de "l'orbite vraye de la Lune" faute de Tables suffisamment précises; la plupart des propositions allaient contre la doctrine de la Sphère (autrement dit, elles enfreignaient les principes de la cosmographie élémentaire) et enfin, les solutions imprimées étaient tout bonnement un plagiat des oeuvres de Morin.

De fait, partir de "la vraye orbite de la Lune" supposait que l'on connût parfaitement son mouvement, ce qui était loin d'être le cas: les "Tables Richeliennes" de Duret utilisées par le Père étaient en effet notoirement inexactes et contenaient en outre de nombreuses erreurs d'impression. La seconde critique était plus grave car elle revenait à dire que le P.Duliris était un "ignoramus" en matière d'astronomie. Il est vrai que la méthode proposée pour la correction des effets de la parallaxe et de la réfraction n'était pas très convaincante et frisait la pétition de principe. Ce manque de rigueur était la contrepartie du souci de mettre la méthode à la portée de tous, ce qui menait inmanquablement à des simplifications parfois assez hardies. Quant à l'accusation de plagiat, elle était tout à fait classique en un temps où la notion de propriété scientifique était assez vague et les querelles de priorité monnaie courante.

Les relations se dégradèrent très vite entre les deux hommes. Morin publia "La Science des Longitudes réduite en pratique", réponse au livre de son adversaire, puis une "Censure de la nouvelle théorie" qui dénonçait les propositions du P.Duliris comme "fausses et absurdes". Le Père répliqua par une "Apologie ou juste défense du secret des Longitudes" à laquelle Morin opposa une "Réponse à l'Apologie". Toutes ces brochures furent publiées au cours de l'année 1648 et à divers endroits Morin se plaint d'être obligé de perdre son temps à réfuter une argumentation absurde. Quant au P.Duliris, au cours de cette même année, il dut déployer une extraordinaire activité, répondant aux attaques souvent violentes de Morin, faisant antichambre chez les grands personnages pour faire valoir son invention et organisant de nombreuses démonstrations devant les mathématiciens. Il préparait en même temps une "Ephéméride Maritime" à l'usage des Pilotes, qui fut publiée en 1655. Morin, qui ne désarmait pas, ne put d'ailleurs se retenir de la compléter par une "Addition d'importance". Il semble pourtant que la vio-

lence verbale de ces écrits (au demeurant, souvent le fait de Morin) n'empêcha pas les deux hommes de rester plus ou moins amis :

"Monsieur, vous avez voulu que nous fussions amis, nonobstant les différens que nous avons eu sur l'invention des longitudes, & vous n'avez pas creu rompre amitié, par votre Addition d'importance, pour sustenir, dites-vous, votre honneur, aussi ne pretend ie pas rompre avec vous, escryvant cecy, non pour chercher la vanité, mais bien pour manifester la vérité."(4)

Mis à part le problème des longitudes et l'invention ou l'amélioration de quelques instruments d'observation, la contribution du P.Duliris au développement de l'astronomie moderne peut sembler assez mince. Elle annonce pourtant l'émergence d'un esprit scientifique moderne. Ainsi, il est probablement un des premiers astronomes à aller vérifier sur place le bien-fondé de ses hypothèses, et cela quelques années avant que Picard, par exemple, n'entreprenne son voyage au Danemark pour vérifier les mesures de Tycho-Brahé. La "navigation de Canada" est bel et bien une expédition scientifique au plein sens du terme, car il partait avec des objectifs et, pourrait-on dire, un protocole d'expérience précis. Il entendait ainsi établir la validité de ses propositions, en montrant que la pratique conduisait à des résultats cohérents, facilement obtenus par quiconque prenait la peine d'observer, fût-il peu expert en Astronomie. La confrontation avec les déterminations de Pilotes chevronnés fournirait la preuve que ses vues étaient justes.

Son souci de mettre une science réputée hermétique à la portée du profane annonce un nouvel état d'esprit: "...La fin de tous mes travaux est de m'aiuster à la portée des gens de mer." Il ne veut donc utiliser que des instruments familiers aux Pilotes comme la balestrille (l'arbalétrille ou "bâton de Jacob"), ou d'une extrême simplicité d'utilisation comme le "Sinus", une sorte de nocturlabe qu'il inventa pour prendre la hauteur du Pôle. "...C'est plutost en faisant le Pilote, qu'en faisant le subtil Mathématicien, que ie traite des Longitudes; car les gens de mer ne peuvent mettre en usage un si grand nombre d'instrumens, comme on l'a creu necessaire iusques à présent." (5)

Les propositions du P.Duliris reposaient malheureusement sur des principes assez discutables. Les instruments qu'il proposait n'étaient pas meilleurs que ceux couramment utilisés sur les bateaux: ils auraient en tout cas été inutilisables en Astronomie et ses résultats n'étaient en somme que le fruit d'un heureux concours de circonstances. En outre, prisonnier de son éducation et de sa culture, le P.Duliris n'avait pas cet esprit critique, élément essentiel de la remise en question permanente propre à l'esprit scientifique. Il avait donc une foi aveugle en des Tables notoirement erronées et il ne pouvait concevoir qu'il pût se glisser des erreurs dans une mesure. Au demeurant, il fut davantage un hydrographe qu'un astronome. Néanmoins, par son souci de la preuve par l'expérience, ses efforts incessants pour mettre la science à la portée de tous et la débarrasser de tout ésotérisme (comme en témoigne sa vigoureuse condamnation de l'astrologie), le P.Duliris se démarque nettement des astronomes de la première moitié du XVII^e siècle

Jacques VIALLE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- (1): Dictionnaire de Biographie Française, t.XII, article "Duliris"
- (2): HOMET (J.M.): "Astronomie et Astronomes en Provence, 1680-1730" (1982)
- (3): DULIRIS (P.Léonard): "Théorie des Longitudes réduite en Pratique" (1647)
- (4): DULIRIS (P.Léonard): "Lettre écrite au Sieur Jean-Baptiste Morin" (1655)
- (5): DULIRIS (P.Léonard): "Apologie ou Juste Défense" (1648)

Le calendrier républicain

(1793-1805)

Le 22 septembre 1792, la jeune Convention décide de dater désormais tous les actes publics de *l'An 1er de la République*. Déjà le 17 mai 1790, l'astronome Joseph de LALANDE avait proposé l'idée d'un nouveau calendrier pour marquer un refus du passé. Le député mathématicien Charles Gilbert ROMME est chargé du projet au sein du Comité d'Instruction publique, avec l'aide de l'astronome Jean-Baptiste DELAMBRE (lequel mesurera de 1792 à 1799 la longueur du méridien de Paris avec Pierre MECHAIN, donnant ainsi à la République le *mètre étalon*).

1- Les bases du calendrier républicain.

Le calendrier grégorien a une base religieuse (la date de Pâques). Pour la République, Romme veut une base historique: le début de chaque année est fixé "conventionnellement" au *jour de l'équinoxe d'automne pour Paris*, en souvenir de la proclamation de la République, le 22 septembre 1792, qui était également le jour de l'équinoxe d'automne (hasard de l'Histoire).

L'instant de l'équinoxe correspond à une position particulière de la Terre sur son orbite autour du Soleil: à cet instant, le Soleil, dans son mouvement apparent, traverse l'équateur céleste. Cela se produit deux fois par an, au début du printemps, et au début de l'automne. *Partout sur la Terre* ces deux jours-là, (et à l'influence de la réfraction atmosphérique près), la nuit a la même durée (12 heures) que le "jour" (éclairage du Soleil). C'est l'étymologie du mot équinoxe. Mais selon les années, ce jour (pour l'automne) peut être les 22, 23 ou 24 septembre. Un calcul astronomique est donc nécessaire pour déterminer la date du début d'une année "républicaine".

Le 5 octobre 1793, la Convention adopte le projet de Romme qui dit: "le temps enfin ouvre un livre à l'histoire...". L'usage officiel commence dès le lendemain, le "15 vendémiaire An II de la République une et indivisible".

2- Sa constitution.

Le calendrier comporte 12 mois égaux de 30 jours. Afin d'y introduire la numération décimale, très "au goût du jour", la semaine grégorienne (de 7 jours) est remplacée par la *décade* (10 jours), et chaque mois en contient 3. Les noms des jours y indiquent leur rang: *primidi, duodi, tridi, quartidi, quintidi, sextidi, septidi, octidi, nonidi, décadi*. Le dimanche, fête religieuse, est remplacé par le *décadi*, jour de repos civil.

Dans le projet de Romme, les mois avaient les noms de *Justice, Egalité, la Bastille, ...* Le 3 brumaire An II (24 octobre 1793), le poète député Philippe FABRE D'EGLANTINE (l'auteur de *Il pleut, bergère*) leur donne officiellement des noms en rapport avec les récoltes et le climat français:

- automne : *vendémiaire, brumaire, frimaire*
- hiver : *nivôse, pluviôse, ventôse*
- printemps: *germinal, floréal, prairial*
- été : *messidor, thermidor, fructidor*

Pour totaliser 365 jours, l'année se termine par 5 "jours complémentaires" (les cinq *sans-culottides*), à la suite de fructidor. Ils ont pour nom: *Jour de la Vertu, du Génie, du Travail, de l'Opinion, des Récompenses*. Environ tous les 4 ans, un 6^e jour (le *Jour de la Révolution*) est placé à leur suite. L'année est alors dite *sextile* et compte 366 jours (ans III, VII, XI).

