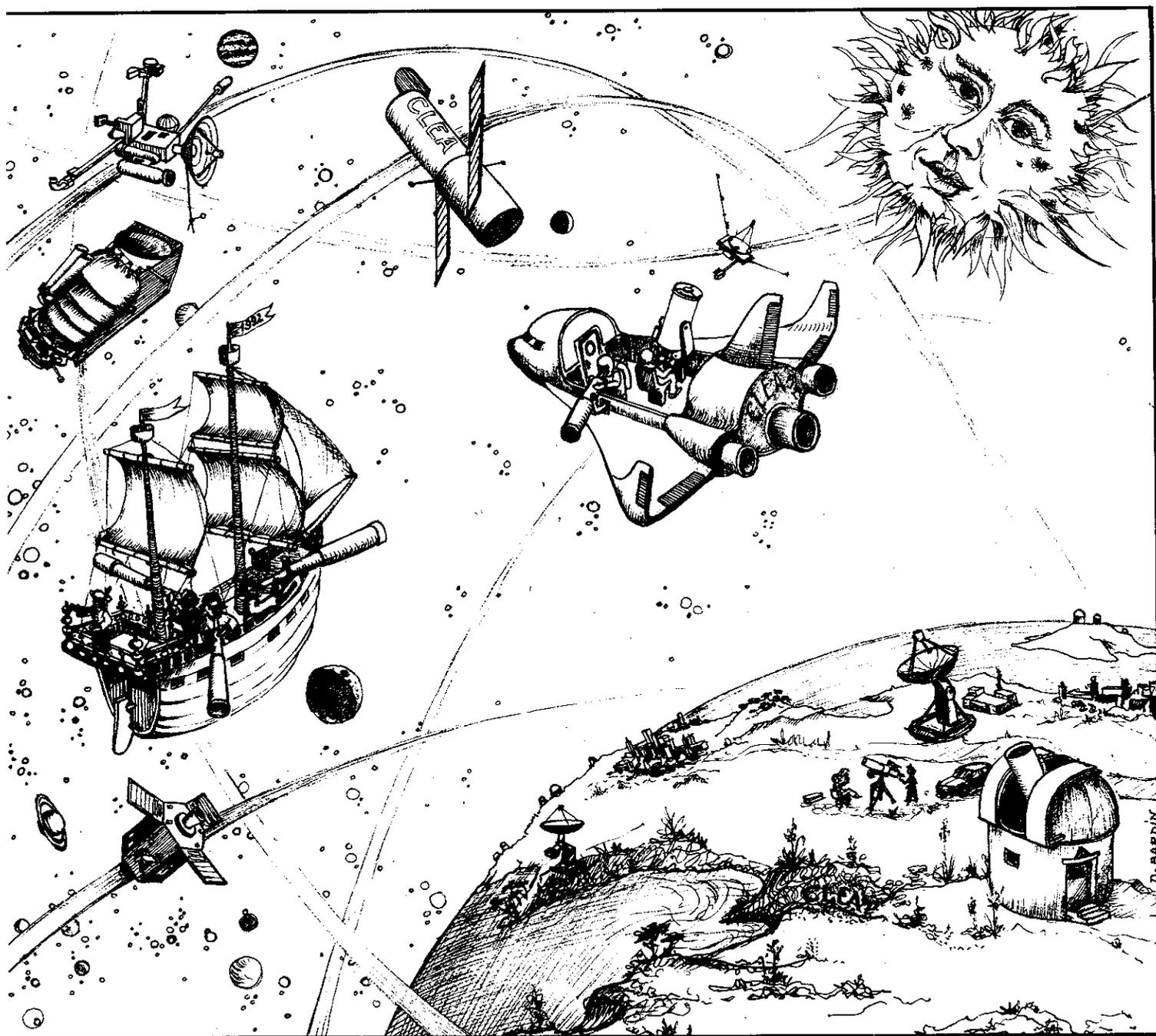


# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 57 - PRINTEMPS 1992

ISSN 0758-234 X

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

---

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

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

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

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

---

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

---

### Bureau du CLEA pour 1992

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Marie-France Duval

Hubert Gié

Jean Ripert

Jacques Vialle

Catherine Vignon

Secrétaire-trésorier : Gilbert Walusinski

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

## LES CAHIERS CLAIRAUT

Printemps 1992

	page
Les Potins de la Voie Lactée - La mission Hipparcos : un succès .....	2
L'enseignement de l'Astronomie dans le second cycle en Italie .....	5
Jouons un peu .....	15
La vitesse de la lumière et Römer .....	17
Mettez votre planétaire à l'heure .....	21
1992 .....	22
L'observatoire du Pic des Fées à Hyères .....	23
Lectures pour la Marquise .....	25
Origines du Bureau des Longitudes (suite et fin) .....	31
Bientôt disponible, la série de diapositives D5 du CLEA .....	37
Chronique du CLEA - Courrier des lecteurs .....	38

### EDITORIAL

Nous ouvrons ce numéro avec de bonnes nouvelles d'Hipparcos : Francette Delmas et Michèle Gerbaldi ont fait le reportage auprès de l'Agence Spatiale Européenne pour nous.

Jacques Vialle nous fait à nouveau profiter de ses talents linguistiques ; cette fois-ci, c'est sa bonne connaissance de l'italien qui a été mise à contribution pour la traduction d'un texte de nos collègues de Turin sur l'enseignement de l'astronomie en Italie.

Cécile Decaux-Schulman à qui nous devons la série de diapositives D4 ne s'intéresse pas seulement à l'astronomie : elle vous propose un petit jeu à base de poésie ; Josée Sert nous raconte Römer et la mesure de la vitesse de la lumière et K. Mizar tous les anniversaires que nous pouvons fêter en 1992. Nous avons conservé pour le prochain numéro un article de Paul Perbost sur le cycle de Méton.

Les travaux du Conseil National des Programmes semblent assez favorables à l'Astronomie. Le Groupe Technique de Physique a publié ses avant-projets dans le dernier numéro du Bulletin de l'Union des Physiciens : lisez-les, diffusez-les et faites connaître votre opinion aux auteurs du projet.

Comme les abonnés l'ont appris par un courrier qui leur a été adressé individuellement, le CNDP a chargé le CLEA d'une enquête sur les moyens audiovisuels ; la présidente du CLEA tient à dire le plaisir qu'elle a eu à recevoir vos réponses, nombreuses, argumentées, souvent amicales. Elle regrette de ne pas pouvoir vous écrire individuellement pour vous remercier... Certaines lettres, particulièrement chaleureuses l'ont beaucoup émue.

Bonne lecture des Cahiers !

La Rédaction

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE  
**LA MISSION HIPPARCOS : UN SUCCÈS**

*Conférence de Presse à L'Agence Spatiale Européenne le 17 janvier 1992 "...plein succès de la mission Hipparcos...", propos recueilli par F. Delmas pour le CLEA .*

**La mission à risque d'Hipparcos**

le satellite Hipparcos fut lancé le 8 août 1989. La défaillance du fonctionnement des moteurs d'apogée, au moment de la mise sur orbite du satellite avait causé un grand émoi dans la communauté astronomique européenne (\*).

*Que devint ce satellite ?*

Compte-tenu du succès, maintenant assuré, de cette mission il est intéressant de décrire comment la mission nominale fut révisée.

L'orbite définitive d'Hipparcos est donc elliptique : 500 x 36.000 km, ce qui va modifier totalement le déroulement de cette mission : non seulement dans la réalisation des observations mais elle remettait également en cause le bon fonctionnement de l'instrumentation. En effet cette nouvelle orbite allait soumettre le satellite à des conditions d'environnement très dures et totalement différentes de celles qu'il aurait rencontrées avec une orbite géostationnaire. Tout était à repenser dans un laps de temps très court.

Cette nouvelle orbite est parcourue en 10,7 heures et le satellite traverse deux fois la région des ceintures de Van Allen. A ce moment-là, l'impact des protons et électrons très énergétiques qui y sont piégés, non seulement augmente considérablement le bruit de fond des détecteurs, sature les détecteurs des caméras de pointage du satellite mais dégrade aussi les panneaux solaires à chacun de ces passages. A l'automne 1989 on ne donnait pas plus de quelques mois de vie au satellite, les panneaux solaires produisant de moins en moins d'énergie.

Initialement une seule station au sol était prévue pour assurer les liaisons avec le satellite. Avec une telle orbite, celle-ci n'aurait été en communication que 8 heures par jour alors qu'il n'y a pas de possibilité de stocker les données dans l'ordinateur qui est à bord. Non seulement une telle situation aurait réduit considérablement les capacités scientifiques de cette mission mais n'aurait pas permis un contrôle efficace de la position du satellite, paramètre clé dans la détermination de positions précises. Ainsi en l'espace de quelques semaines tout le concept de cette mission spatiale dut être repensé et d'importantes modifications dans son mode de fonctionnement furent apportées.

L'une des premières préoccupations des spécialistes de l'Agence Spatiale Européenne fut d'augmenter la durée des communications : 2 autres stations de réception des signaux étaient nécessaires en plus de celle située à Michelstadt, en Allemagne. Ainsi trois stations de réception au sol permettent-elles d'être en contact avec le satellite pendant environ 90% du temps, les interruptions de communication n'excédant pas 1 heure; les 2 autres stations sont situées à Perth en Australie et à Goldstone en Californie.

Le 26 novembre 1989 les observations commencèrent sans qu'on puisse être assuré d'une quelconque durée de cette mission ...

---

(\*) voir les CC n° 48, page 2

Indépendamment des problèmes précédemment évoqués il y avait aussi le passage du satellite dans l'ombre de la terre. Pendant ces périodes d'éclipse, les batteries à bord ne sont pas rechargées et une chute de charge trop importante peut les endommager de façon irréversible. Or en mars 1990, le satellite devait subir une éclipse particulièrement longue. Les batteries avaient été conçues pour une orbite géostationnaire, c'est-à-dire avec des durée d'occultation du soleil n'excédant pas 5% de la période orbitale. Dans la mission révisée cette période a été divisée par 2 ce qui conduit pour cette éclipse à une occultation du soleil pendant 15% de la période orbitale ce qui finalement ne laissait qu'une marge de sécurité de 5 minutes. Heureusement une éclipse aussi longue du satellite ne se reproduira pas avant 1993.

Quant à la dégradation des panneaux solaires par les impacts de particules elle suit une loi exponentielle ce qui leur assure, sauf accident, une durée de vie suffisante.

### **Les premiers résultats de la mission révisée.**

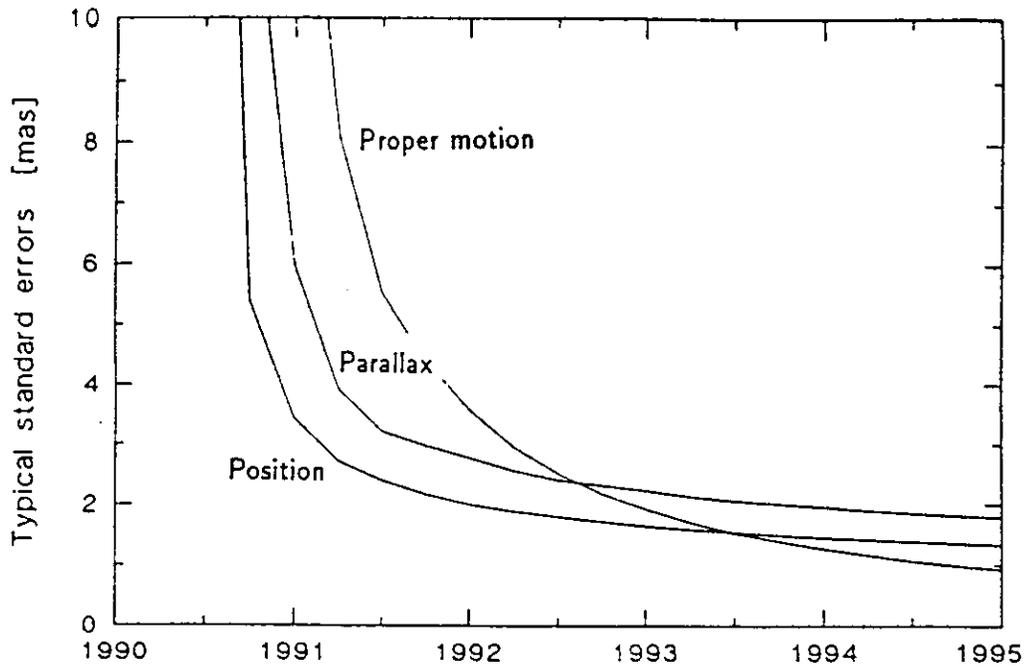
Les scientifiques travaillant à la mission astrométrique Hipparcos ont été en mesure d'annoncer au début du mois de janvier 1992 que l'analyse préliminaire des observations collectées depuis 26 mois par Hipparcos étaient d'une exceptionnelle qualité.