En fait, le but de ce 6^e jour est de faire coïncider le début de l'année (le lendemain) avec l'équinoxe d'automne à Paris, tout en donnant à l'année républicaine une durée moyenne de 365,24 jours, plus en accord avec la nature (l'année "tropicque" des saisons dure 365,24220 jours).

Chaque mois républicain débute par un primidi. Les 5 (ou 6) jours complémentaires constituent ainsi un 13^e mois, formé d'une décade avortée.

L'usage officiel débute donc le *quintidi 15 vendémiaire An II*, ce qui donne rétroactivement la date du *primidi 1 vendémiaire An II* au 22 septembre 1793. L'an I du calendrier n'a donc jamais "servi" et ne se trouve sur les actes officiels qu'avec les mois grégoriens comme par exemple: *3 mai de l'an 1er*.

3- Correspondance grégorienne

Pour les chronologies, le tableau ci-dessous permet d'établir la correspondance avec le calendrier grégorien habituel: le 1^{er} de chaque mois républicain est indiqué aussi dans le calendrier grégorien où les mois sont marqués par des nombres de 1 à 12 (janvier à décembre).

On cherche, par exemple, la date grégorienne du 9 thermidor An II. On lit dans le tableau que le "primidi 1 thermidor An II" est le 19 juillet 1794. On ajoute à 19 le numéro du jour cherché (9) et on *retranche un jour*: $19+9-1 = 27$. C'est donc le 27 juillet 1794 et c'était un nonidi (car 9 thermidor).

De même pour le 18 brumaire An VIII: le "primidi 1 brumaire An VIII" est le 23 octobre 1799. On ajoute 18 et on retranche 1: $23+18-1 = 40$. Comme octobre n'a

Correspondance entre les calendriers républicain et grégorien

	An 1 ^{er}	An II	An III	An IV	An V	An VI	An VII
1 vendémiaire	22.9.1792	22.9.1793	22.9.1794	23.9.1795	22.9.1796	22.9.1797	22.9.1798
1 brumaire	22.10	22.10	22.10	23.10	22.10	22.10	22.10
1 frimaire	21.11	21.11	21.11	22.11	21.11	21.11	21.11
1 nivôse	21.12	21.12	21.12	22.12	21.12	21.12	21.12
1 pluviôse	20.1.1793	20.1.1794	20.1.1795	21.1.1796	20.1.1797	20.1.1798	20.1.1799
1 ventôse	19.2	19.2	19.2	20.2	19.2	19.2	19.2
1 germinal	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3
1 floréal	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4
1 prairial	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
1 messidor	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6
1 thermidor	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7
1 fructidor	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8
jours compl. (5 ou 6)	17-21.9	17-21.9	17-21.9 + 22.9	17-21.9	17-21.9	17-21.9	17-21.9 + 22.9
	An VIII	An IX	An X	An XI	An XII	An XIII	An XIV
1 vendémiaire	23.9.1799	23.9.1800	23.9.1801	23.9.1802	24.9.1803	23.9.1804	23.9.1805
1 brumaire	23.10	23.10	23.10	23.10	24.10	23.10	23.10
1 frimaire	22.11	22.11	22.11	22.11	23.11	22.11	22.11
1 nivôse	22.12	22.12	22.12	22.12	23.12	22.12	22.12
1 pluviôse	21.1.1800	21.1.1801	21.1.1802	21.1.1803	22.1.1804	21.1.1805	-----
1 ventôse	20.2	20.2	20.2	20.2	21.2	20.2	<i>Fin, le</i>
1 germinal	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	<i>10 nivôse</i>
1 floréal	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	<i>An XIV</i>
1 prairial	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	
1 messidor	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	
1 thermidor	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
1 fructidor	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	
jours compl. (5 ou 6)	18-22.9	18-22.9	18-22.9	18-22.9 + 23.9	18-22.9	18-22.9	

que 31 jours, on passe au mois suivant, novembre, le 40 - 31 c'est à dire le 9 novembre 1799. C'était un octidi car $18 \text{ (brumaire)} - 10 = 8$.

Le mois de février (grégorien) dure 29 jours chaque année bissextile. Mais comme l'année 1800 n'a pas été bissextile (bien qu'année séculaire donc divisible par 4, 1800 n'est pas divisible par 400), seules les années 1796 et 1804, pour l'époque d'usage du calendrier républicain, comportent un 29 février (les 10 ventôse An IV et 9 ventôse An XII). Les années sextiles (républicaines) n'ont pas de coïncidence avec les années bissextiles (grégoriennes).

Au lieu de faire le "petit" calcul (ajouter le numéro du jour, retrancher 1, passer éventuellement au mois suivant), on peut également compter les jours sur la liste écrite sous le tableau, en prenant garde aux jours 29,30,31 suivant le mois. Essayer par exemple pour le 11 ventôse An IV (le 1er mars 1796).

Pour obtenir le nom des jours de semaine grégorienne (lundi, mardi,...), on peut utiliser des calendriers d'années récentes: 1792 par exemple équivaut à 1984 quant à la disposition des jours. De même pour les autres années, comme l'indique cette table de correspondance:

1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806
1984	1985	1986	1987	1988	1978	1979	1985	1986	1987	1982	1983	1984	1985	1986

4- Le calendrier républicain, hier et... aujourd'hui.

En fait, même pendant la période révolutionnaire, le calendrier grégorien est resté en usage... dans la vie quotidienne des citoyens. Les dates étaient souvent écrites dans les deux calendriers en ajoutant la mention "vieux style" à la date grégorienne. Le nouveau calendrier n'apportait guère de simplifications, et surtout, faisait disparaître les dimanches et bon nombre de fêtes religieuses traditionnelles, fériées. Pourtant Lalande avait vainement demandé "que le quintidi soit également chômé, les décadis étant trop éloignés les uns des autres".

Ce sont là quelques unes des raisons qui ont conduit Napoléon à abroger ce calendrier (sur les conseils de LAPLACE entre autres), après seulement douze années d'application (décret du 22 fructidor An XIII = 9 septembre 1805). Le calendrier grégorien redevient officiel le *mercredi 1er janvier 1806* avec ses dimanches et ses fêtes religieuses (mais pas toutes).

Et si le calendrier républicain était encore en usage aujourd'hui?

Pour les années à venir, les dates de l'équinoxe d'automne pour Paris (donc celles du début des années républicaines) sont les suivantes:

23 .9. 1987	=	1	vendémiaire	An 196
22 .9. 1988	=	1	---	- 197 (sextile)
23 .9. 1989	=	1	---	- 198
23 .9. 1990	=	1	---	- 199
23 .9. 1991	=	1	---	- 200
22 .9. 1992	=	1	---	- 201 (sextile)
23 .9. 1993	=	1	---	- 202

Le vendredi 14 juillet 1989 serait ainsi le *sextidi 26 messidor An 197 de la République*.

Le 3è siècle républicain débutera le mardi 22 septembre 1992, juste 200 ans après la date origine. Ce n'est plus par un hasard de l'Histoire que l'équinoxe d'automne tombe encore ce jour-là, mais grâce au "Jour de la Révolution" (celle de la Terre autour du Soleil!).

Correspondance actuelle entre les calendriers républicain et grégorien

	An 197	An 198	An 199	An 200	An 201	An 202	An 203
1 vendém.	22.9.1988	23.9.1989	23.9.1990	23.9.1991	22.9.1992	23.9.1993	23.9.1994
1 brumaire	22.10	23.10	23.10	23.10	22.10	23.10	23.10
1 frimaire	21.11	22.11	22.11	22.11	21.11	22.11	22.11
1 nivôse	21.12	22.12	22.12	22.12	21.12	22.12	22.12
1 pluviôse	20.1.1989	21.1.1990	21.1.1991	21.1.1992	20.1.1993	21.1.1994	21.1.1995
1 ventôse	19.2	20.2	20.2	20.2	19.2	20.2	20.2
1 germinal	21.3	22.3	22.3	21.3	21.3	22.3	22.3
1 floréal	20.4	21.4	21.4	20.4	20.4	21.4	21.4
1 prairial	20.5	21.5	21.5	20.5	20.5	21.5	21.5
1 messidor	19.6	20.6	20.6	19.6	19.6	20.6	20.6
1 thermidor	19.7	20.7	20.7	19.7	19.7	20.7	20.7
1 fructidor	18.8	19.8	19.8	18.8	18.8	19.8	19.8
jours compl. (5 ou 6)	17-21.9 + 22.9	18-22.9	18-22.9	17-21.9	17-21.9 + 22.9	18-22.9	18-22.9

	An 204	An 205	An 206	An 207	An 208	An 209	An 210
1 vendém.	23.9.1995	22.9.1996	23.9.1997	23.9.1998	23.9.1999	22.9.2000	22.9.2001
1 brumaire	23.10	22.10	23.10	23.10	23.10	22.10	22.10
1 frimaire	22.11	21.11	22.11	22.11	22.11	21.11	21.11
1 nivôse	22.12	21.12	22.12	22.12	22.12	21.12	21.12
1 pluviôse	21.1.1996	20.1.1997	21.1.1998	21.1.1999	21.1.2000	20.1.2001	20.1.2002
1 ventôse	20.2	19.2	20.2	20.2	20.2	19.2	19.2
1 germinal	21.3	21.3	22.3	22.3	21.3	21.3	21.3
1 floréal	20.4	20.4	21.4	21.4	20.4	20.4	20.4
1 prairial	20.5	20.5	21.5	21.5	20.5	20.5	20.5
1 messidor	19.6	19.6	20.6	20.6	19.6	19.6	19.6
1 thermidor	19.7	19.7	20.7	20.7	19.7	19.7	19.7
1 fructidor	18.8	18.8	19.8	19.8	18.8	18.8	18.8
jours compl. (5 ou 6)	17-21.9	17-21.9 + 22.9	18-22.9	18-22.9	17-21.9	17-21.9	17-21.9 + 22.9

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31

INFORMATIONS DE DERNIERE HEURE

AU SUJET D'HIPPARCOS

L'ANSTJ de la région toulousaine voudrait animer une campagne d'information auprès du grand public avant le lancement du satellite HIPPARCOS. Les lecteurs des Cahiers Clairaut de la région sont invités à entrer en contact à ce sujet avec la Société d'Astronomie Populaire ou d'écrire à Mme Marie-Françoise SERRE, club M 81, 7 rue Lazare Carnot, Aussillon, 81200 MAZAMET

LE "FESTIVAL SCIENCE ET ILLUSIONS"

aura lieu, sous chapiteaux, du 12 au 21 mai 1989 à l'Espace Glandas, 94200 IVRY SUR SEINE (métro Mairie d'Ivry).

ASTRONOMIE ET VARIATIONS CLIMATIQUES

suite et fin de l'étude publiée dans le n°43

IV - 2 VARIATION DE L'OBLIQUITE ϵ :

Avant de présenter les résultats complets, nous allons prendre l'obliquité comme exemple en la décomposant en ses 6 termes principaux. Elle varie entre 22° et 24.5° avec une période proche de 41 000 ans en se mettant sous la forme :

| | Période (années) |
|--------------------------------|------------------|
| $\epsilon =$ 23.20556° | |
| - 0.6838 cos (31"6 t + 251.9°) | 41000 |
| - 0.62381 (32"6 t + 280.8°) | 39730 |
| - 0.1747 (24.17 t + 128.3°) | 53165 |
| - 0.1500 (31.98 t + 292.7°) | 40521 |
| - 0.0860 (44.82 t + 15.37°) | 28910 |

Le terme fondamental a une amplitude largement dominante par rapport aux autres. Il donne des oscillations de près de 1° avec une période de 41 000 ans. Les 2 termes suivants d'amplitude moindre (0.20°) ont des périodes proches provoquant des battements qui peuvent renforcer ou atténuer le terme principal tout en conservant une période proche de 41 000 ans. La figure 4 présente l'évolution de l'obliquité de l'axe de rotation depuis 5 millions d'années. Elle évolue assez régulièrement avec la période proche de 41 000 ans superposée à des battements. Durant le dernier million d'années, l'inclinaison a présenté les variations les plus importantes. Ce phénomène se retrouve avec une récurrence de l'ordre de 1 million d'années. On peut aussi noter le minimum très marqué entre 1 800 000 et 200 000 d'années en arrière. Plus récemment (Figure 5) , les extrema se sont produits il y a - 50 000, - 30 000, - 10 000. Les prochains sont attendus pour 10 000, 27 000,.. Nous verrons que la réalisation d'une valeur minimale ou maximale de ϵ ne suffit pas si elle ne coïncide pas avec des positions particulières du périhélie afin de tempérer ou au contraire de contraster les saisons. Avant d'examiner ces coïncidences, il convient de présenter les résultats concernant les variations de ω et de e .

IV - 3 VARIATION DE ω (longitude du périhélie) :

Il varie de 0 à 360° avec une période moyenne de 21 550 (Figure 6) qui présente de larges variations car les valeurs extrêmes peuvent atteindre 15 600 et 27 700 ans. Nous verrons que les états caractéristiques qui sont $\omega = 90^\circ$ et $\omega = 270^\circ$ ont été atteints en - 22 5 00 et - 115 00 en coïncidence avec des minima et maxima de l'inclinaison. Le passage dans chacun de ces états produit une alternance de phases chaudes et de phases froides qui pourrait expliquer les glaciations.

IV - 4 EVOLUTION DE e :

Elle varie entre les valeurs théoriques 0 (orbite circulaire) et 0.07. La période est très régulière comprise entre 91 000 et 96 000 ans. On peut aussi signaler une modulation importante de période 400 000 ans (Figures 7 et 8) . Nous sommes actuellement dans une phase de faibles valeurs de e : l'orbite va être pratiquement circulaire dans 26 000 ans. Le régime d'insolation au périhélie et à l'aphélie est

Fig 6
LONGITUDE DU PERIHELIE (°)