Cette performance a été rendue possible malgré une orbite aux conditions d'environnement très dures, grâce à une conception robuste de tous les éléments du satellite. Actuellement on prévoit un fonctionnement possible jusqu'à la fin de 1993 cependant il n'est pas possible de prédire la durée de vie des équipements électroniques qui sont exposés aux radiations des ceintures de Van Allen. Jusqu'à ce jour Hipparcos a reçu une dose de ces rayonnements équivalente à plus de 10 ans de fonctionnement en orbite géostationnaire, alors qu'une durée de vie initiale de 3 années avait été prévue.

Les scientifiques ont dû adapter l'analyse des données au mode de fonctionnement du satellite, notablement différent par rapport à la mission nominale. Les premiers résultats obtenus après une analyse détaillée des données collectées entre la fin novembre 1989 et le début juin 1990, sont particulièrement spectaculaires : ainsi la position de 10759 étoiles a été déterminée avec une erreur moyenne de 0,002" à 0,003". La parallaxe de 3000 étoiles a été estimée avec une erreur inférieure à 0,004". Un autre résultat qui mérite d'être mentionné concerne la détection des étoiles doubles. Le "Catalogue d'Entrée" contient 120.000 étoiles, parmi celle-ci 11.000 sont connues pour être doubles. Actuellement pas loin de 10.000 étoiles doubles nouvelles sont en train d'être détectées. Ces résultats, pourtant seulement préliminaires, ont pu être obtenus grâce à la très grande qualité de l'instrument : ainsi la température de l'ensemble des systèmes de détection à bord est-elle contrôlée à mieux que 0,05 degré Celsius. Quant à l'optique elle est précise à 1/60 de la longueur d'onde ce que l'on peut traduire par l'image suivante : si le miroir qui est à bord d'Hipparcos et qui fait 30 cm de diamètre était mis à l'échelle de la dimension de l'océan Atlantique, les perturbations de cette surface plane n'excéderait pas 10cm de hauteur. Le pointage du télescope est assuré avec une précision de l'ordre de 1", compte-tenu de notre connaissance actuelle des positions des étoiles et du contrôle opéré sur l'attitude du satellite.

La précision sur les résultats finaux étant fonction du nombre de mesures individuelles, si les observations se poursuivent jusqu'à la fin de 1992, comme prévu, alors une précision de 0,002" pour l'ensemble des paramètres astrométriques pourra être atteinte : 0,002" c'est le diamètre angulaire sous lequel on verrait une balle de golf depuis Paris si elle était posée au sommet de l' Empire State Building à New York.

## EVOLUTION DE LA PRECISION AVEC LE TEMPS

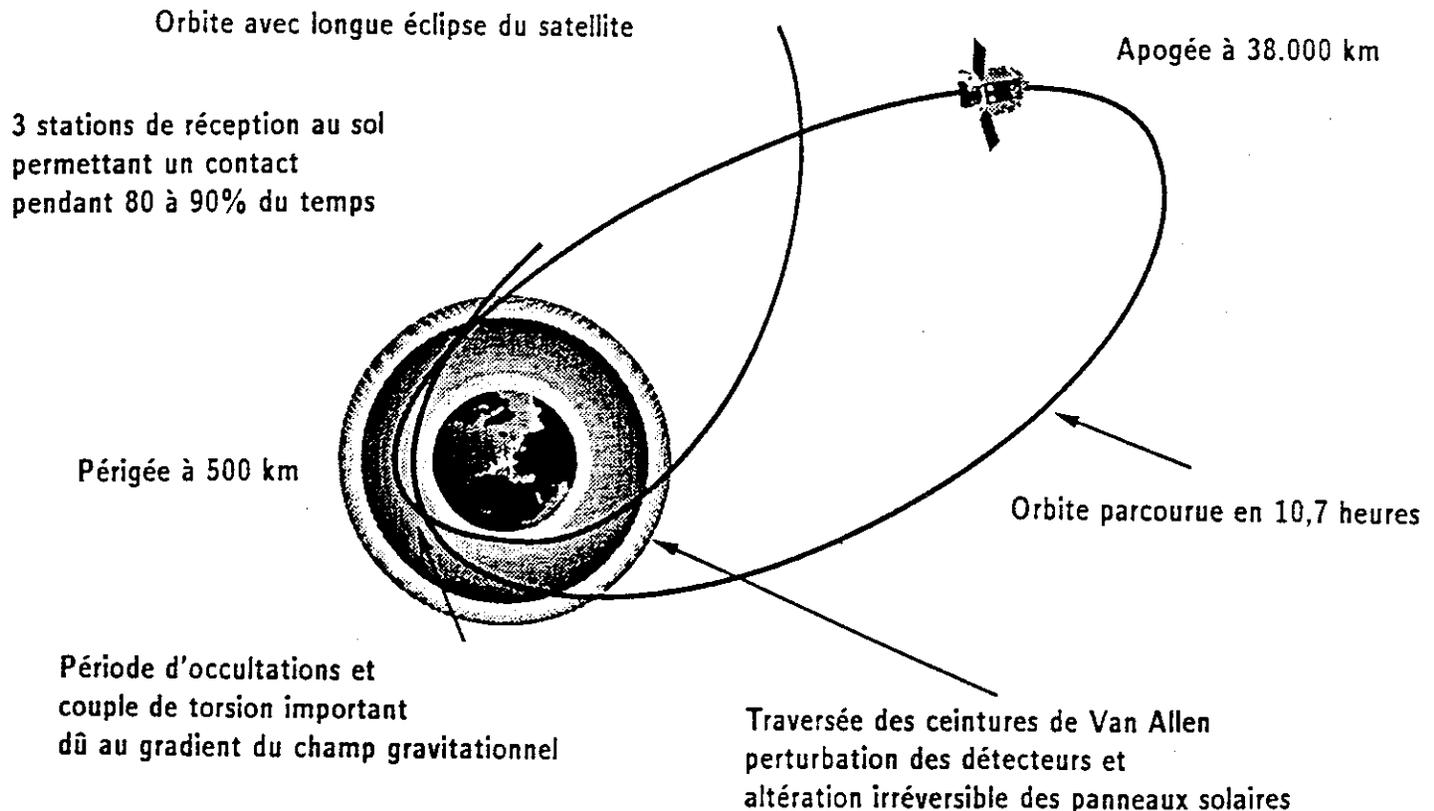


Accroissement de la précision de la détermination des position [Position], de la parallaxe [Parallax] et des mouvements propres [Proper Motion] au fur et à mesure de l'accumulation des observations faites par Hipparcos.

En ordonnée figure la valeur de l'erreur moyenne sur ces paramètres exprimée en milli-seconde d'arc ( $10^{-3}$ ). En abscisse figure la date éventuelle de la fin de la mission.

## HIPPARCOS : L'ORBITE REVISEE

*Schéma montrant l'orbite actuelle et les problèmes associés.*



## L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE DANS LE SECOND CYCLE EN ITALIE

R.Gallino 1,2, L.Nuvoli 2, E.Dilaghi Pestellini 2

1 Institut de Physique Générale de l'Université de Turin.

2 Groupe National de Didactique de la Physique du Conseil National de la Recherche (CNR) - Unité de Turin.

### 1: L'ASTRONOMIE PARTAGEE ENTRE LES SCIENCES NATURELLES ET LA PHYSIQUE

Dans le cycle secondaire actuel (\*), l'enseignement de l'Astronomie n'est pas réservé à une discipline unique mais inclus dans le contexte plus vaste des Sciences Naturelles et pour une moindre part dans le programme de Physique. Les thèmes astronomiques sont abordés dans des contextes scolaires très divers: pendant les années terminales du cycle des Lycées Classiques et Scientifiques, des Ecoles de Langues et des Ecoles Normales (ils peuvent alors faire l'objet d'épreuves au Baccalauréat), ou dans les deux premières années des Instituts Techniques et Professionnels ou des Lycées Artistiques.

Les programmes pédagogiques actuellement en vigueur sont anciens (à titre d'exemple, celui des Lycées Classiques remonte à 1944) et ils sont très "synthétiques": il en découle une certaine liberté de choix dans l'importance à accorder au cours et dans le traitement des contenus. La meilleure réponse à cette situation consiste à accroître la responsabilisation et à inciter sans relâche à la remise à niveau, ce qui ne se réalise pas toujours pleinement.

A l'heure actuelle, le Second Cycle est dans une phase de transition: on ressent un peu partout la nécessité et l'urgence d'une réforme qui adaptera les structures pédagogiques aux exigences de la société en donnant aux élèves des instruments de connaissance adéquats, pour leur propre formation culturelle aussi bien que pour une insertion réussie dans le monde du travail.

Pour répondre à ces objectifs, il est important d'accorder une extrême attention aux disciplines scientifiques, étant donné leur valeur formative reconnue. Parmi elles, l'Astronomie joue un rôle particulier en raison de son caractère pluridisciplinaire en étroite liaison avec les Sciences Naturelles, la Physique, les Mathématiques, la Chimie, l'Histoire et la Philosophie.

Au cours des dernières années, peu d'autres rameaux du savoir ont connu un processus de développement aussi rapide: on a acquis de nouvelles connaissances fondamentales sur les phénomènes liés à la Terre, au système solaire et à l'espace lointain (galaxies, évolution de l'Univers).

---

(\*): Dans le système éducatif italien, la scolarité obligatoire ("scuola dell'obbligo") se termine à la 8<sup>e</sup> année d'études, soit vers 14 ans. Les trois dernières années ("scuola media") correspondent au début de l'Enseignement Secondaire et sont sanctionnées par un examen (un peu comme notre Brevet des Collèges). Les élèves peuvent alors entrer au Lycée; il existe des Lycées Classiques, Scientifiques et Techniques. Il existe aussi des Ecoles de Langues ("Licei Linguistici"), assez peu nombreuses et des établissements voués à l'enseignement artistique (un peu comme nos sections AZ). A l'issue de leur 13<sup>e</sup> année, les élèves subissent un examen de fin de scolarité de Lycée ("esame di maturità") qui joue un rôle analogue à notre Baccalauréat [NdT].

Cela a été rendu possible à la fois par les progrès de la théorie et par le développement des techniques d'observation. En particulier, la recherche et la technologie propres à la Physique ont joué un rôle prépondérant dans la recherche astronomique.

## 2: L'ASTRONOMIE DANS LE PROGRAMME DE SCIENCES NATURELLES

Dans les manuels de Sciences Naturelles les chapitres consacrés à l'Astronomie Élémentaire ("geografia astronomica") sont de fait très ambitieux, avec d'abondantes références à l'Astrophysique et à la Cosmologie. On a récemment effectué une étude sur les contenus et la méthodologie d'une vingtaine de manuels de Sciences Naturelles parmi les plus fréquemment adoptés dans les Lycées (1,2).

Bien qu'il y ait eu, au cours de ces dernières années, un réel effort de la part des éditeurs pour rénover les chapitres traitant d'Astronomie Élémentaire, la situation n'apparaît pas dans l'ensemble satisfaisante. Trois seulement des manuels examinés ont reçu une évaluation positive, alors qu'un tiers révèlent d'évidentes carences dans le contenu, accordent une attention insuffisante aux problèmes de méthodologie, ne font aucun lien (ou très rarement) avec les Mathématiques et la Physique, et usent d'une terminologie imprécise et simpliste.

Cette enquête a mis en évidence les principales difficultés qui attendent un enseignement de l'Astronomie intégré dans le cours de Sciences Naturelles et que l'on pourrait résumer ainsi: hétérogénéité et dispersion du matériel pédagogique (la Chimie, la Géologie, l'Anthropologie, la Biologie, la Géographie Générale, l'Astronomie) rassemblé en un cours unique avec un horaire insuffisant; nécessité d'une liaison plus étroite entre Astronomie, Physique et Mathématiques; carence fondamentale dans la formation en Mathématique et en Physique d'enseignants qui ont suivi des cursus universitaires des plus variés, dont l'Astronomie était souvent absente.

L'Astronomie constitue cependant un volet important du cours de Sciences Naturelles, dans lequel l'étude de la position de la Terre dans l'Univers vient couronner l'étude du "monde dans lequel nous vivons". Pour cette raison, on ne peut retirer l'Astronomie Élémentaire de cet enseignement. Nous exposons ci-dessous une proposition de contenu astronomique pour un programme de Sciences Naturelles qui, à notre avis, devrait être traité au cours des deux premières années du cycle des Lycées, reprenant en partie des thèmes qui auraient pu être traités dans le Premier Cycle. Dans tous les cas, il faut prêter une grande attention aux prérequis en Physique et en Mathématiques.