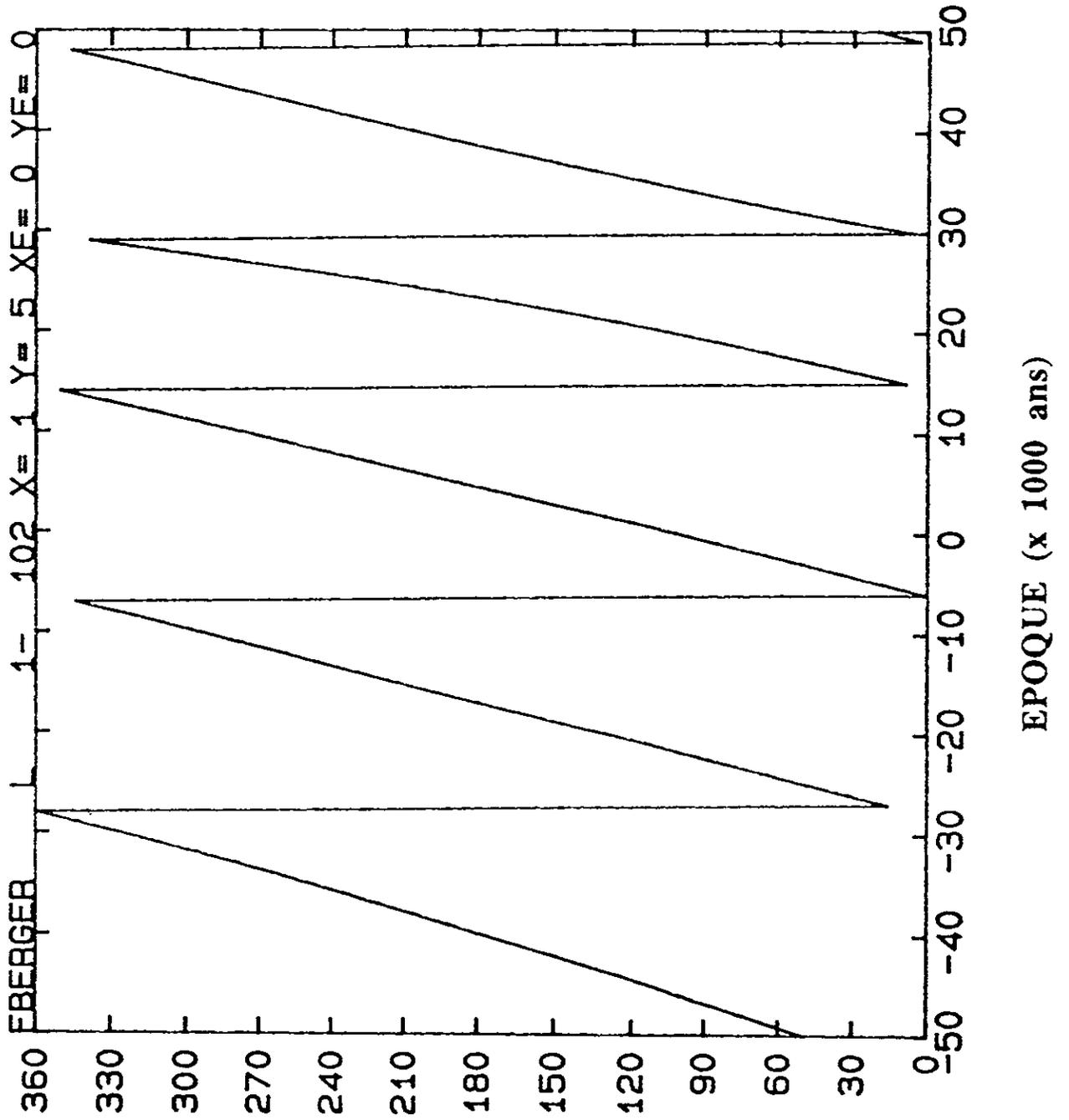


Fig 7

EXCENTRICITE

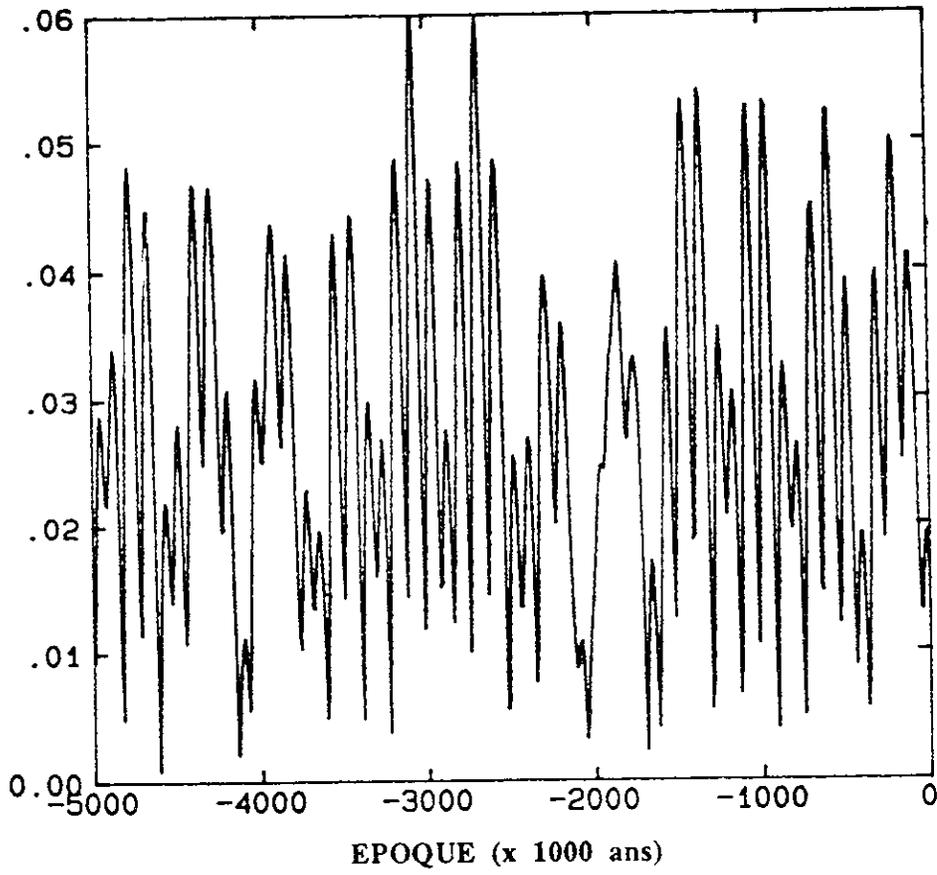
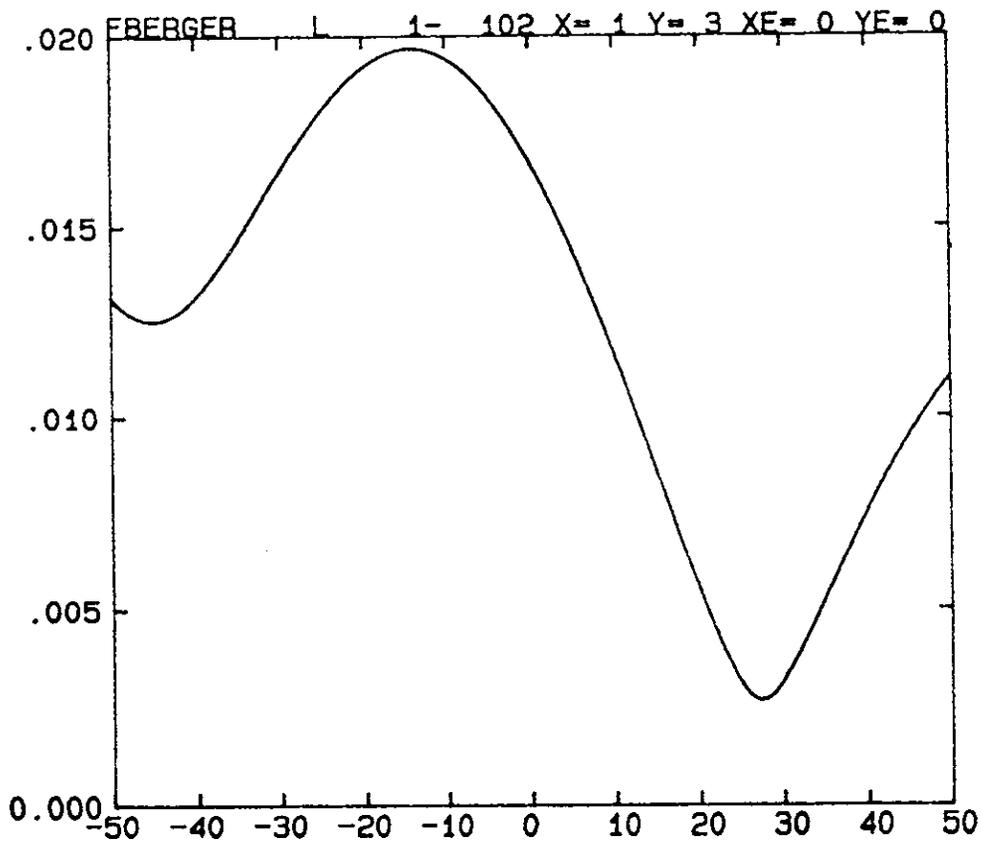


Fig 8

EXCENTRICITE



suivante. L'insolation est inversement proportionnelle au carré de la distance au soleil et soient I_a et I_p les insolutions respectivement à l'aphélie et au périhélie :

$$I_a = k \frac{I_0}{a^2 (1 + e)^2} \quad I_p = k \frac{I_0}{a^2 (1 - e)^2} \quad (11)$$

où a est le demi-grand axe de l'orbite. Comme $e \ll 1$ on peut écrire :

$$I_a = k \frac{I_0 (1 - 2e)}{a^2} \quad I_p = k \frac{I_0 (1 + 2e)}{a^2} \quad (12)$$

La variation relative est égale à

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I_a - I_p}{(I_a + I_p)/2} = 4 e \quad (13)$$

Si on l'exprime en %, l'effet d'excentricité aux 2 extrémités de l'ellipse est de $4 e$. Entre les 2 valeurs extrêmes de e (0 et 0.06), la variation d'insolation croît de 0 à 24% ce qui montre l'importance de l'évolution de l'excentricité. Actuellement avec $e = 0.016$ l'effet est de 6%, conférant ainsi à l'hémisphère nord des saisons moins contrastées, car c'est en hiver que nous sommes au périhélie.

Parallèlement à une répartition différente de l'insolation annuelle, une variation d'excentricité déplace également l'équateur calorifique qui se situe actuellement à 3° au-dessus de l'Equateur. Si on conserve les mêmes valeurs de ω (102°) et de ε (23.45°) qu'actuellement, avec e variant de 0 à 0,06, l'équateur calorifique se déplace de la latitude 0 à la latitude 12° .

La température effective T_e sur Terre est liée à l'insolation par une relation de la forme $I \propto T^4$ (car la terre rayonne comme un corps noir) qui entraîne

$$\frac{\Delta I}{I} = 4 \frac{\Delta T}{T} = 4e \quad (14)$$

d'où $\Delta T = T_e$

On obtient des écarts respectivement de 5° et de 18° pour les valeurs extrêmes de e en conservant une valeur moyenne de $T = 300$ K. L'écart actuel de 5° exprime l'importance de l'effet de distance au soleil qui est loin d'être négligeable. Quand e atteint sa valeur maximale, le contraste atteint pratiquement 18° entre les 2 extrémités de l'ellipse. Si cette variation est moindre que la variation saisonnière, le facteur de distance en liaison avec la position du périhélie module fortement les saisons entre les 2 hémisphères. Si le passage au périhélie se produit durant l'hiver ($\omega = 90^\circ$ ou $\omega = 270^\circ$), l'hémisphère concerné connaît alors 2 saisons douces alors que dans l'autre, l'effet saisonnier est amplifié de $\pm 9^\circ$ en température.

Tableau 5

Valeurs extrêmes de e , ϵ et ω réalisées durant les derniers millions d'années

| Elément | Valeurs extrêmes et actuelles | | | Périodes | | |
|------------|-------------------------------|--------|-------|----------|-------|--------|
| | Min | Actuel | Max | Mini | Moy | Max |
| ϵ | 21.84 | 23.45 | 24.46 | 37000 | 41000 | 44000 |
| e | 0.002 | 0.017 | 0.053 | 81000 | 95000 | 106000 |
| ω | 0° | 102° | 360° | 16000 | 22000 | 28000 |

Tableau 6

Les états caractéristiques des éléments e , ϵ et ω à la fin du quaternaire

| Epoque | - 33 700 | - 22 500 | - 11 500 | Actuellement |
|------------|----------|----------|----------|--------------|
| ω | 270 | 90 | 270 | 102 |
| ϵ | 22.50 | 22.14 | 24.19 | 23°45 |
| e | 0.015 | 0.019 | 0.020 | 0.017 |

Les situations de - 22 500 et - 11 500 correspondent à 2 états caractéristiques de la Terre favorisant l'un la genèse d'une glaciation ($\omega = 90^\circ$; ϵ minimum), l'autre une période chaude ($\omega = 270^\circ$; ϵ maximal). Les années sont comptées à partir de 1950.

V - LA THEORIE DE MILANKOVITCH

Milankovitch n'a pas été le premier à tenter d'expliquer la récurrence des glaciations du quaternaire par les variations des éléments elliptiques de la Terre. Adhemar en 1842 et Croll en 1875 avaient déjà avancé de telles idées. Pour Milankovitch, des hivers doux et des étés frais sont les facteurs primordiaux favorisant les glaciations. Parmi toutes les combinaisons possibles des éléments, il distingue 2 états caractéristiques :

- **glaciation** (ϵ minimum ; $\omega = 90^\circ$) : dans les hautes latitudes (où de grandes quantités de neige et de glace existent) le déficit d'insolation en été empêche la couverture gelée de fondre; ce phénomène provoque la croissance de la calotte qui s'étend et refroidit globalement la Terre. Quand l'inclinaison est faible, la différence été-hiver s'atténue mais le contraste en latitude est maximal, accélérant de ce fait l'alimentation de la couche de glace. En effet, le contraste croissant Equateur-pôle augmente la composante méridienne de la circulation atmosphérique et océanique. Les océans tropicaux sont plus chauds par excès d'insolation et s'évaporent plus abondamment ; les masses d'air chaudes et enrichies en vapeur d'eau sont transportées plus efficacement en hautes latitudes où elles se déposent.

- **interglaciaire** (ϵ maximum ; $\omega = 270^\circ$) : la situation est l'inverse de la précédente car aux hautes latitudes l'excès d'insolation estival provoque la fonte des glaces accumulées en hiver. Les calottes accumulées en hiver régressent en été.