Il est clair que la nécessité d'insérer le programme proposé dans les deux premières années du Lycée vient de ce que cette période est moins contraignante que les deux années terminales.

## ASTRONOMIE ELEMENTAIRE

- SAVOIR : Mouvement apparent du Soleil  
Description de la Sphère céleste et de ses mouvements; le système solaire  
Lois de Kepler  
Orientation  
Mesure du temps astronomique; le calendrier luni-solaire  
Forme et dimensions de la Terre
- SAVOIR FAIRE : Mise en évidence du midi local et de la longueur du jour  
Utilisation d'une carte céleste  
Reconnaître les constellations du Zodiaque  
Déterminer les points cardinaux  
Reconnaître les principales constellations de la saison

Malheureusement, la tendance actuelle qui se manifeste dans les projets de programme ne paraît pas devoir laisser de place à l'enseignement de l'Astronomie dans les deux premières années du cycle des Lycées. La raison en est un allongement prévisible de la scolarité obligatoire et le fait que les autres disciplines (Chimie, Sciences de la Vie, Sciences de la Terre) souhaitent se réserver le plus grand espace horaire possible.

Dans de telles circonstances, très regrettables, l'enseignement de l'Astronomie Élémentaire, devrait être reporté au moins au début des trois dernières années du cycle des Lycées. C'est seulement en dernière hypothèse qu'on pourrait envisager son insertion dans le programme de Physique avec renforcement de l'horaire.

### 3: L'ASTRONOMIE DANS LE PROGRAMME DE PHYSIQUE

Comme il a été dit plus haut, l'Astronomie est aussi présente dans le programme de Physique de l'Enseignement Secondaire et on peut noter dans les manuels une tendance à lui donner une place de plus en plus importante. Une analyse du contenu astronomique des manuels de Physique actuellement en préparation montre que, sauf pour la gravitation universelle qui occupe une place plus ou moins importante chez les divers auteurs, les notions d'astrophysique sont traitées de façon assez peu homogène. Parfois, elles sont omises ou présentées par des textes qui s'insèrent mal dans le cours. On note une situation analogue à propos de l'évolution des systèmes du Monde et de leurs rapports étroits avec le cadre général de la Physique.

Nous voudrions insister sur quelques points qui montrent l'importance des thèmes astronomiques dans le cadre d'un cours de Physique:

1 - l'universalité des lois physiques peut être mieux comprise si, en partant de l'échelle humaine, on va d'un côté vers l'infiniment petit et de l'autre vers l'infiniment grand.

2 - le développement historique des concepts fondamentaux de la Physique est directement lié à l'évolution des concepts astronomiques.

3 - On étudie la fenêtre optique par des techniques élaborées qui sont du domaine de la Physique (intensificateur d'image, traitement informatique des images, spectroscopie à haute résolution)

4 - Les Astronomies nouvelles qui se développent dans les bandes autres qu'optique ont été rendues possibles par l'évolution de techniques d'observation qui se fondent de plus en plus sur la Physique. L'analyse des rayonnements IR, UV, X,  $\gamma$  provenant des objets cosmiques a ouvert de nouveaux champs d'investigation très vastes: la Radio-astronomie, qui utilise des techniques interférométriques à haute résolution, donne une information fondamentale sur la physique des plasmas; les Astronomies X et  $\gamma$  ont mis en évidence l'existence de phénomènes fortement énergétiques; l'Astronomie des rayons cosmiques est inséparable de la Physique des particules élémentaires.

5 - le ciel est un laboratoire de physique mis gratuitement à notre disposition. L'étude de ses mouvements nous permet d'aborder des problèmes fondamentaux de cinématique et de dynamique; l'examen du flux lumineux émanant du Soleil permet d'étudier directement les phénomènes de l'optique géométrique et de l'optique physique, de faire un bilan énergétique de la source et de son évolution dans le temps, de réfléchir aux lois fondamentales de la Physique nucléaire à l'origine de la fusion thermonucléaire, phénomène qui se produit de façon naturelle au centre du Soleil. L'analyse spectroscopique de la lumière solaire permet d'approfondir les lois thermodynamiques dans un milieu de particules matérielles baignées dans un rayonnement, en d'autres termes, la thermodynamique du corps noir. En particulier, par l'étude des raies d'absorption du spectre solaire, on peut introduire les propriétés atomiques de la matière, analyser la distribution des éléments chimiques dans le système solaire et plus généralement dans le Cosmos. Les réactions de fusion thermonucléaires mènent aussi à l'étude des transmutations des éléments chimiques, de leur origine et de leur évolution.

6 - le cosmos constitue un laboratoire unique dans lequel on peut étudier des conditions extrêmes non réalisables sur Terre (au moins dans l'état actuel des techniques): conditions d'ultra-vide (environ  $10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup> dans l'espace intergalactique) ou de densités très élevées (environ  $10^{-14}$  g/cm<sup>3</sup> dans une étoile à neutrons); des températures proches du zéro absolu ou avoisinant au contraire  $10^9$  K; des interactions entre matière et rayonnement aux hautes températures; des réactions de nucléosynthèse à l'intérieur des étoiles, des particules cosmiques dont l'énergie est de beaucoup supérieure à celle qu'on obtient dans nos accélérateurs, des phénomènes inhabituels de la Physique atomique ou nucléaire, la possibilité d'étudier des objets cosmiques situés à des distances énormes et de remonter le temps jusqu'à retrouver peut-être les quatre forces fondamentales unifiées.

7 - Par l'analyse astronomique, il est possible de mieux comprendre le concept d'évolution continue et de transformation de la matière: tous les objets cosmiques, et de même, l'Univers considéré dans son ensemble, évoluent. Chaque atome de carbone, d'oxygène, de fer, de silicium qui se trouve sur Terre a été créé à l'intérieur d'une étoile et projeté dans l'espace lorsqu'elle a traversé ses ultimes phases évolutives.

8 - L'Astronomie joue un rôle très important dans la Physique et dans la Technologie spatiale.

9 - Il est possible de rendre plus intéressante et plus attrayante l'étude de la Physique en introduisant des thèmes astronomiques.

Les contenus formatifs et informatifs ont été clairement définis en gardant en mémoire les prérequis nécessaires et les points de rencontre interdisciplinaires, soit de type scientifique, soit de type humaniste.

En ce qui concerne les objectifs finaux à atteindre au terme du cycle des Lycées, chaque programme de Physique devrait être accompagné d'un référentiel définissant les connaissances minimales et les capacités exigibles de chaque élève. Le Tableau C décrit la composante "Astronomie" du programme de Physique prévu pour les élèves de la filière Mathématiques-Sciences Naturelles. En examinant le problème de la réforme de l'enseignement de la Physique dans les Lycées, soit au travers de notre projet ou de projets analogues, on peut se rendre compte de la nécessité d'une adaptation culturelle et méthodologique de la part de l'enseignant, qui doit s'effectuer grâce à un effort permanent de remise à niveau.

En tenant compte des motivations que nous avons exposées, nous proposons un contenu astronomique pour les nouveaux programmes de Physique des trois années du cycle terminal des Lycées, discuté dans le cadre de la Commission Pédagogique de la Société Astronomique Italienne aussi bien que dans le Groupe de Travail de l'Association des Professeurs de Physique.

#### Thème: L'Universalité des Lois Physiques

Contenu: Structure dynamique du système solaire  
Caractéristiques observatives du Soleil: flux énergétique, spectre solaire, morphologie, activité superficielle.

Les rayons cosmiques. Structure interne du Soleil. Origine de l'énergie thermonucléaire. Aspects énergétiques et évolution.

Les étoiles: paramètres observables, classification spectrale.

Etude des ondes électromagnétiques en astrophysique. Diagramme H-R. Evolution stellaire. Origine des éléments chimiques.

Structure de la galaxie. Morphologie des galaxies et fondements observationnels de la Cosmologie. Modèles d'Univers.

Cette proposition, formulée dans le cadre d'un projet de programme plus complet, devrait être en partie adapté de manière à tenir compte des nouvelles tendances qui se font actuellement jour et insistant sur une distinction qui, nous tenons à le souligner une fois de plus, n'est pas encore suffisamment claire entre un seul cycle de deux ans (ou plus): préparatoire ou terminal et un cycle d'orientation de trois ans.

L'enseignement de l'Astronomie doit donc trouver un espace horaire tant dans le programme de Sciences Naturelles que dans celui de Physique. Dans les divers programmes expérimentaux de Physique du cycle de deux ans qui ont été jusque là en vigueur, l'Astronomie n'occupe pratiquement aucune place, sauf de façon marginale et indirecte. Pour cette raison, il est essentiel de veiller à son introduction dans le cycle de trois ans comme faisant partie intégrante des programmes de Physique.

En ce qui concerne la méthode d'approche de ces thèmes, il devrait y avoir un juste équilibre entre deux modes différents qu'on pourrait nommer "interne" et "externe". On fonctionne selon un mode interne quand on discute le scénario physique dans son ensemble, l'Astronomie étant alors une vue à l'échelle du macrocosme des lois physiques fondamentales (par exemple, la discussion des ordres de grandeur, l'analyse de la relativité des référentiels, de l'électromagnétisme, de la gravitation universelle). On fonctionne selon un mode externe par rapport à la Physique lorsqu'on examine les caractéristiques des principaux objets cosmiques: le Soleil et le système solaire, les étoiles, la Galaxie, les objets extragalactiques, l'Univers.

#### 4: PROPOSITIONS POUR UN NOUVEAU PROGRAMME DE PHYSIQUE

Une amélioration de la situation de l'Astronomie pourrait découler d'une réforme du Cycle des Lycées et de la réorganisation des programmes de Physique et de Sciences Naturelles qui en résulterait.

Dans un projet élaboré au cours de ces dernières années et discuté en divers endroits (3,4,5,6,7), l'enseignement de la Physique est étendu aux cinq années de Lycée avec une substantielle augmentation de l'horaire hebdomadaire (18 périodes, soit 15 h effectives pour l'orientation Mathématiques- Sciences Naturelles au lieu des 8 heures actuelles des Lycées Scientifiques). Dans ce cas, l'enseignement de l'Astronomie pourrait occuper environ 15% de l'horaire total.

On trouvera dans le Tableau A l'organigramme correspondant à cet enseignement qui se développerait sur les cinq années de Lycée. Le Tableau B est un exemple de quelques séquences à caractère purement astronomique.

Dans ce curriculum, qui est adapté au degré d'abstraction et de préparation scientifique exigible de l'élève, on a considéré les activités en laboratoire comme fondamentales. Dans les deux premières années de Lycée, la Physique est introduite sans avoir recours à des définitions trop rigoureuses et à des analyses de concepts trop poussées qui devraient être reprises par la suite.

Tout cela est conçu comme une préparation aux trois années suivantes et constitue un projet de programme formant un tout cohérent, mais cela peut aussi fonctionner de façon autonome si on considère que le principal objectif est de donner le contenu et la méthodologie de base du discours scientifique.

L'Astronomie, qui joue un rôle important dans ce projet est présente, soit de façon interne (élargissement du discours de la Physique au macrocosme), soit de façon externe (chapitres spécifiques sur les principaux objets astronomiques).

On insiste particulièrement sur l'importance de l'Histoire de l'Astronomie, non seulement pour suivre le développement des différents systèmes du Monde, de l'Antiquité à Copernic, mais aussi pour en étudier les différentes étapes qui constituent une longue série de "révolutions" d'une immense portée culturelle.

Un programme de Physique doit être particulièrement souple afin de permettre aux enseignants d'adapter leur pédagogie à chaque classe et d'opérer en toute connaissance de cause le choix méthodologique le plus opportun. Il s'ensuit que le curriculum ne doit pas être conçu de façon statique et rigide mais au contraire de façon dynamique et ouverte afin de pouvoir s'adapter à l'évolution rapide des connaissances et des exigences de la société.