Dans la théorie de Milankovitch, le paramètre fondamental est donc le contraste d'insolation $I_e - I_h$ et non l'insolation totale $I_e + I_h$. D'après les expressions générales développées dans le paragraphe "Insolation" nous avons

$$I_e - I_h = 2 \frac{I_0}{\pi} (\sin \varepsilon \sin \varphi - \frac{4}{\pi} e \sin \omega \cos \varphi) \quad (15)$$

Pour une latitude déterminée, le contraste est bien maximal quand l'angle ε est maximal et $\omega = 270^\circ$ car les 2 termes sont positifs et le premier a la plus grande valeur possible. On peut aussi noter que l'effet est augmenté si l'excentricité atteint sa valeur maximale. Inversement, il sera minimal pour ε minimal ; $\omega = 90^\circ$ et e maximale. (le 2e terme est négatif avec sa plus grande valeur absolue). Actuellement ($\varepsilon = 23.45$; $\omega = 102$ et $e = 0.016$).

$$I_e - I_h = 2 \frac{I_0}{\pi} (0.397 \sin \varphi - 0.02 \cos \varphi) \quad (16)$$

Il peut paraître surprenant que le contraste d'insolation soit <0 à l'équateur (quand $\varphi = 0$). A l'Equateur, l'inclinaison ne joue aucun rôle dans le bilan saisonnier ; c'est principalement le facteur de distance qui est prépondérant. Le soleil passant au périhélie en hiver de l'hémisphère Nord, l'Equateur reçoit plus d'énergie durant cette saison que durant l'Eté. En réalité, en dessous de l'Equateur calorifique il faudrait inverser les saisons. On peut dresser le tableau suivant au cours des derniers millions d'années en précisant les 2 états extrêmes.

Tableau 7 : Contraste saisonnier
 $\pi (I_e - I_h) / I_0$

| Latitude $\varphi =$ | 90 | 60 | 45 | 30 | 0 |
|--|------|------|------|------|--------|
| $e = 0.06; \varepsilon = 22^\circ; \omega = 90^\circ$ | 0.37 | 0.28 | 0.21 | 0.12 | -0.076 |
| $e = 0.06; \varepsilon = 25^\circ; \omega = 270^\circ$ | 0.42 | 0.40 | 0.35 | 0.28 | 0.076 |
| $e = 0.016; \varepsilon = 23.45^\circ; \omega = 102^\circ$ | 0.40 | 0.33 | 0.28 | 0.18 | -0.019 |
| Ecart relatif max/min | 13% | 35% | 50% | 50% | 25% |

Dans les 2 états extrêmes, l'insolation totale peut être également exprimée :

$$I_e + I_h = 2 \frac{I_0}{\pi} \left(\left(1 - \frac{\sin^2 \varepsilon}{4}\right) - \sin^2 \varphi \left(1 - \frac{\sin^2 \varepsilon}{4} - \sin \varepsilon\right) \right) \quad (17)$$

Tableau 8 : insolation totale
 $\pi (I_e + I_h) / I_o$

| $\varphi =$ | 90 | 60 | 45 | 30 | 0 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| $\varepsilon = 22$ | 0.37 | 0.52 | 0.67 | 0.82 | 0.96 |
| $\varepsilon = 25$ | 0.42 | 0.55 | 0.68 | 0.82 | 0.95 |
| $\varepsilon = 23.45$ | 0.40 | 0.54 | 0.68 | 0.82 | 0.96 |

En hautes latitudes, l'état favorable à une glaciation (ε minimum) provoque également un déficit d'insolation totale.

VI - CONCLUSION ET DISCUSSION

Maintenant que la liste des différents mécanismes susceptibles de jouer un rôle dans chacun des paléoclimats a été dressée, on peut essayer d'analyser rapidement la contribution de chacun.

VI - 1 Variations climatiques à longues périodes :

Durant cette période, les indices utilisables sont pratiquement inexistantes, car ils ont été en grande partie détruits par les bouleversements géologiques. (Il y a peut-être eu 5 âges glaciaires non datés). Durant cette période, il semble évident que la faible luminosité du soleil a joué un grand rôle. D'autre part, le redressement de l'axe polaire qui a agi en concomitance avec cet effet a dû favoriser l'extension d'un état glaciaire permanent pendant près de 3 milliards d'années. Cependant, l'effet de serre peut-être plus important (plus de CO_2 et présence de méthane) a pu compenser cet état.

L'état glaciaire quasi-permanent aux premiers âges de la Terre est peut-être justifié par le lent développement de la vie à la surface de la Terre ; en effet, c'est seulement à partir du cambrien qu'il y a vraiment eu explosion biologique alors que la vie existait depuis près de 3 milliards d'années sous forme de végétaux inférieurs. Les algues bleues sont nées à la faveur d'un petit réchauffement dans les zones équatoriales (elles ont pu survivre à un climat glacial général car elles peuvent résister à des températures de l'ordre de $- 269^\circ C$ et sont capables d'effectuer la photosynthèse à des températures aussi basse que $- 30^\circ C$).

Les seuls phénomènes qui puissent varier sur une échelle de temps comparable à la "période" des âges glaciaires (environ 250 millions d'années) sont les phénomènes solaires. Ici, un modèle bien élaboré de structure interne du soleil et quelques "bons" nuages de matière interstellaire placés çà et là dans la galaxie expliqueraient bien des choses (et de plus la période des âges glaciaires correspond à la période de rotation du soleil autour du centre galactique). L'hypothèse des rencontres du soleil avec des nuages de matière se perd dans l'arbitraire et serait peut-être une idée à vérifier.

Pour les deux derniers âges glaciaires (permo-carbonifère et actuel) il semble que l'explication soit simple et naturelle et qu'il ne soit pas nécessaire d'en chercher des explications artificielles et complexes. En effet, depuis le Cambrien la dérive des continents a joué un grand rôle et il ne faut pas oublier que la présence de continent à proximité du pôle est nécessaire à l'installation d'une calotte polaire conséquente

(actuellement la glace de la banquise du pôle nord est négligeable devant celle emmagasinée dans l'Antarctique). La glaciation du permo-carbonifère a coïncidé avec l'installation au pôle sud du bloc continental méridional (Gondwana) et celle du quaternaire avec l'arrivée aux hautes latitudes polaires du Groënland et de l'Antarctique. L'âge glaciaire permien a disparu avec le morcellement du Gondwana qui a libéré les hautes latitudes australes. Les quelques résultats qualitatifs montrent que la dérive en latitude suffit à expliquer dans l'ensemble l'évolution paléoclimatique à l'échelle de 10 à 100 millions d'années mais ne permettent pas de conclure que d'autres phénomènes n'ont pas agi.

VI - 2 Glaciations et stades glaciaires

Pour la période (- 250 000 - actuellement) l'accord avec les faits observés et les faits prédits par la théorie de MILANKOVITCH est remarquable. L'accord porte sur la nature, l'ampleur, la durée et l'âge des événements qui se sont succédés : naissance, développement et dislocation d'une calotte glaciaire. Le Würm III assez bien connu va être pris comme exemple.

Vers - 33700 (ϵ minimum, $\omega = 270^\circ$) il naît au pôle Nord un déficit d'insolation estivale qui croît et se propage vers les latitudes moyennes tandis que l'insolation tropicale devient excédentaire. La circulation d'air saturé d'eau accélère le développement de la calotte glaciaire qui progresse pour deux raisons : l'albédo élevé de la glace $\approx 0,7$ amplifie le contraste thermique et la calotte refroidit les océans par l'intermédiaire des courants marins.

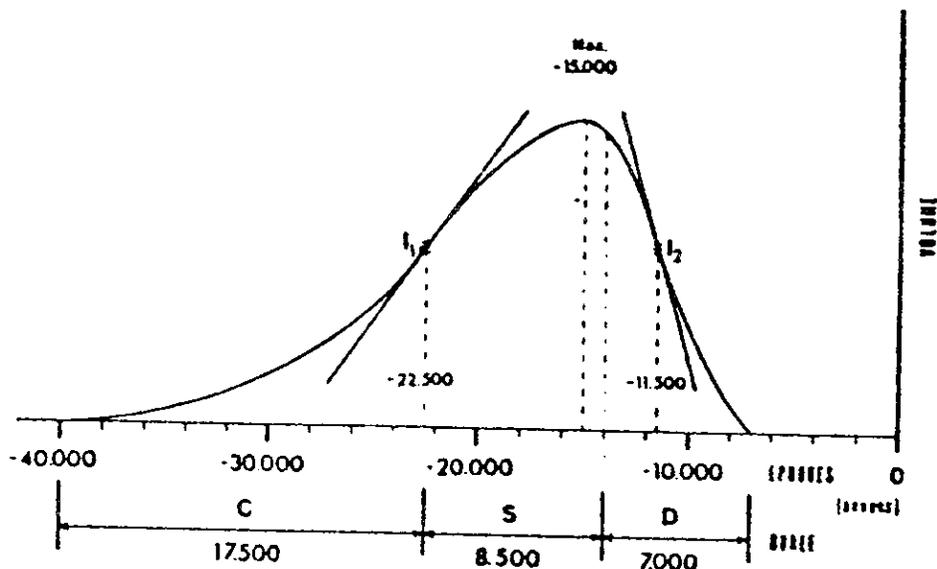


Figure 9 - Allure de la courbe de croissance de la glaciation Würm III en volume d'eau équivalent accumulé en glace.