REFERENCES:

- (1) Gallino R. - Indagine sui libri di testo di scienze naturali delle scuole secondarie superiori per la parte di geografia astronomica. *Giornale di Astronomia* 12, 15 (1986)
- (2) Abati Erculiani L. - Analisi della parte astronomica nei libri di testo degli istituti tecnici. *Giornale di Astronomia*, 12, 21 (1986)
- (3) Borello L., Gallino R., Nuvoli L. - L'insegnamento della fisica nella riforma della secondaria superiore, in Prodi G.(ed.), "Nuovi traguardi per l'educazione scientifica", *Atti Sem. di Arezzo, UCIIM, Roma 1985*, p.158-186
- (4) Borello L., Gallino R., Nuvoli L. - Sillabo di fisica revisionato, *Atti del XIII Congr. AIF, Gaeta, Comune di Gaeta 1986*, p.114-126
- (5) Gallino R. - Astronomy in teaching Physics in secondary high schools: A proposal for Italy, *Proceedings of the Girep Conf. 1986, Cosmos, ESA SP-253 (Nov.1986)*, p.235-243
- (6) Nuvoli L. - Aims and difficulties in teaching history of astronomy in physical courses: Ten years experience, *Proceedings of the Girep Conf. 1986, Cosmos, ESA SP-253 (Nov.1986)*, p.235-243
- (7) Nuvoli L. - Storia della fisica nei piani didattici, *Giornale di Fisica*, vol.XXX, n°3 (1989), p.175-187

"Observer le ciel...  
... pour mieux connaître la Terre"

---

Tel est le thème choisi par Daniel Bardin pour illustrer  
la nouvelle couverture des Cahiers Clairaut.

Aux lecteurs d'identifier tous les "personnages".  
Cherchez bien et racontez-nous qui vous avez reconnu.

TABLEAU A: ORGANIGRAMME DU PROGRAMME DE PHYSIQUE DES LYCEES (Série Mathématiques-Sciences Naturelles)

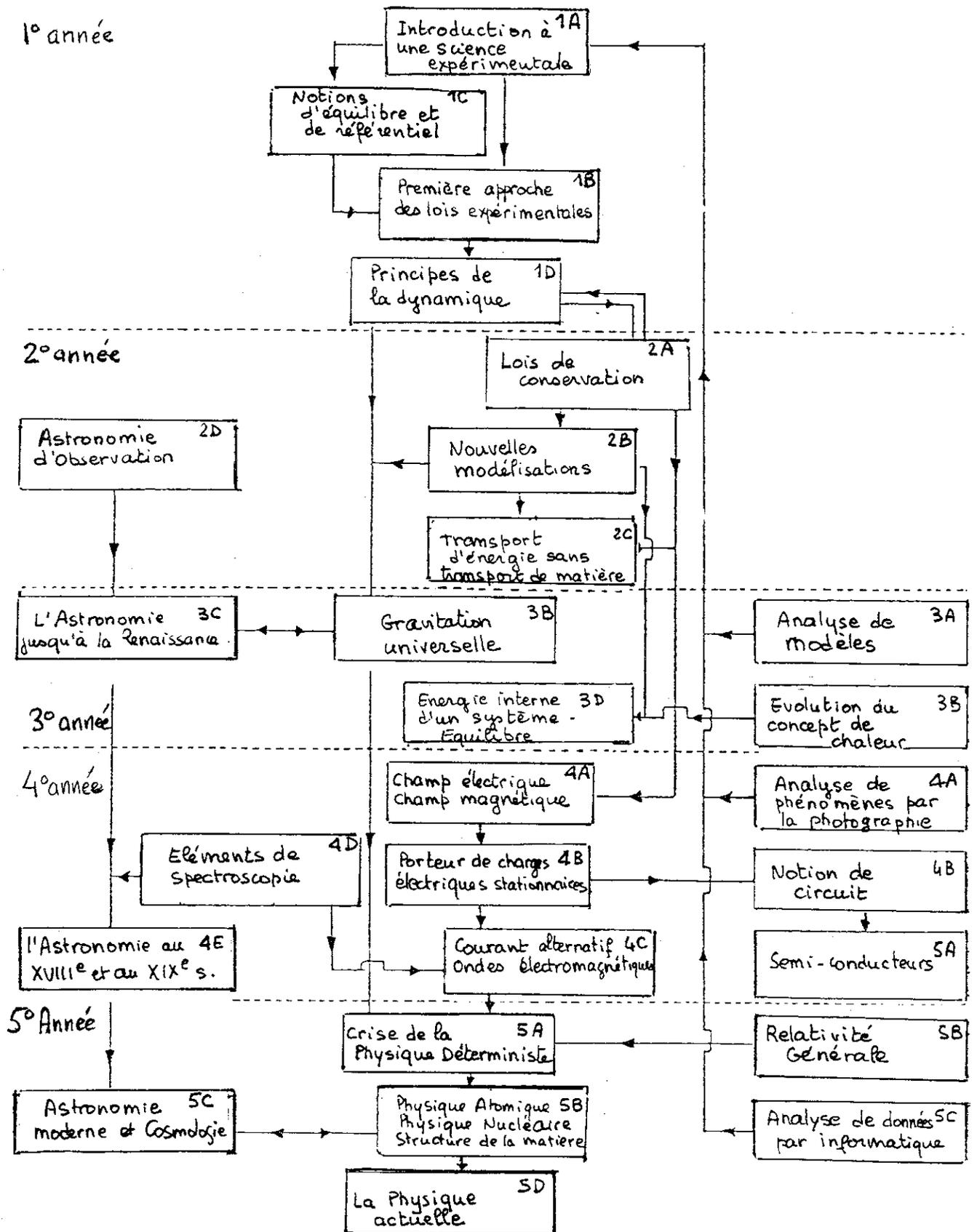


Tableau B - PROGRAMME DETAILLE DU MODULE "ASTRONOMIE"

SUJET A TRAITER

EXPERIENCES SUGGEREES

III-B LA GRAVITATION UNIVERSELLE

- |   |  |   |
|---|--|---|
| * De la chute libre à l'interaction à distance.       |  | * Observations systématiques et interprétation des mouvements des planètes. |
| * Déduduction par Newton de la loi de la gravitation. |  | * Calcul de trajectoires de véhicules spatiaux.                             |
| * Interprétation dynamique des lois de Kepler.        |  | * Utilisation d'un ordinateur pour simuler des orbites.                     |
|   |  | * Evaluation de la masse de la Terre et de celle du Soleil.                 |

III-C L'ASTRONOMIE A LA FIN DE LA RENAISSANCE

- |   |  |   |
|---|--|---|
| * Développement historique des modèles du système solaire.                                      |  | * Etude des méthodes anciennes de mesure des distances dans le système solaire. |
| * L'Antiquité grecque: Physique et Cosmologie aristotéliennes.                                  |  | * Mesure du diamètre angulaire du Soleil et de celui de la Lune.                |
| * Lois "a priori" et lois expérimentales.   |  | * Observations des taches solaires.   |
| * L'oeuvre de Copernic, de Tycho, de Kepler et de Galilée. Aspects philosophiques et religieux. |  | * Simulation sur ordinateur d'orbites planétaires.                              |

IV-D L'ASTRONOMIE DES XVIII° ET XIX° SIECLES

- |  |  |   |
|--|--|---|
| * Mesure par Cassini de la valeur de l'unité astronomique.                           |  | * Détermination de la parallaxe d'objets terrestres lointains.        |
| * Le modèle d'Univers de Herschel.   |  | * Observation de la Voie Lactée.                                      |
| * Découverte des nébuleuses spirales et théorie des Univers-Iles de Kant et Laplace. |  | * Analyse du spectre solaire.   |
| * Preuve expérimentale du mouvement de la Terre                                      |  | * Comparaison des spectres de labo avec ceux des raies de Fraunhofer. |
| * Le spectre solaire.  |  | * Le spectre continu du Soleil: origine.                              |
| * Caractéristiques physiques du Soleil.  |  | * Mesure des magnitudes stellaires et classification des étoiles.     |
| * Activité solaire.  |  |   |
| * Champ magnétique solaire.  |  |   |
| * Les cycles de l'activité solaire.  |  |   |
| * Luminosité du Soleil et hypothèses de Helmholtz sur le rayonnement.                |  |   |
| * Couleurs et spectres des étoiles.  |  |   |
| * Classification des étoiles selon des critères observationnels.                     |  |   |

V-C ASTRONOMIE CONTEMPORAINE

- |   |  |  |
|---|--|--|
| * Bilan énergétique du Soleil et étapes de son évolution. |  | * Photographie d'étoiles dans le visible et dans l'IR. |
| * Structure du Soleil.                                    |  | * Diagramme H-R.                                       |

Tableau B - PROGRAMME DETAILLE DE LA SEQUENCE "ASTRONOMIE" (suite)

* Sources de l'énergie thermo-nucléaire.		* Analyse des systèmes binaires et déduction de la masse du Soleil.
* Evolution stellaire;nucléosynthèse.		* Observation d'objets âgés
* Nébuleuses planétaires;supernovae.		* Masse et structure spirale de la Galaxie.
* Le milieu interstellaire.		
* Les nouvelles "fenêtres": X,UV,IR et radio.		* Etude morphologique des galaxies.
* Structure de la Galaxie.		* Le redshift et la loi de Hubble.
* Les "nébuleuses" extragalactiques		
* Cosmologie: loi de Hubble,rayonnement universel à 3K, origine des éléments chimiques.		
* Expansion de l'Univers		

Tableau C - PROGRAMME DE PHYSIQUE : MODULE "ASTRONOMIE"

SAVOIR	APTITUDE
* Description et mouvement apparent de la voûte céleste.	* Faire la relation entre le mouvement apparent du Soleil et la variation de la durée du jour selon la saison.
* Etude historique des différents systèmes du monde de l'Antiquité grecque à Copernic.	* Mettre en parallèle le développement historique des théories astronomiques et l'évolution philosophique, sociale et technique.
* Les lois de Kepler. La gravitation universelle. Interprétation par Newton des lois de Kepler	* Savoir réaliser des observations simples. Mesure du temps astronomique Simulation d'orbites planétaires sur ordinateur. Collecte & interprétation de données d'observation. Etude des trajectoires des fusées et vaisseaux spatiaux.
* Mesures anciennes des distances astronomiques: Terre-Lune, Terre-Soleil, diamètre de la Terre.	* Evaluer la précision des méthodes anciennes de mesure des distances.
* La physique des planètes.	* Interprétation géophysique simple d'images planétaires.
* Caractéristiques observationnelles et structure du Soleil.	* Faire la relation entre la constante solaire et la luminosité. Dédire des observations les principales caractéristiques physiques du Soleil.
* Magnitudes et distances stellaires. Principaux paramètres stellaires.	* Etude spectroscopique du Soleil et des étoiles et comparaison avec les spectres obtenus en laboratoire.
* Structure et évolution stellaire. Equilibre énergétique des étoiles.	* Evaluation des échelles de temps solaire et stellaire. Interprétation du diagramme H-R.
* Structure de la Galaxie; position du Soleil dans la Galaxie.	* Application des lois de la gravitation à un modèle simplifié de galaxie
* Morphologie des galaxies.	* Comparer et classer les galaxies selon des critères morphologiques.
* Fondements expérimentaux de la Cosmologie; modèle d'évolution de de l'Univers.	* Evaluer le redshift de galaxies lointaines et déduire la constante de Hubble.