Vers - 22 500 (ϵ minimum, $\omega = 90^\circ$) le déficit a atteint son maximum et remonte désormais vers les hautes latitudes : il y a retrait de la calotte qui s'amorce avec un retard dû à l'inertie des océans.

Vers - 11 500 (ϵ maximum, $\omega = 270^\circ$) l'insolation estivale est maximale. La désagrégation s'achève vers - 7000 époque de la disparition du glacier scandinave.

De nombreux faits militent en faveur de cette théorie : régression et transgression maritimes, cycle de 20 000 ans dans les varves glaciaires, rythmes de dépôt de 40 000 ans dans les couches de houille...

VI - 3 Climat actuel :

Depuis environ 2 000 ans, on a mis en évidence d'incontestables alternances d'épisodes chauds et froids avec des pseudo-périodes liées à celles du cycle solaire (études de varves glaciaires, de bois fossiles, de carottes de glace). D'après les extrapolations faites, on se dirige vers une période où le climat sera un peu plus rigoureux, comme cela s'est produit vers l'an 1000 et 1850. Au point de vue astronomique l'obliquité décroît pour passer vers un minimum ($23^\circ 02'$) dans 10 000 ans ; à cette époque ω vaudra 270° et les conditions propices seront créées pour développer une nouvelle calotte glaciaire qui atteindra son maximum vers 20 000. D'autre part, la Terre est entrée dans un âge glaciaire au début du quaternaire et va sûrement y rester encore pour quelques millions d'années.

APPENDICES

A1- LES THERMOMETRES GEOLOGIQUES

1) Géologiques : étude des traces laissées par les glaciers et les déserts (évaporites et tillites).

2) paléontologiques : l'étude du comportement de micro-organismes marins pélagiques a permis de connaître quels étaient les domaines de températures compatibles avec l'existence de chaque espèce. Ces études nécessitent une bonne connaissance des conditions de vie, un choix judicieux des associations et un traitement statistique sérieux.

L'analyse pollinique s'est développée considérablement depuis quelques années. Le principe de détermination est sensiblement le même que pour les études océaniques : la connaissance du milieu de vie des végétaux et leurs associations permet de reconstituer les paléoclimats.

3) Isotopiques :

a) La composition isotopique des précipitations varie avec la température de formation des nuages. Plus la température est basse, et plus les eaux sont pauvres en isotopes. On a mis en évidence une relation linéaire entre O^{18}/O^{16} et la température (la variation du rapport est de 50% quand la température varie de -50 à $30^\circ C$). C'est dans les calottes glaciaires qu'a été effectuée la plupart des travaux.

b) Concrétions des cavernes : l'eau des précipitations s'infiltré dans le sol et se charge de CO_2 dans la couche d'humus. Les carbonates dissous se redéposent dans les cavernes en raison de la baisse de pression de CO_2 . Cette méthode comme beaucoup d'autres est particulièrement fiable pour mettre en évidence des variations de températures mais trop d'incertitudes résident dans la détermination d'une température absolue.

c) Tests et coquilles fossiles : lorsque le carbonate se dépose, le rapport O^{18}/O^{16} du carbonate formé est différent de celui de l'eau. Cette différence appelée fractionnement isotopique dépend uniquement de la température.

A2- NOTATION DES ANNEES :

Le calcul des éléments orbitaux de la Terre est rapporté à l'année de référence 1950.0. De fait la notation des années est définie à partir de cette date. Par exemple - 22 500 exprime une époque qui se situe 22 500 avant l'année 1950. Les Anglo-saxons ont créé une notation spéciale (B.P = Before Present et A.P = After Present) afin de ne pas utiliser de signes + ou - qui sèment la confusion avec la chronologie historique comptée à partir de l'année 1 après Jésus-Christ.

A3- LES ECHELLES GEOLOGIQUES

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Formation de la Terre | 4,6 milliards d'années |
| Début de l'ère primaire | 600 millions " |
| " secondaire | 220 " |
| " tertiaire | 63 " |
| " quaternaire | 3 " |

A4- LES GLACIATIONS DU QUARTENAIRE

| PERIODES
GLACIAIRES | DATES AVANT JC
(Début) | ESPECE HUMAINE |
|----------------------------|---------------------------|--|
| Biber | 1800 000 | Australopithèque |
| Interglaciaire Biber/Donau | | |
| Donau | | |
| Inter Donau/Gunz | | |
| Gunz | 800 000 | Pithécanthropes |
| Inter Gunz/Mindel | 600 000 | |
| Mindel | 500 000 | |
| Inter Mindel-Riss | 400 000 | |
| Riss | 350 000 | Pré-néandertaliens |
| Inter Riss-Würm | 200 000 | Néandertaliens |
| Würm I et II | 100 000 | |
| Inter Würm II et III | 36 000 | Cro-Magnon |
| Würm III | 30 000 | |
| Inter Würm III et IV | 17 500 | |
| Würm IV | 15 000 | L'Homme moderne prend sa
forme actuelle |
| Pré boréal | 10 000 | |
| Boréal | | |
| Subboréal | 3 000 | |

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

LA SUPERNOVA DU GRAND NUAGE DE MAGELLAN (SN1987A) REVELE SON PULSAR

Le 8 février 1989 un télégramme astronomique de l'Union Astronomique Internationale annonçait la découverte d'un pulsar optique sub-millimétrique dans la supernova 1987A presque exactement deux ans après l'annonce de l'explosion de cette supernova observée le 24 février 1987 dans le Grand Nuage de Magellan (voir les Cahiers Clairaut n° 37, p 3-8, été 1987).

La détection du signal intermittent de ce pulsar, reste très condensé sous forme d'une étoile à neutrons en rotation rapide de l'étoile disloquée, était guettée avec impatience depuis ces derniers mois à travers la nébuleuse en expansion. Cette détection a été obtenue avec le télescope de 4 m de diamètre de l'Observatoire Interaméricain de Cerro Tololo situé au Chili, au cours d'une période d'observation de 7h, le 18 janvier dernier; pendant cette période l'intensité lumineuse optique a varié continuellement entre la magnitude 19 et 18. L'analyse détaillée des données menée pendant plusieurs semaines a conduit à la détermination d'une période de 0,5 milliseconde pour le pulsar et d'une variation périodique de 8h suggérant que le pulsar est membre d'un système binaire.

Ces résultats sont surprenants et posent essentiellement trois types de problèmes aux astronomes. Tout d'abord, la période de 0,5 ms est la plus courte parmi celles de tous les pulsars connus actuellement (ils sont environ 450). Observation et théorie s'accordent avec une valeur typique de la période d'un pulsar au moment où il se forme de quelques dizaines de millisecondes. C'est par exemple le cas du pulsar âgé de près de 1000 ans formé au centre de la nébuleuse du Crabe, dont la période est de 33 ms. De plus, une période de 1 ms est proche de la valeur théorique minimale permettant à une étoile à neutrons de tourner sur elle-même sans se disloquer. Comment expliquer une période aussi courte pour le nouveau pulsar ?

Un autre aspect étonnant du nouveau pulsar est son faible champ magnétique. En effet, la puissance rayonnée par un pulsar, produite par des électrons relativistes accélérés par un champ magnétique dipolaire en rotation, est proportionnelle au carré de l'intensité du champ et à la puissance 4 de la vitesse angulaire de rotation. Compte tenu du fait que le nouveau pulsar n'est certainement pas plus puissant que le pulsar du Crabe dont la vitesse angulaire de rotation est 66 fois plus faible, on trouve que le champ magnétique du nouveau pulsar doit être plus de 1000 fois plus faible que celui du pulsar du Crabe, soit de l'ordre de 1 milliard de Gauss. Cette très faible valeur n'est pas compatible avec la valeur typique de mille milliards de Gauss déduite à partir de la conservation du moment magnétique et des champs magnétiques mesurés à la surface des étoiles classiques avant qu'elles ne se contractent en étoiles à neutrons.

Enfin la période orbitale de 8h paraît, elle, tout à fait incroyable. Le compagnon du pulsar dans le système binaire devrait avoir une masse de l'ordre de Jupiter et une dimension d'orbite qui le placerait dans les couches extérieures de l'étoile géante progénitrice du pulsar. Comment un tel objet aurait-il pu subsister lors de l'explosion de la supernova ? Les scénarios théoriques plus ou moins exotiques ne manquent pas pour tenter d'expliquer ces phénomènes bizarres. Une toute première priorité pour les astronomes est de réaliser dans les semaines qui viennent de nouvelles observations indépendantes pour confirmer les caractéristiques du nouveau pulsar.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

LA SCIENCE MENACEE

par Evry Schatzman ; 206 p ; éd Odile Jacob 1989 (110 F)

Ce qui me plaît singulièrement dans les livres de notre Président d'honneur, c'est qu'il me paraît toujours s'adresser à nous en particulier. C'était vrai avec "Les enfants d'Uranie" pour nourrir nos réflexions sur la recherche des civilisations extraterrestres (cf CC33n été 86). Encore vrai avec "Le message du photon voyageur", véritable synthèse de l'astrophysique d'aujourd'hui (cf CC 41, printemps 88). Et c'est encore plus vrai avec "La science menacée", cette analyse incisive du développement contemporain d'un mouvement anti-science qui ne conduit pas seulement aux succès commerciaux des charlatans de l'astrologie mais aussi aux dangereuses décisions de responsables politiques ignorant les réalités de la science. Et ce mauvais climat peut avoir une de ses sources dans un enseignement scientifique qui "oublie le caractère contestataire de la découverte scientifique" et, par suite, "ne demande plus à l'élève, à l'étudiant, au débutant de penser. Elle lui demande d'apprendre." Ces brèves citations l'attestent. Schatzman s'adresse à nous.

Avec "La science menacée", il actualise et élargit un thème qu'il avait déjà abordé, il y a presque vingt ans, dans "Science et société" (éd Robert Laffont, 1971). Depuis, la situation de la science dans la société a évolué, l'auteur aussi sans doute. Il a eu raison de reprendre le sujet à sa manière de 1989, en tenant compte des réalités de notre temps.

Au départ, le choc, pour un astrophysicien engagé dans la recherche comme Schatzman, des fâcheuses décisions du gouvernement Chirac en 1986 qui visaient la recherche et pouvaient mener au démantèlement du CNRS. Mais il n'y a pas que cet événement particulier, il y a le climat déplorable pour la recherche des politiques sans continuité dont les à-coups reflètent la grande incompréhension, chez le public et en particulier chez les hommes politiques, de ce qu'est la science.

Le texte de Schatzman se développe alors comme un discours rigoureux. D'abord son expérience personnelle, témoignage précieux ; elle le conduit à l'affirmation de la réalité objective, il l'a rencontrée. Le chapitre suivant sur "la production spontanée de la science" brosse à grands traits le développement de la science dans les civilisations occidentales et la chinoise ; comment se fait-il, par exemple, que les Chinois observèrent les supernovae (les "étoiles invitées") de 1006 et de 1054, alors que les Européens les négligèrent. Tout au moins jusqu'à ce que vienne l'innovation galiléenne, "le mariage de la pratique des artisans et de la théorie des savants."

Cependant, il y a conflit. Chez un bon nombre de nos contemporains, le rejet de la science est l'expression d'un sentiment assez répandu pour qu'il vaille la peine d'en analyser les motifs. On affirme, par exemple, que la connaissance objective nie la subjectivité, à partir de quoi l'objectivité galiléenne serait considérée comme menant à la barbarie de la société actuelle. Pour d'autres, le savoir scientifique engendrerait l'anarchie, la science fait peur car les découvertes risquent d'ébranler l'ordre établi.

Autre source du mouvement anti-science, la confusion fréquente entre science et technique. Schatzman analyse ici les réactions à l'Initiative de Défense Stratégique (IDS) de Reagan : s'agit-il de science ? De même certains écologistes ne transfèrent-ils pas abusivement sur la science ce qui revient à la société ?

Il y a plus grave et dans le chapitre V, noyau du livre, Schatzman entend répondre aux réflexions de philosophes qui renient la science, thèse de Feyerabend dans son livre "Contre la méthode", thèses du fameux colloque de Cordouc. Il se demande si la "vulgate quantique" (la physique quantique popularisée -ce qui peut être admirablement réussi chez Feynman et très inquiétant chez d'autres) n'a pas joué un rôle de semence dans le mouvement de rejet de la science. Le principe d'incertitude de Heisenberg a été perçu comme incertitude de la science. Les philosophes non scientifiques s'en sont mêlés. "la science ne pense pas" disait Martin Heidegger. Pour d'autres, la vérité scientifique est définie par le consensus d'une ou des institutions (étatiques ou scientifiques) ce qui aboutit à l'énormité des fameuses "science prolétarienne contre science bourgeoise" de l'époque Kdanov-Lyssenko avec élimination physique des contestataires ou encore la non moins énorme "science aryenne opposée à la science judéo-libérale" avec la prétendue justification de la "solution finale". On comprend que Schatzman n'a pas écrit ce chapitre d'une plume impassible.

Il garde la même fougue pour réclamer ensuite, comme je vous le disais plus haut, un véritable enseignement scientifique. Pas une accumulation de résultats dans laquelle "l'intention pédagogique se transforme en déformation scolastique". "Un enseignement de la science qui n'apprend pas à penser n'est pas un enseignement de la science, il est un enseignement de la soumission." Il faut changer le statut de l'enseignement des sciences, non pas accumuler des connaissances mais faire comprendre, on pourrait même dire participer à la vie de la science. Pour nous du CLEA, est-il message plus confortant ?

En forme de programme d'action que nous pourrions faire nôtre, ces trois conclusions :

- 1) "La connaissance scientifique est une chose admirable, mais dès qu'on applique ces connaissances à un domaine pour lequel elles ne sont point faites, les conclusions qu'on en tire deviennent rapidement abominables. C'est là ma première conclusion ; elle concerne tous les aspects du scientisme, et se rapporte principalement à la croyance en une construction possible d'une société sur des bases "scientifiques"."
- 2) "Les négateurs de la science et de l'objectivité scientifique fécondent le ventre d'où peut encore sortir la bête immonde".
- 3) "S'il n'est pas question de faire de toute une classe d'âge des scientifiques professionnels, il me semble par contre essentiel de faire comprendre à tous quelle est la nature de la science et de donner à tous les outils intellectuels minimaux pour se situer dans une société où des choix scientifiques de plus en plus ambitieux devront être pris".

Je crois vous en avoir assez dit, c'est bien un livre pour nous.

G.W.

LE MÈTRE, UNE MESURE REVOLUTIONNAIRE

L'Observatoire de Paris a édité un KIT-EXPO permettant d'illustrer ce sujet par un ensemble de documents (fournis avec légendes en tirage sur papier fort format A4 ; à cet ensemble est jointe une brochure historique et pédagogique). Ce KIT-EXPO est vendu 80 F pris au service des ventes de l'Observatoire (100 F par la poste).

A partir de janvier 1989, l'Observatoire de Paris présente dans les vitrines de sa grande galerie un ensemble de documents et objets sur le sujet. A l'intention des enseignants et de leurs élèves, il sera possible, le jeudi après-midi de visiter cette galerie (au tarif habituel des visites scolaires des groupes ne dépassant pas trente personnes). S'adresser au service des ventes, Observatoire, 75014 Paris (tél 40 51 21 70).

JEAN PICARD

et les débuts de l'astronomie de précision au XVII^{ème} siècle ;
384 p.; édition du CNRS 1987 (150 F)

Ce volume réunit les communications présentées lors du colloque des 12 et 13 octobre 1982 pour commémorer le tricentenaire de la mort de Picard. Un monument digne de ce savant top modeste, une documentation très complète sur l'homme, sur son oeuvre, sur les problèmes de la science du temps. J'ai passablement honte, par comparaison, avec les deux articles parus dans les Cahiers Clairaut 17 et 18, c'était un bricolage artisanal alors que le présent volume est bien plus complet et remarquablement illustré par des reproductions de documents originaux (entre autres, les pages des carnets d'observation tenus par Picard, le plan de l'île de Hven, la Tour astronomique de Copenhague, ...

Voici le sommaire du livre. 1) Biographie, deux articles par Guy Picolet et John W.Olmsted sur la vie peu connue de Picard (j'avais à ce sujet repris une fausse légende corrigée ensuite par l'ami Vialle). 2) Astronomie, quatre articles de R.M.Mc Keon, J.Lévy, S.Grillot, S.Débarbat et K.M.Pedersen. De Tycho Brahe à Picard, on passe des appareils à pinnules aux visées optiques, on peut donc dire que Picard crée l'astrométrie moderne et la qualité de ses observations marque une étape décisive.

Je m'attarderai un peu sur la relation du voyage d'Uraniborg par K.M.Pedersen. Ce fut la première expédition à but purement astronomique: raccorder les observations de Tycho à celles des astronomes parisiens en mesurant avec précision latitude et longitude du site d'Uraniborg. Les meilleures mesures furent obtenues par l'observation d'immersion et d'émersion du premier satellite de Jupiter. Picard en déduit la différence de temps entre Uraniborg et Paris 42 mn 10 s et la différence des longitudes 10°32'30" là où les données modernes sont 41 mn 26,8s et 10°21'42". C'est aussi au cours de ce voyage que Picard nota, sans pouvoir l'expliquer des déviations jusqu'à 20" de la Polaire. Il y aurait encore beaucoup à dire sur ce voyage, lire en détail la relation qu'en fit Picard, je me promets de le faire quand je serai à la retraite...

Poursuivons le sommaire du livre actuel. 3) Géodésie et cartographie : "Picard et la mesure de la Terre"(R.Taton), "Picard géodésien"(J.J.Levalllois), "Picard et la cartographie"(L.Lagarde).

4) Nivellement, Picard fut amené à renouveler les méthodes de l'art du nivellement pour résoudre les problèmes de l'alimentation en eau du Palais de Versailles, une contribution indirecte de Louis XIV à la science. 5) Autres aspects de l'oeuvre : les tentatives de Picard pour définir un étalon de longueur à partir de la longueur du pendule battant la seconde ne pouvaient aboutir, ainsi que l'analyse P.Costabel, mais il est instructif pour nous de connaître ce maillon dans la préhistoire du mètre. Picard a conduit aussi des recherches en optique et en gnomonique.

Je me suis attardé à décrire un peu ce beau livre, c'est qu'il en vaut la peine, une lecture enrichissante.

COSMOS

une histoire des représentations de l'Univers par ALIAS, Centre de culture scientifique et industrielle de la région Nord-Pas de Calais ; textes de Bernard Maitte et Anne-Marie Marnier ; septembre 1988 (150 F).

Ce superbe album de 160 pages(format 20/23cm), richement illustré de photographies en couleurs sert de guide à l'exposition organisée par ALIAS. Chaque document est commenté avec précision. 36 chapitres passent en revue toutes les conceptions du monde, depuis les mythes primitifs, les calendriers aussi bien aztèques que chinois, jusqu'aux théories cosmologiques modernes. Les derniers chapitres sur le "big bang" ou sur "la Nova du 3^{ème} type" abordent les grands sujets d'actualité.