## JOUONS UN PEU

*Le jeu consiste à mettre en regard un auteur (numéroté de 1 à 18) et l'une des citations suivantes (notées de A à R)*

---

**A** *Autour de nous les étoiles continuaient leur marche silencieuse, dociles comme un grand troupeau .*

**B** *Très désireux d'être celui qui identifierait l'étoile Polaire de l'autre hémisphère, je perdis de nombreuses nuits de sommeil à contempler le mouvement des étoiles autour du Pôle Sud, afin de savoir laquelle se déplaçait le moins et était la plus proche du Pôle .*

**C** *Et quand, le soir, Papa rentre du travail, je lui dis : "Tu es un ours"... Il veut s'en aller {...} Je lui dis : "Tu es un ours !". Et il est un ours. Il souffle et crache comme un chat, et veut me mordre. "Arrête, arrête!" lui dis-je. "Je suis ton fils le petit Philippe!"*

**D** *Un jour, une nouvelle terrible se répandit dans le royaume. Un monstre disait-on, un dragon à trente deux têtes et cinquante pattes venait d'entrer dans le pays. [...]  
Pétrifiés, les ministres n'osaient plus faire un geste. Il y eut à ce moment là un silence de mort, un silence royal, un silence monstrueux. Le dragon s'avança en ricanant d'une voix fluette, il renifla les gens.  
- Eh bien, dit-il, je vois qu'on n'est pas bavard. Personne n'a rien à dire ?*

**E** *La BEAUTE DU MONDE, c'est toutes les émotions qui ne laissent pas de regret.*

**F** *Je me souviens des jeux de mon enfance, du parc sombre et doré que nous avions peuplé de dieux, du royaume sans limite que nous tirions de ce kilomètre carré jamais entièrement connu, jamais entièrement fouillé. Nous formions une civilisation close, où les pas avaient un goût, où les choses avaient un sens qui n'étaient permis dans aucune autre. [...].*

**G** *Entre le laurier-rose et le lotus jaseur  
Glisse amoureuxment le grand Cygne rêveur  
Embrassant la Léda des blancheurs de son aile*

**H** *Il oublie que l'univers entier est à l'état changeant et que, par suite, les définitions sont arbitraires et éphémères ; qu'elles fixent, pour un espace de temps fugitif, des choses qui n'existaient pas dans le passé et ne seront pas dans l'avenir.*

**I** *Et cependant il est des nébuleuses qui sont tellement éloignées de nous que la lumière de ces mystérieuses régions, quoique marchant avec une telle vélocité, ne peut pas arriver jusqu'ici en moins de trois millions d'années .*

**J** *Il est intéressant de noter que, selon les astronomes modernes, l'espace est limité. Voilà une pensée très réconfortante, particulièrement pour les gens qui ne se rappellent jamais où ils ont mis les choses.*

**K** *Tous les mots que j'avais à dire se sont changés en étoiles .*

**L** *O chemins qui brillent sous un ciel fou de liberté*

**M** *Ma nuit n'est pas noire, elle est bleue !  
Et c'est un bleu qu'on respire .*

**N** *Amante ou soeur, soyez la douceur éphémère  
D'un glorieux automne ou d'un soleil couchant*

**O** *Notez qu'aux jours caniculaires, lesquels commencent le X de juillet et finissent le XX août, on ne doit seigner ni prendre de médecine laxative. Toutesfoys il y a des jours notez, affin que en nécessité soyent esleuz les moins nuysables .*

**P** *La nuit se retire, emportant ses parfums [...] Une verte odeur de gazon tondu demeure et [...] le ciel prend la couleur d'un champ de lin bleu. [...] Tous trois, nous attendons la naissance du jour. Il fera chaud. Ce sera une longue journée, pareille à celle d'hier, qu'interrompt à peine la brève nuit [...] C'est l'heure douce aux fiévreux, dont la tempe fraîchit à mesure que les gazons se mouillent...*

**Q** *N'est ce pas triste que nos yeux se ferment?  
On voudrait avoir les yeux toujours ouverts,  
pour avoir vu, avant le terme, tout ce qu'on perd .*

**R** *On est sous une énorme cloche à fromage étoilée, et nous, on est un tout petit fromage qui moisit lentement, tranquillement, au centre de la cloche...*

1- Woody Allen

4- Henriette Bichonnier

7- Colette

10- Janosch

13- François Rabelais

16- Antoine de Saint-Exupéry

2- Guillaume Apollinaire

5- Daniel Boorstin

8- Guillaume Couderc

11- Jack London

14- Rainer Maria Rilke

17- Yves Simon

3- Charles Baudelaire

6- Georges Brassens

9- Alphonse Daudet

12- Edgar Poe

15- Arthur Rimbaud

18- Michel Tournier

---

*La réponse se trouve dans la série de diapositives D4 ...*

## LA VITESSE DE LA LUMIERE ET ROËMER

### DÈS L'ANTIQUITÉ...

La question d'une vitesse possible de propagation de la lumière s'est posée très tôt, d'ailleurs liée à la question de sa nature. Les Anciens pensaient que, pour que l'on puisse voir un objet, il fallait qu'un rayon parte de l'oeil pour l'atteindre (théorie des rayons visuels), et un consensus à peu près unanime existait pour dire que c'était instantané.

Les arguments invoqués venaient soit de l'observation (quand on ouvre les yeux la nuit, on aperçoit aussitôt les lointaines étoiles : les rayons visuels les atteignent donc instantanément), soit d'un raisonnement analogique (levier transmettant une force), soit d'une justification métaphysique (la nature aime ce qui est utile aux êtres vivants, donc qu'ils puissent voir instantanément).

Pour ceux qui pensaient que la lumière était "matérielle" (atomistes), le déplacement se faisait instantanément dans le temps mais successivement dans l'espace, tandis que pour les autres (aristotéliens) c'était une modification instantanée qualitative du milieu.

Vers l'an mil, Ibn Al Haïtham réfute la théorie des rayons visuels (l'oeil est un appareil optique où la lumière pénètre en se réfractant) et élabore une théorie de la réflexion et de la réfraction qui nécessite une vitesse finie de la lumière.

Les débats vont se poursuivre en Occident tout au long du Moyen Age; surtout après le 12e siècle (où Aristote et Ibn Al Haïtham auront été traduits en latin), les arguments seront approfondis (Bacon, Witelo par exemple).

Aux 16e et 17e siècles, les recherches et travaux en Optique avancent considérablement et Descartes, dont les théories nécessitent une propagation instantanée, utilise l'argument suivant : au moment des éclipses de Lune, on observe un alignement Soleil-Terre-Lune, ce qui ne serait pas le cas si la vitesse de la lumière était finie :

On ne verrait donc pas l'alignement S-T-L, mais on noterait un angle  $\theta$  (Descartes trouve  $\theta = 33^\circ$  pour  $t = 1$  h !).

Huygens reprendra ce raisonnement plus correctement : utilisant le fait qu'on ne peut avoir dans la mesure des angles une précision supérieure à 6', il calcule que pour  $\theta \leq 6'$ ,  $t \leq 10$ s. Il en conclut donc que la vitesse de la lumière est au moins 100 000 fois plus grande que celle du son.

Mais c'est l'étude d'un autre problème qui fournira des arguments plus convaincants aux tenants de la finitude de la vitesse de la lumière.

### LA DÉTERMINATION DES LONGITUDES

A partir de 1600, le développement des voyages, maritimes en particulier, nécessite la connaissance de la position du voyageur sur le globe, et divers états vont offrir d'importantes récompenses à qui proposera un procédé de détermination de la longitude d'un lieu.

Dès 1612, Galilée a l'idée d'utiliser les révolutions des satellites de Jupiter : en comparant l'heure d'observation d'une éclipse par exemple à celle indiquée par une table élaborée au lieu d'origine du voyageur, on peut déterminer la différence de longitude entre les deux lieux. Mais faute d'un procédé pratique d'observation en mer, Galilée n'aura pas la récompense promise. En revanche, Cassini va utiliser cette idée pour déterminer la longitude sur terre de divers lieux (Marseille, Acadie, Uraniborg, Cayenne...) en envoyant sur place une équipe observer l'heure d'éclipses et en comparant avec celle notée à Paris. L'Observatoire étudiera très régulièrement les phénomènes des satellites de Jupiter dès sa création, décidée en 1666 !

(Le problème des longitudes en mer trouvera sa solution avec les progrès de l'horlogerie qui permettront aux navires d'emporter des "garde-temps" fidèles du lieu d'origine).

## L'OBSERVATOIRE DE PARIS

Une des premières tâches sera la mesure de l'arc de méridien Surdon-Malvoisine par Picard en 1670, ce qui lui donnera une bonne valeur du rayon de la Terre :  $R \simeq 6372 \text{ km}$ . En 1672-1673, eut lieu une expédition à Cayenne pour observer l'opposition Terre-Mars simultanément de l'Observatoire et de Cayenne par Riché. La connaissance de la latitude et de la longitude de Paris et Cayenne permit de déterminer la distance géométrique Paris-Cayenne; la différence d'angle de visée de Mars entre Paris et Cayenne au moment de l'opposition donna la distance minimum Terre-Mars; laquelle permit de calculer à l'aide de la 3ème Loi de Kepler la distance Terre-Soleil :

$$a_T \simeq 147 \times 10^6 \text{ km}$$

Mais en 1671, Picard était parti à Copenhague pour déterminer la différence de longitude entre Uraniborg (observatoire de Tycho-Brahé) et Paris, afin de pouvoir utiliser les observations de celui-ci. On lui adjoignit un jeune Danois, Olaiis Roëmer.

## ROËMER (1644-1710)

Roëmer était alors en train de travailler à la révision et à la copie des manuscrits de Tycho-Brahé. Ce jeune mathématicien sera amené à Paris par Picard pour y participer aux travaux de l'Observatoire. Il observera les satellites de Jupiter, fabriquera des machines démontrant les mouvements des corps célestes et participera aussi à l'aménagement des fontaines de Versailles, avant de repartir en 1680 à Copenhague pour s'occuper d'astronomie et d'hydraulique (canaux de Copenhague). Il tentera toute sa vie de déterminer des parallaxes d'étoiles afin de prouver l'hypothèse de Copernic. Ses travaux resteront longtemps méconnus en raison de sa difficulté à s'exprimer par écrit et à rendre compte de ses recherches. Il restera célèbre pour son évaluation de la vitesse de la lumière à partir de l'observation des satellites de Jupiter.

## JUPITER ET SES SATELLITES MÉDICÉENS

Les quatre satellites de Jupiter visibles de la terre évoluent dans son plan équatorial, peu incliné par rapport à son orbite, elle-même peu inclinée par rapport à l'écliptique. Nous voyons donc ceux-ci toujours alignés, avec des périodes sidérales allant de 1,8 jour (Io : I) à 16,7 jours (Callisto : IV) et pouvant présenter quatre types de phénomènes (éclipses, occultations, ombres, passages) indiqués dans les éphémérides par :

<u>éclipse</u> :	E.c. (commencement)	<u>ombre</u> :	O.c.
	E.f. (fin)		O.f.
<u>passage</u> :	P.c.	<u>occultation</u> :	Im (immersion).
	P.f.		Em (émersion)

Eclipses et ombres dépendent des positions du Soleil, de Jupiter, du satellite.

Occultations et passages dépendent des positions de la Terre, de Jupiter, du satellite.

Le schéma, relatif à Io (I), montre que, pour ce satellite, on voit le début de l'éclipse (et pas la fin) avant l'opposition, alors qu'après, on voit la fin de l'éclipse (et pas le début)... (voir Figure 2)

## COMMUNICATION DE ROËMER A L'ACADÉMIE DES SCIENCES (7 Décembre 1676)

La démonstration de Roëmer est la suivante : si la lumière a une vitesse finie, la durée (observée de la Terre) entre deux éclipses de Io ne doit pas être la même suivant que l'observation est faite avant l'opposition ou après celle-ci. Dans le premier cas, pendant le temps compris entre deux éclipses successives de Io, la Terre s'est rapprochée de Jupiter; la durée observée sera donc plus courte que la durée réelle (la lumière a moins de distance à parcourir au moment de la 2ème éclipse). Dans le deuxième cas, la Terre se sera éloignée et on observera donc une durée supérieure à la durée réelle. (Les différences sont d'autant plus nettes que l'on est proche d'une quadrature Soleil-Terre-Jupiter). Or, si ce phénomène n'est pas aisément détectable sur une seule durée inter-éclipses, c'est très net si l'on cumule 40 durées inter-éclipses avant l'opposition, puis 40 après et si l'on compare.

Cela a permis à Roëmer d'annoncer 10 minutes de retard sur les prévisions pour une éclipse de Novembre 1676, et de calculer une vitesse de la lumière de 220 000 km/s environ en utilisant les valeurs de R et de  $a_T$  mentionnées ci-dessus (Roëmer avait surestimé le temps de retard maximum).

Ce résultat va être rapidement accepté, et quasi unanimement. Seul, Cassini objecte que l'on ne peut constater les mêmes résultats sur les trois autres satellites. (En fait, ceux-ci ont des périodes beaucoup plus longues et beaucoup moins régulières car beaucoup plus perturbées).

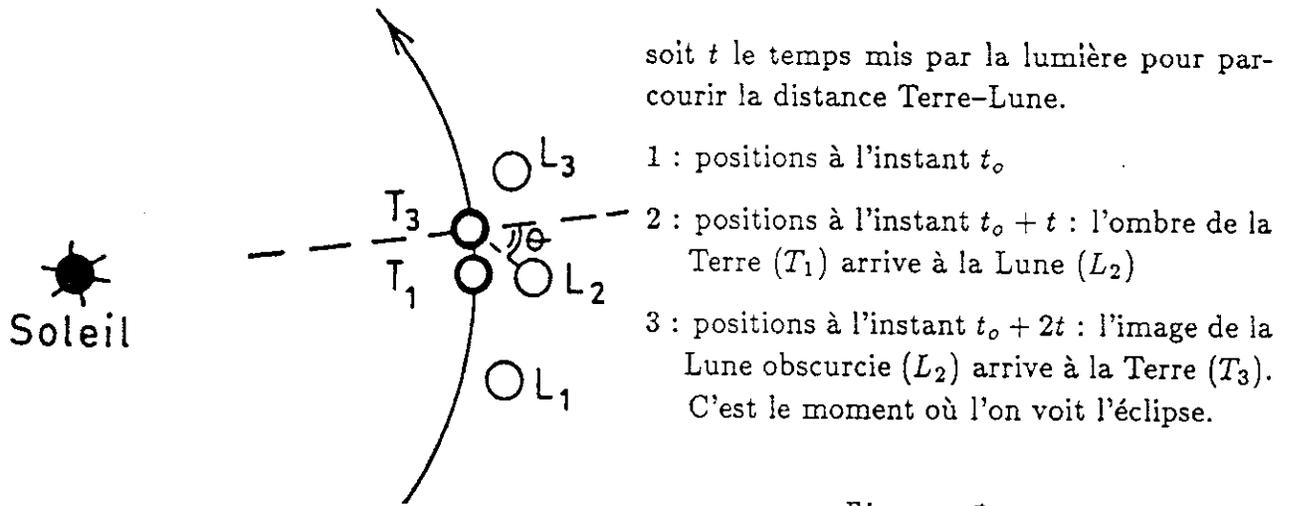


Figure 1

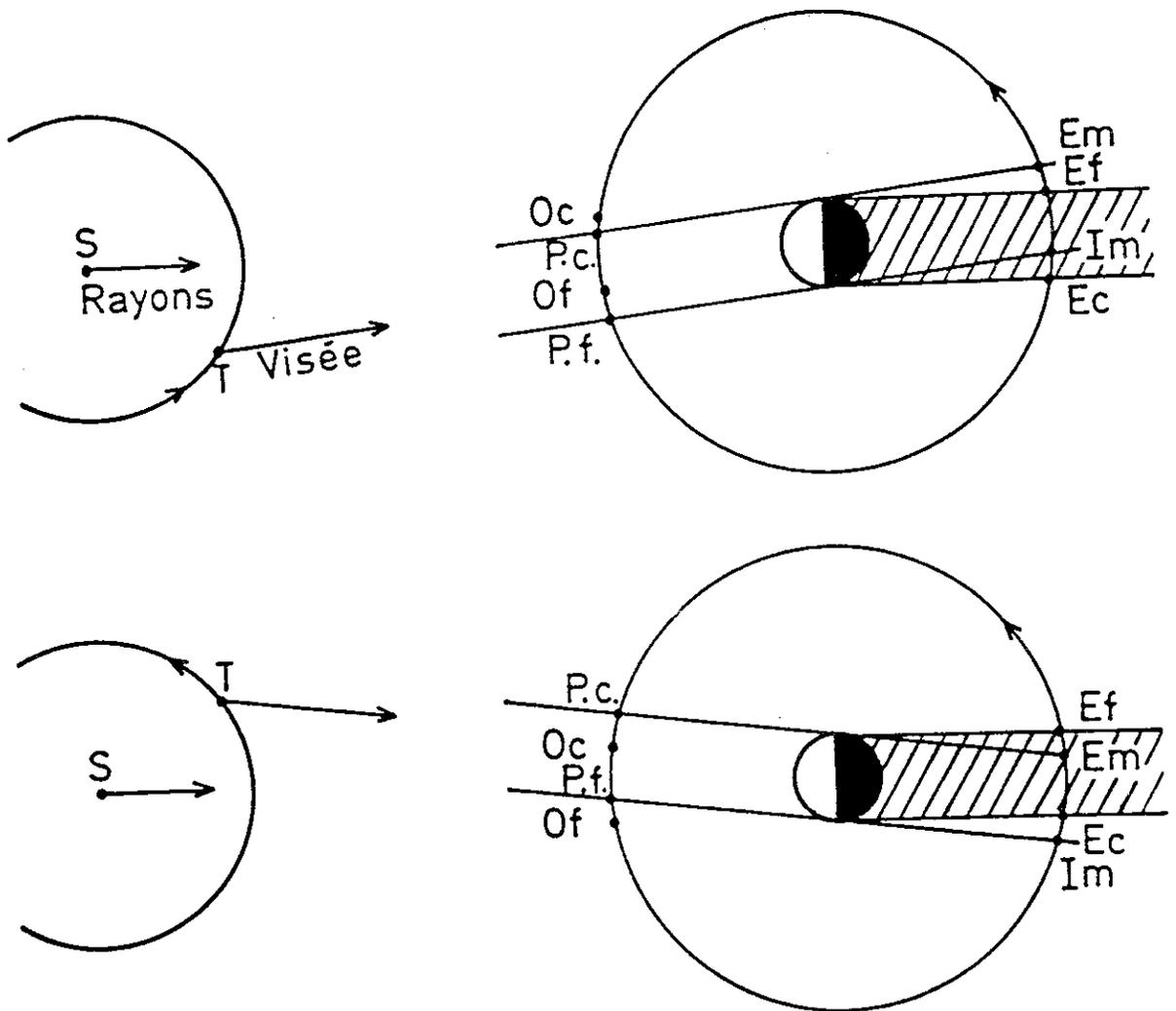


Figure 2

## APRÈS ROËMER

L'affirmation de Roëmer sur la finitude de la vitesse de la lumière recevra une première confirmation par Bradley lorsqu'il découvrira en 1726 l'aberration de la lumière et une évaluation bien plus précise lorsque l'interféromètre utilisé par Michelson en 1881 donnera une première mesure de  $c$ .

## REGARD SUR LES EPHEMERIDES 1990

40 + 40 durées inter-éclipses prises "systématiquement" de part et d'autre de la conjonction du 15 juillet 1990 :

Du 25 janv. 1990, 11 h 11 (I E.f.), au 6 avril 1990, 6 h 24 (I E.f.) : 70 j 19 h 13 min

Du 23 oct. 1990, 3 h 52 (I E.c.), au 1er janv. 1991, 22 h 40 (I E.c.) : 70 j 18 h 57 min

On a une différence de 16 min.

Le maximum que l'on puisse avoir avec les seules éphémérides 1990 est de 80 + 80 inter-éclipses prises "systématiquement" de part et d'autre de la conjonction précédente. On a alors 141 j 14 h 21 min avant, 141 j 13 h 52 min après; ce qui permet d'avoir une idée assez précise de la période de révolution de Io : 42 h 28 min.

Pour avoir une évaluation de  $c$ , il faut prendre le nombre maximum d'inter-éclipses disponibles entre l'opposition du 27 décembre 1989 et la conjonction du 15 juillet 1990, soit 94, pour une durée de 166 j 9 h 3 min. Or 94 durées inter-éclipses "moyennes" donneraient 166 j 8 h 47 min. La lumière aurait donc mis 16 min à parcourir le diamètre de l'orbite terrestre (approximativement), soit une vitesse de

310 000 km/s.

Josée Sert

---

### METTEZ VOTRE PLANETAIRE A L'HEURE

(Rubrique oubliée dans le numéro précédent ...)

Au premier janvier 1992, les longitudes écliptiques héliocentriques des planètes étaient :

Mercure : 195° ; Vénus : 180° ; la Terre : 100° ; Mars : 25° ;

Jupiter : 155° ; Saturne : 308°

1 9 9 2

Depuis toujours nous savions que cette année serait plus longue, une année bissextile comme les autres avec seulement cette particularité que c'est la centième bissextile depuis l'instauration du calendrier grégorien. Et la centième, dans les théâtres, ça se fête. Dans nos Cahiers, nous fêterons en commémorant, c'est-à-dire en rappelant quelques dates, des centenaires évidemment.

1492 - Le géographe Martin Behaïme exécute à Nuremberg un magnifique globe terrestre qui résume l'état des connaissances géographiques de l'époque, juste avant que Christophe Colomb, en découvrant l'archipel Caraïbe ne rende son travail obsolète. Cette même année un alpiniste escalade le Mont Aiguille.

1592 - Le 22 janvier, naissance de Pierre Gassendi dans le petit village de Champtercier, près de Digne, où se tint, en 1978, la deuxième école d'été du CLEA.

1692 - Naissance de James Bradley qui devait, en 1728, apporter la première preuve physique de la translation de la Terre autour du Soleil en découvrant et expliquant l'aberration de la lumière. Découverte complétée en 1736 par celle du mouvement de nutation.

1792 - Le 22 septembre fut le premier jour théorique du calendrier républicain ; premier jour théorique car le nouveau calendrier ne fut effectivement mis en pratique que le 6 octobre 1793 ou 15 vendémiaire AN II. Sans doute un des rares calendriers adoptés avec effet rétroactif.

1892 - Cette année voit la disparition de deux astronomes aux destins curieusement mêlés. En 1845, George Airy (né en 1801) avait reçu dans son bureau de Greenwich, de la part de John Couch Adams (né en 1819) les éléments de l'orbite d'une planète transuraniennne ; mais il abandonné le document au fond d'un tiroir, jugeant sans doute de peu d'importance le travail de ce jeune homme (Adams avait alors 26 ans). Airy laissait ainsi à Le Verrier le mérite de la découverte de Neptune en 1846.

Cette même année 1892, Henri Poincaré commençait à publier "Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste". Personne alors, dans le monde scientifique, ne pensait au chaos, mais Poincaré attirait l'attention sur la sensibilité des équations du mouvement aux données initiales.

K.Mizar

P-S. 1992 est aussi la quinzième année des Cahiers Clairaut. Le centième numéro des Cahiers devrait donc paraître pour l'hiver 2002-2003. Pensons-y, il faudra sûrement prévoir un numéro spécial.

N-B. Sur Gassendi, les éditions Albin Michel ont édité en 1955 les conférences des journées gassendistes d'avril 1953 qui avaient été organisées par le Centre International de Synthèse. Textes de Bernard Rochot, Alexandre Koyré, Georges Mongrédien et Antoine Adam.

Du 18 au 22 mai 1992 se teindra un colloque international, "Pourquoi Gassendi ?", à Digne les Bains. Il réunira des conférenciers américains, anglais, français, hollandais et italiens qui traiteront de thèmes philosophiques et scientifiques ; exemples : L'édition et la traduction des textes épicuriens par Gassendi ; Gassendi et l'affaire Galilée ; Gassendi et la révolution métaphysique de la science moderne, l'espace et le temps etc. - Renseignements : s'adresser au Centre culturel, avenue du 8 mai 1945, 04000 DIGNE LES BAINS.

## L'OBSERVATOIRE DU PIC DES FEES à HYERES

Nous avons déjà eu l'occasion de mentionner l'observatoire du Pic des Fées et le travail remarquable qui y est accompli, tant dans le domaine de l'astronomie d'amateur que dans l'accueil des scolaires.

La photo ci-dessous montre le nombre impressionnant de coupoles et l'amphithéâtre. Les scolaires sont invités par Jean-Marie Resch à remplir une grande variété de questionnaires, dont nous donnons un exemple ci-dessous.

André Chevaly a succédé au Dr Rapezzi à la direction de l'observatoire ; à tous nous adressons notre admiration.

Observatoire du Pic des Fées  
RESCH JM. 94 66 66 42

### UNE JOURNEE A L'OBSERVATOIRE DU PIC DES FEES

Dans l'observatoire tu peux apercevoir de nombreuses coupoles qui abritent des instruments d'observation du ciel.

Il existe en ce moment trois télescopes ayant des miroirs dont le diamètre permet de détecter des astres éloignés. La lumière de ces objets lumineux arrive dans l'oeil de l'observateur après avoir parcourue des distances considérables.

Les objets les plus proches sont les planètes qui apparaissent au télescope sous la forme de disques lumineux. Leur position dans le ciel change de soir en soir.

En regardant avec des filtres spéciaux on peut observer l'étoile la plus proche de nous qui est le Soleil. Nous avons pu distinguer des petites plages sombres sur sa surface à 6000 degrés: ce sont les TACHES SOLAIRES. Elles tournent en un peu moins d'un mois.

Dans une coupole on peut réaliser des photographies des étoiles qui sont à des distances énormes de nous. Ces étoiles sont des soleils, souvent beaucoup plus gros que le notre. Au télescope une étoile est un point même au grossissement le plus fort.

Plus loin encore on peut observer d'énormes amas d'étoiles ; ce sont les galaxies. Chacune contient plus de 100 milliards d'étoiles.

La lumière peut nous servir de jauge pour mesurer les distances.

Pour traverser la distance

TERRE LUNE, elle met 1,3 seconde

TERRE SOLEIL elle met 480 secondes soit 8 minutes

TERRE PLUTON elle met un peu plus de 300 minutes soit 5 heures.

TERRE ETOILE LA PLUS PROCHE elle met 4 ans et demi.

TERRE FIN DE NOTRE GALAXIE elle met 25000 ans.

TERRE GALAXIE LA PLUS PROCHE elle met 2,5 millions d'années.