D'après le catalogue, on peut penser que l'exposition elle-même n'est pas d'un abord très aisé. Mais avec cet excellent guide,

L'aventure en questions

Pour une fois nous n'étions pas dans l'Espace mais dans un espace où le CLEA en disposait d'un peu pour se faire connaître : c'était "l'Aventure des Métiers".

Dimanche . Tout l'après-midi j'ai vu défiler de charmants jeunes gens accompagnés de leurs parents . Leur vocation profonde est de faire de la recherche en Astrophysique . De ce côté-là, pas de problème de recrutement ! J'ai essayé d'expliquer les difficultés en montrant la marche à suivre sur la petite feuille délibérément dissuasive qui avait été polycopiée à l'intention des téméraires ! " Mais c'est vraiment ce qu'il veut faire, c'est sa passion !" gémissaient les mères ...L'une voulut savoir si pour l'archéologie c'était plus facile : il m'a semblé que dans ce domaine, tout comme en astronomie, l'amateurisme devait apporter des joies profondes !

Sur le stand voisin, Usinor Sacilor faisait des animations auxquelles il était impossible d'échapper : musique genre Ben-Hur, questions pertinentes , " quels sont ceux qui ne savent pas comment on fabrique l'acier ?" Le stand marchait fort ... surtout en décibels ! Je me disais que le CLEA pourrait faire pareil la prochaine fois : pom-pom-pom, ("guerre des étoiles"), pom-pom, quels sont ceux qui ne savent pas comment on fabrique les étoiles ? Tout cela en video avec nos jeunes spectateurs...

Sans avoir les mêmes moyens, nous avions néanmoins autant de visiteurs ! Et bien des questions, ma foi :

(actuel) On en fait toujours, de l'astronomie ?

(esthète) Vous pouvez me donner ce poster-là ?

(gamin) Vous-z-auriez pas des autocollants ?

(organisés) Vous faites des camps d'astronomie pour les jeunes pendant les vacances ?

(usinor) Quelle est la durée de vie, en kilomètres, d'une roue de T.V.G. ? (NDLA : je ne sais plus, mais à côté des distances dans le système solaire, c'est minable !)

(amoureux) Euh...en ce qui concerne...euh...les signes du zodiaque...

(rentable) Qu'y a-t-il comme débouchés en astronomie ?... Alors s'il n'y a pas de débouchés, pourquoi voulez-vous l'enseigner ?

(pratique) Vous n'auriez-pas un sac ?

(usinor) Combien de barres d'acier a-t-il fallu pour construire la Pyramide du Louvre ?

(timide) Vous pourriez me dire pourquoi, pour mieux voir les étoiles, il est nécessaire d'aller dans l'espace ?

Alors là, je fus impressionnée ! Tant de curiosité, déjà, chez ce petit blond... Le deuxième était plus grand mais tout aussi curieux ... Le troisième était tout petit : ses parents remplissaient pour lui le questionnaire, distribué par la PEEP. Les suivants étaient sympas aussi, avec le même questionnaire; j'ai demandé, tout de même, ce qu'on pouvait gagner : une trousse en plastique, transparente, superbe !

Alors j'ai regardé les autres questions : que fait un contrôleur aérien ? (jusque-là, j'assume un max...) Pourquoi Zucker est-il obèse ? Ce n'est pas si évident, finalement, de gagner une trousse dans cette aventure-là !

CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE DU COL BAYARD (27 juillet-4 aout 1989)

L'Observatoire de Marseille et l'équipe d'animation culturelle proposent dans le cadre du CLEA à tous les enseignants qui désirent acquérir des connaissances de base, s'intéresser à l'observation du ciel, souhaiter animer un club d'astronomie une école d'été de 9 jours au centre d'oxygénation du col Bayard, près de Gap, Hautes-Alpes. Tarif : tout compris en pension complète 1 600 F

Pour tous renseignements complémentaires écrire ou téléphoner à Mme DUVAL, Observatoire de Marseille, 2 pl Le Verrier, 13248 MARSEILLE CEDEX 4 -Tél 91 95 90 88.

A PROPOS DE "ASTRONOMIE ET VARIATIONS CLIMATIQUES"

Faute de place, nous n'avons pu reproduire à la fin de l'article de nos Collègues PARISOT et MAZODIER, l'annexe 5 "Programme de calcul des éléments orbitaux de la Terre en Basic standard écrit pour Apple II". Les lecteurs intéressés peuvent nous en demander la photocopie.

Dans la première partie de cette étude parue dans notre n°43, une faute de frappe doit être corrigée, page 9 :

au lieu de $r = \frac{1 - e^2}{1 - e \cos(\omega - \lambda)}$ lire $r = \frac{1 - e^2}{1 + e \cos(\omega - \lambda)}$

STAGE D'ASTRONOMIE POUR LES 15-20 ANS

Le Palais de la Découverte organise du 27 juillet au 18 août 1989 un stage d'astronomie. Axé sur l'observation et la photographie du ciel, ce camp regroupera 16 jeunes et 3 animateurs à Pradals dans le Parc National des Cévennes. L'éclipse totale de Lune du 17 août en sera un des moments importants.

Participation aux frais : environ 4200 F. Pour tous renseignements contacter Michel Briantais Société des Arts du Palais de la Découverte, av F-D.Roosevelt 75008 Paris (tél (1) 40 74 81 07

DEUX REMARQUES DU TRESORIER DU CLEA

La première concerne les comptes qu'il a présentés à l'assemblée générale du 12 novembre 1988 et qui sont reproduits page 27 du Cahier 44. Les lecteurs ont tout de suite remarqué que dans l'addition des dépenses au lieu d'imprimer 148 539,56 il aurait fallu écrire 140 539,56 Un lecteur obligeant a demandé si le trésorier disposait d'une bonne machine à calculer ! Bref, le trésorier est confus.

La seconde remarque concerne les abonnés : le présent n°45 de notre revue sera encore adressé à des abonnés légèrement retardataires et qui trouveront sur la bande d'envoi le logo "Ciel mon abonnement était fini au n°44", ils mettront aussitôt la main à leur portefeuille pour adresser un chèque au trésorier qui les remercie.

UNE REMARQUE DU SECRETAIRE

Le renouvellement des abonnements en janvier (et depuis) a été l'occasion de nombreuses commandes des fascicules 1 à 11, du TranSolUte et des Comptes-rendus. Comme le secrétaire est très lié avec le trésorier, il ne devrait pas y avoir d'erreur dans les expéditions. Mais l'individu en question a été parfois un peu débordé, les Collègues voudront bien excuser certains délais de livraison. Mention particulière pour les fascicules 10 et 11 qui ont été annoncés avant que l'impression en soit faite. Veuillez donc patienter, la Lune, la Terre et le Soleil viendront.

RECTIFICATION : dans les lectures du Cahier 43, page 32, à propos de la brochure "Ciel, mon option !", j'avais regretté que la bibliographie de cet ouvrage ne mentionne pas le CLEA et les Cahiers Clairaut. J'avais bien mal lu car l'un et l'autre sont bien cités. Mes excuses à notre Collègue J.Valade. G.W.

LES ETOILES DOUBLES

Une lecture à ne pas manquer, le numéro spécial de décembre 1988 de L'ASTRONOMIE, la revue de la Société Astronomique de France. Cent vingt pages remarquablement documentées et illustrées sur les problèmes des étoiles doubles.

Les publications du CLEA

LES CAHIERS CLAIRAUT, bulletin trimestriel du CLEA

Abonnement simple 1989 (n°45 à 48) : 80 F (soutien 100 F)

Cotisation simple au CLEA : 25 F

Abonnement 1989 (n°45 à 48) ET cotisation au CLEA : 100 F (soutien 130F)

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

Prix des Cahiers Clairaut au numéro, l'exemplaire 25 F

La collection complète des Cahiers Clairaut (n°1 à 44) : 480 F

A l'intention des nouveaux abonnés, onze fascicules ont été édités ; ils réunissent par thèmes des articles publiés dans les Cahiers Clairaut. Le fascicule FI est un index des articles publiés. TOUT NOUVEL ABONNE reçoit cet index et un fascicule à choisir dans la liste suivante:
FA - Astronomie à l'école élémentaire ; FB - Astronomie au collège ; FC - Construction d'une maquette ; FD - Construction d'un instrument ; FE - Réalisation d'une observation ; FF - Les potins de la Voie Lactée ; FG - Astronomie et informatique ; FH - Articles de physique ; FJ - Articles d'astrophysique ; FK - Histoire de l'astronomie ; FL - Interprétation d'un document.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

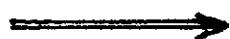
LE TRAN-SOLUTE un "kit" qui permet de construire un TRANSPARENT animé montrant le SOLEIL, la LUNE et la TERRE ainsi que leurs mouvements relatifs. Réalisation J.Ripert et G.Fugilando. Utilisation sur rétroprojecteur. (50F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE : Digne 1978 (25F), Grasse 1979 (35F), Sphia-Antipolis 1982 (50F), Grasse 1983 (58F), Formiguères 1984 (65 F), Formiguères 1985 (100F), Formiguères 1986 (100F)

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

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

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



Les commandes ainsi que les abonnements, cotisations ou réabonnements sont à adresser au secrétaire du CLEA

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

en joignant le chèque correspondant libellé à l'ordre du CLEA

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Imprimerie HAUGUEL, 92240 Malakoff

Dépot légal : 1er trimestre 1979 ; numéro d'inscription à la CPPAP : 61660