Je complète le tableau suivant en utilisant la carte du ciel:

Je lis sur l'axe D	Je lis sur l'axe A	Je trouve l'étoile	Son NOM est:	Elle est dans la constellation
		alpha	BETELGEUSE	ORION
11	7,5	alpha	PROCYON	
13	4,7		ALDEBARAN	
7	6,8	alpha	SIRIUS	
16	7,5	alpha	CASTOR	
15	7,7		POLLUX	
		béta		ORION
			BELLATRIX	



## LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

---

Un trimestre particulièrement faste, des nouveautés attendues et remarquables, des nouveautés inattendues et tout aussi remarquables, des retrouvailles passionnantes...

LE PROMENEUR DU CIEL par Jean-Claude Pecker ; 312 p.; éd Stock-Laurence Pernoud, 1992

"Comment devenir astronome, moi aussi ?" La question lui a été si souvent posée par des lecteurs enthousiastes ou des jeunes curieux que notre Astronome et Professeur au Collège de France a pris la plume et nous donne sa réponse sous une forme aussi originale que savoureuse. A croire que les austères recherches sur le Soleil ou sur l'évolution des étoiles, d'abord ne sont pas si austères qu'on pourrait le croire, enfin et surtout qu'elles ne stérilisent pas un goût sans doute inné pour la communication agrémenté par ce qu'il faut de talent pédagogique. Dans ce livre, le promeneur du ciel se fait guide pour la visite du plus merveilleux musée du monde, l'Univers et le petit monde très vivant des astronomes d'hier et d'aujourd'hui. Pour bien faire comprendre que ce musée n'est pas une collection un rien poussiéreuse de vieilles découvertes, notre guide, en passant d'une salle à la suivante, nous retient par le récit d'un souvenir personnel. Cela nous vaut de savoureux chapitres (en italique), le récit d'une nuit à la lunette méridienne de l'Observatoire de Paris (1946, le promeneur faisait son apprentissage), une visite au site de Metzamor en Arménie soviétique (1974, l'astronome voyage beaucoup, il a besoin de changer de point de vue), une soirée de square dance au High Altitude Observatory du Colorado (1954, l'astronome a besoin de rencontrer d'autres astronomes et l'astronomie favorise la convivialité).

Mais J-C.P. n'est pas homme à s'attendrir trop longuement sur d'aimables souvenirs. Il est repris par son sujet et passe à la salle suivante du musée. Les premiers chapitres nous donnent le b a ba astronomique, ce que tout le monde pourrait acquérir facilement s'il voulait bien lever la tête et ouvrir sa petite comprenette. "Comprendre l'évidence" nous dit-il, agrémentant son texte de schémas comme il aime en illustrer ses écrits. En passant il nous raconte la belle histoire de l'Observatoire de Nice, fondé en 1881 par un généreux donateur. Sa lunette la troisième plus grande du monde est abritée par une coupole construite par Eiffel lui-même. Mais quand Pecker arrive à Nice en 1962, l'observatoire est un peu endormi, les friches du Mont Gros ont besoin d'un sérieux nettoyage. Il se charge de redonner vie à ce bel observatoire devenu aujourd'hui le centre très vivant de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Notre promeneur a aussi des talents d'organisateur.

Après les éléments de la science astronomique, la panoplie de ses moyens d'investigation, les télescopes, la radioastronomie, l'astronomie spatiale, les puissants moyens de calcul sans compter les techniques très compliquées pour faire dire aux images enregistrées toute l'information qui a pu être captée. Ici, un mien souvenir, aux environs de 1952, au cours d'une série de conférences organisée par Paul Couderc pour les enseignants, Pecker nous avait décrit les projets de ce qui allait devenir la NASA ; contrairement à la plupart des astronomes de l'époque, notre promeneur du ciel nous promettait de surprenantes explorations que l'avenir n'a pas démenties. Alors pourquoi ne pas lui faire confiance quand il nous raconte son voyage à Keplerville construite en 2013 sur la Lune, dans la mer de la Sérénité : merveilleuses observations rêvées...

La troisième partie du livre, "Le monde astronomique", ne doit être comprise que comme une introduction schématique aux richesses de l'astrophysique, y compris des idées qui se discutent toujours sur l'évolution de l'Univers. Pecker qui pousse l'originalité jusqu'à n'être pas un partisan tout à fait convaincu de la validité de la théorie du big bang, conclut sagement : "La cosmologie, science en pleine évolution... et nous ne sommes qu'en 1992."

Le guide termine la visite en nous racontant une de ses journées dans sa maison de l'île d'Yeu. Il se trouve aux prises avec la théorie sur la "rugosité" du Soleil : les corrections qu'il faut apporter à l'hypothèse simplificatrice selon laquelle les couches superposées dans l'étoile sont exactement sphériques. L'astrophysique théorique a des charmes que tous les visiteurs du musée ne peuvent imaginer, mais, entraînés par Pecker, ils les goûtent presque. Le livre trouve ainsi sa place dans une collection "une passion, un métier", dirigée par Emmanuel Pernoud. Quand on se rappelle que c'est presque par hasard que le jeune Pecker s'est dirigé vers l'astronomie, on ne peut y croire tant l'astrophysique lui colle à la peau. A la fin du livre, des données numériques sur l'Univers, des conseils pratiques "comment devenir astronome ?" et des conseils de lecture et merci, Président d'honneur, des références au CLEA et aux Cahiers Clairaut.

#### CALENDRIERS ET CHRONOLOGIE

par Jean-Paul Parisot et Françoise Suagher ; 148 p.; édition de l'Observatoire de Bordeaux (pour se procurer le livre, envoyer un chèque de 50F à l'ordre de J-P.Parisot, Observatoire de Bordeaux, BP 89, 33270 FLOIRAC)

Les auteurs de cette documentation très complète sur la mesure du temps et sur les calendriers sont bien connus de participants des écoles d'été et des réunions CLEA. Les premiers chapitres résument tout ce qu'il faut savoir sur les mouvements apparents du Soleil et de la Lune. J'aurais préféré, quant à moi, que l'année tropique et les années des saisons soient distinguées, la première comme moyenne des secondes. Le chapitre 4 traite excellemment des divisions du temps, de la semaine à l'heure. L'histoire des calendriers est étudiée tout au long, passage de la date julienne à la date correspondante et vice versa, étude des calendriers liturgiques et calcul de la date de Pâques, calculs de correspondance entre les divers calendriers, l'égyptien, le gaulois, le grec, les romains, le musulman, le chinois, l'indien, le républicain, les mayas,.. Amateurs de problèmes sur les calendriers, vous avez ici toute la documentation dont vous rêviez.

#### LA SCIENCE DU CRISTAL

par Françoise Balibar ; 104 p.; collection "Questions de science", éd Hachette et Cité des Sciences et de l'Industrie (79 F).

Fascination du cristal pour les scientifiques, astronome compris. Rappelez-vous L'Étrenne ou la neige sexangulaire écrit par Kepler en 1609, après la publication d'Astronomia Nova et des deux premières lois, peu avant le Sidereus Nuncius de Galilée. Dans sa dédicace au Conseiller aulique de l'Empereur, Kepler ironise sur l'intérêt des riens, évoque un des atomes d'Epicure, avant d'examiner sérieusement les propriétés géométriques d'un cristal de neige (cf éd Vrin, Paris 1975).

Dans la première partie du livre "la physique face au cristal", F.B. rappelle que pendant longtemps, on admira les cristaux, la cristallographie passait pour n'être qu'une science d'observation et de classification. L'intérêt des physiciens commença à changer quand Max von Laue, en 1912, eut l'idée d'utiliser les rayons X pour étudier la disposition des atomes à l'intérieur d'un cristal. Les grands bouleversements allaient venir ensuite avec la diffraction des neutrons par un cristal et le recours au rayonnement synchrotron. Alors la cristallographie trouve son statut moderne donc quantique : en étudiant les défauts d'un cristal, le physicien se pose les bonnes questions sur la structure fine de l'atome.

La deuxième partie, "Le cristal dans la physique" nous entraîne vers les grands problèmes de la physique quantique : rôle prééminent des symétries. Une belle occasion, avec "le cristal saisi par la théorie des groupes", de montrer comment des vieilles mathématiques de 1830 peuvent contribuer à l'avancement des sciences en 1990. Avancement qui rapproche cristallographie et astronomie, pas seulement parce qu'on a prélevé des pierres sur la Lune mais parce que l'astrophysique s'intéresse à la formation des étoiles et des planètes.

La troisième partie du livre, "De la petite à la grande physique ; le destin social de la recherche", est particulièrement passionnante. La grande recherche, en physique, exige des investissements très importants ; seuls certains pays peuvent s'y lancer, un fossé se creuse ainsi entre ceux qui peuvent s'y lancer et les autres invités seulement à appliquer. Situation dramatique encore aggravée par l'enseignement : les étudiants qui n'auront pas eu, au niveau secondaire et même avant une très bonne formation, ceux qui n'auront pas acquis une véritable maîtrise de la langue maternelle, se trouveront défavorisés. "Connaître à fond une langue pour y penser à son aise, de façon déliée, subtile et inventive, me semble une nécessité de premier ordre pour un chercheur." Cet avis de Françoise Balibar mérite d'être connu et médité par les enseignants que nous sommes. D'autant que nous avons de bonnes raisons de tenir compte des idées de F.B. Rappelez-vous son remarquable "Galilée, Newton relus par Einstein" (éd PUF, cf CCn°28) et son "Quantique" (interédition-CNRS) écrit avec Jean-Marc Lévy-Leblond sans oublier la merveilleuse édition des oeuvres choisies d'Einstein.

HASARD ET CHAOS par David Ruelle ; 248 p.; éd Odile Jacob 1991 (140 F)

Rares sont les livres de vulgarisation scientifique qui peuvent, comme celui-ci, conduire ses lecteurs à un état de jubilation, avec l'envie de remercier l'Auteur pour ce qu'il vous a donné comme plaisir intellectuel tout en nuancant cette impression d'inquiétude, car le monde, il faut bien finalement le reconnaître, n'est pas simple...

Avant de donner un aperçu du contenu de cet ouvrage, je voudrais insister sur sa forme. L'Auteur est professeur de physique théorique à l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques et membre de l'Académie des Sciences. Mais ce n'est pas paré de ces titres prestigieux qu'il s'adresse au lecteur non, plutôt en simple compagnon d'une communauté de chercheurs qui conservent, avec la passion pour les idées, le plus vif, le plus délicieux esprit critique sur les façons de penser ou de se comporter traditionnelles. Il sait interrompre son exposé scientifique par des anecdotes ou des remarques sur certains aspects de la vie des chercheurs. Est-ce sans intérêt de savoir que Boltzmann s'est suicidé à une époque (1906) où l'hypothèse atomique sur laquelle il fondait sa théorie aurait du être reconnue plus largement qu'elle ne l'était ? Et cette remarque sur Boltzmann n'est qu'un exemple, beaucoup d'autres sont moins amères ou pas amères du tout et agréablement ironiques. Tout en traitant sérieusement son sujet, D.R. tient à nous convaincre (si nous ne l'étions pas déjà) que la science est oeuvre humaine avec ce que cela comporte d'idées géniales ou aberrantes, de comportements héroïques ou mesquins, ou simplement simples.

Encore un mot sur la formule adoptée tout au long de ce livre. Des chapitres, 26 au total, généralement courts et qui peuvent se lire comme des monographies sur tel ou tel sujet, alors que leur enchaînement est très habilement amené comme dans les bons feuilletons. Des sujets très sérieux : "Dépendance sensitive des conditions initiales" ou "la mécanique statistique de l'équilibre"... La rédaction est toujours destinée au lecteur non spécialiste ce qui ne signifie pas que c'est de ce fait immédiatement accessible, il y a des difficultés spécifiques. L'Auteur s'en explique très bien : "Il y a toujours un peu de mystification dans les présentations non techniques de la science, présentations qui évitent tout calcul pénible; au niveau technique les choses sont moins aisées, mais aussi moins mystérieuses. Dans son livre, le renvoi à des notes plus techniques est rare sauf quand il le faut bien. Ces notes en fin de livre, j'imagine que beaucoup de lecteurs les ignoreront, ce sera dommage, ils perdront quelques renseignements bibliographiques précieux et aussi quelques calculs sur des questions délicates qui valent le déplacement. En passant D.R. nous recommande le beau petit livre de Richard Feynman, "Lumière et matière, une étrange histoire" dont j'avais vanté les mérites exceptionnels dans le Cahier 43. Le livre de Ruelle est du même niveau.

Pour vous en persuader, il faudrait que je sache vous donner, non pas un résumé du contenu, mais l'envie de le lire en y pêchant quelques bonnes idées. Il y en a tant que je risque de ne pas choisir les meilleures.

Pour qui a suivi, jadis, les cours de "mécanique rationnelle" (comme on disait alors), il était acquis, depuis Newton, que, une fois précisées les conditions initiales d'un système (positions et vitesses de ses éléments), l'évolution qui suivrait était complètement inscrite dans les braves équations du cours. Ceci, c'était écrit dans les livres. Mais allez donc voir comment se comporte le système si vous l'observez assez longtemps. On dirait que le système prend des libertés avec le destin que nous lui attribuons. Était-ce parce que nous n'avions pas pris les valeurs correctes des conditions initiales ? Les esprits subtils de Hadamard et de Henri Poincaré se sont penchés sur la question. C'est un fait, au bout d'un temps assez long, le système n'évolue pas comme prévu. Si c'est un système complexe, il ne faudra pas attendre très longtemps pour avoir cette impression de désordre, avec un système simple comme celui des planètes du système solaire, il faudra beaucoup plus longtemps, mais ne croyez plus aux éphémérides des astéroïdes calculées pour dix mille ans. Avec le temps, l'ordre devient désordre, la porte est ouverte au chaos. Pas de panique, nous dit Ruelle, il faut "faire avec", se dire que les systèmes complexes existent, ne pas se décourager, les étudier, nous disposons de moyens de calcul puissants que ni Newton ni même Poincaré ne connaissaient. D'ailleurs si le mot "chaos" vous fait peur, remplacez-le par sa définition "une évolution temporelle avec dépendance sensitive des conditions initiales" et vous voyez qu'il n'y a aucune raison de s'affoler.

Cette théorie moderne du chaos a donc pu se développer grâce aux puissants moyens de calcul de l'informatique. Une de ses belles applications est d'expliquer pourquoi, dans la zone peuplée d'astéroïdes entre les orbites de Mars et de Jupiter, il y a certaines régions où ces astéroïdes sont plus rares. On retrouve les mêmes faits dans les anneaux de Saturne et les belles photos prises par Voyager ont bien révélé ou confirmé que la division de Cassini était une zone lacunaire que la théorie du chaos explique bien. Imaginez ce qu'en penserait Cassini...

A propos de l'entropie, D.R. nous en propose deux approches. En théorie quantique, il considère l'entropie comme le nombre de chiffres du nombre d'états du système étudié ; ce qu'il résume par cette formule simple et forte : l'entropie mesure la quantité de hasard présente dans un système. En théorie statistique, Boltzmann définit l'entropie comme le nombre de zéros du nombre d'états microscopiques dans le système macroscopique étudié. A partir de quoi Ruelle nous explique fort clairement que s'il est facile, à partir d'un litre d'eau froide et d'un litre d'eau chaude d'obtenir deux litres d'eau tiède, on ne peut aussi facilement revenir à l'état initial. Son explication de l'irréversibilité m'a parue très convaincante.

Information et complexité sont les deux thèmes sur lesquels Ruelle termine son livre. Il n'y a pas, il ne peut y avoir de conclusion mais seulement, en épilogue, quelques réflexions sur la science. Pourquoi, même après Gödel, y a-t-il encore des mathématiciens passionnés par leurs recherches ? Réponse modeste : "La science répond aux questions (au moins de temps en temps), mais ne prend pas de décision. Les humains prennent des décisions (au moins de temps en temps)."

Bref, le lecteur quitte le livre de Ruelle avec regret. Cela signifie qu'il y reviendra, posera peut-être de nouvelles questions...

ECRITS POLITIQUES par Albert Einstein ; tome 6 des Oeuvres choisies ; 260 p. ;  
éd Seuil-CNRS 1991 (320 F)

De cette magnifique édition des Oeuvres choisies d'Albert Einstein dirigée par Françoise Balibar ont paru les tomes 1 (Quanta) et 4 (Correspondances françaises) puis 5 (Science, Ethique, Philosophie) qui ont été signalés dans les Cahiers 49 puis 54. Est-ce sortir de notre domaine que parler maintenant des Ecrits politiques d'Einstein ? Je ne le crois pas. Un savant ne se découpe pas en morceaux, surtout quand il s'agit d'une personnalité comme celle d'Einstein. Sa pensée ne peut être vraiment comprise qu'en tenant compte de tous les domaines où elle s'est exercée.

Trois grands thèmes ont dominé la pensée politique d'Einstein au cours de ce siècle bouleversé par deux guerres mondiales et les dictatures totalitaires : le pacifisme et les luttes pour le désarmement, le sort des Juifs et la lutte contre l'antisémitisme, la défense des libertés individuelles et la lutte contre le nazisme.

De toutes ces pages passionnantes et raisonnablement passionnées je retiens deux exemples. Dans un "appel aux Européens (15 octobre 1914) "La guerre qui fait rage aujourd'hui ne fera sans doute que des vaincus... Il faudra faire en sorte que les conditions de la paix ne deviennent pas la source des guerres futures." Ceci, écrit en 1914, je le souligne.

Plus tard, alors que dès le 28 mars 1933 il a démissionné de l'Académie des Sciences de Prusse et que ce n'empêche pas une abominable campagne contre lui de certains membres de cette académie, il écrit à Max von Laue qui ne s'est pas joint à ses détracteurs :

"Je ne suis pas de ton avis quand tu dis que l'homme de science ne doit pas se prononcer sur les questions qui relèvent de la politique, c'est à dire <sup>sur</sup> les affaires humaines au sens large. La situation actuelle en Allemagne (c'est une sorte de montée barbare où la grossièreté piétine ce qui est plus raffiné) te montre justement jusqu'où mène cette façon de se fixer à soi-même des limites. Cela équivaut à abandonner sans aucune résistance le rôle dirigeant aux aveugles et aux irresponsables. Est-ce que cela ne revient pas à n'avoir aucun sens des responsabilités ? Qu'en serait-il de nous si des gens comme Giordano Bruno, Spinoza, Voltaire, Humboldt avaient pensé et agi de la sorte ? Je ne regrette aucune des paroles que j'ai prononcées et je crois avoir ainsi rendu service aux hommes. Crois-tu que je regrette de ne pouvoir rester dans votre pays en de telles circonstances ? Cela m'aurait été impossible, même si on m'avait placé dans un cocon. La profonde amitié que j'ai pour toi et pour quelques rares personnes là-bas demeure inchangée. Espérons que nous nous reverrons en des temps meilleurs."

26 mai 1933

Le 2 août 1939, Einstein est aux USA, il a connaissance des travaux de Fermi et de Szilard, il écrit aussitôt à Franklin D. Roosevelt pour lui conseiller de faire entreprendre les recherches qui conduiront à la bombe atomique. Imagine-t-on le débat intérieur, pour ce pacifiste de toujours, amené, face au péril nazi, à préconiser la construction de la bombe ? Einstein a su prendre ses responsabilités.

Ces oeuvres choisies ne sont pas des livres comme les autres, on ne les quitte pas.

LES SCIENCES EXACTES DANS L'ANTIQUITE par Otto Neugebauer, traduit de l'américain  
par Pierre Souffrin ; 320 p. ; éd Actes Sud 1990 (185 F)

L'édition originale de ce livre a paru, en anglais, en 1957 à New York. L'excellente traduction de Pierre Souffrin a paru en 1990 et je dois à l'obligeance de Bernard Hauck, de l'Université de Lausanne, d'avoir appris son existence. Un très beau livre dédié au mathématicien Richard Courant ce qui s'explique car Neugebauer a été étudiant puis professeur à Göttingen avant 1933 et ceux qui ont vécu ces années là restent amis.

Dans l'Antiquité, sciences exactes cela signifie astronomie et mathématiques, astronomie et numération, astronomie et géométrie. Le livre comprend six chapitres : 1. Les nombres ; 2. Les mathématiques babyloniennes ; 3. Les sources, leur déchiffrement ; 4. Les mathématiques et l'astronomie égyptiennes . 5. L'astronomie babylonienne ; 6. Origine et transmission de la science hellénistique. Suivent deux appendices : 1. Le système de Ptolémée 2. Sur les mathématiques grecques.

Un ouvrage de référence à consulter en toute confiance.

#### DANS LES REVUES

Pour la Science - Corey Powell : Les télescopes de demain (janvier 1992). Jonathan Halliwell : La cosmologie quantique et la création de l'Univers (février 1992). Dans ce même numéro, une note bibliographique sur les Cahiers Clairaut, le CLEA et l'APLF par Jean-Claude Pecker.

La Recherche - Pierre Drossart et Jean-Pierre Maillard : Les aurores polaires de Jupiter (février 1992).

---

#### D'une lecture non astronomique...

"Croyez-vous que la simple et pure rationalité scientifique suffise à la vie, heureuse, responsable et sage ? Quelle science positive, quelle logique, quelle abstraction formelle peut amener à penser la mort, l'amour, les autres, les circonstances de l'histoire, la violence, la douleur ou la souffrance, en tout le vieux problème du mal ? Si la culture ne sert qu'aux dimanches de la vie, à faire la queue dans les musées ou applaudir aux concerts, je la laisse bien volontiers à tous les snobismes. Non, les questions agitées depuis l'aurore des temps par ce que nous nommons les humanités aident à repenser celles qui se posent aujourd'hui autour et à cause des sciences.

D'où l'exigence d'une réunion, d'un lien, d'une synthèse, là justement où il n'y a que schizophrénie, culture éclatée ou destruction. A l'Ecole normale, pourtant fondée pour que lesdits scientifiques fréquentent les littéraires et se fécondent les uns les autres, la coupure avait déjà lieu. Les experts étaient incultes et lesdits cultivés ignorants. Le goût décadent pour la culture éclatée reflète simplement le partage scolaire des taupins et des khâgneux, l'éloignement social des ingénieurs efficaces et de ceux qui seront bientôt réduits au rôle de saltimbanques."

Michel Serres (Eclaircissements, p.46)

---

#### Sur le feuillet rose inséré dans ce Cahier 57 ...

- Pour les abonnés qui ont trouvé sur l'étiquette d'envoi "fin d'abonnement au 56", le temps est venu de se réabonner sinon ces retardataires ne recevront pas le Cahier 58.

- Depuis l'impression du feuillet rose, la fabrication d'un nouveau recueil de diapositives a été lancée. Il est répertorié D5 et a pour titre "RETRO-GRADATION DE MARS". Consultez la page 3 de la couverture du Cahier 57 pour compléter votre commande.

ORIGINES DU BUREAU DES LONGITUDE (suite et fin)

#### IV-LES GEOMETRES

Le Bureau des Longitudes avait ainsi un rôle très utilitaire. Mais l'astronomie pratique ne se perfectionnerait que si l'astronomie théorique se développait. C'est pourquoi Lagrange et Laplace furent nommés géomètres.

##### 1-Le plus grand géomètre de l'Europe

Joseph-Louis Lagrange naquit à Turin en 1736 d'un petit-fils de Français au service du Duc de Savoie. Il commença par des études de philosophie classique puis s'intéressa aux géomètres anciens. La lecture d'un mémoire de Halley sur la supériorité de la méthode analytique sur la méthode géométrique décida de son avenir. A 17 ans, sans fortune, il travailla seul; il parvint en deux ans à dominer jusqu'aux plus récentes découvertes mathématiques. A 19 ans, il enseignait les mathématiques à l'école de l'artillerie tout en entretenant des relations avec les géomètres les plus illustres auxquels il envoyait des travaux sur les différentielles et les intégrales. Une *Méthode des variations* lui acquit l'amitié d'Euler. Grâce à d'Alembert, il séjourna brièvement en France où il remporta successivement le prix de l'Académie sur la *Théorie de la libration de la Lune* en 1764 (dans cette pièce, il jette la base de sa future mécanique analytique) et le prix sur la *Théorie des satellites de Jupiter* en 1766.

Soutenu par d'Alembert, Euler le désigna comme son successeur à la direction de la classe de mathématiques de l'Académie de Berlin où il vécut de 1766 à 1787. La mort du roi Frédéric II provoqua quelques modifications dans sa position. Il fut admis en France, à titre exceptionnel, pensionnaire vétéran à l'Académie des Sciences aux séances de laquelle il fut très assidu.

C'est donc en France que son ouvrage fondamental, auquel il travaillait depuis très longtemps, vit le jour en 1788: *La Mécanique analytique*. Lagrange y expose une méthode de résolution de l'ensemble des problèmes de physique en généralisant l'emploi de la notation différentielle. La France s'énorgueillissait d'abriter "le plus grand Géomètre de l'Europe". S'il fallait retenir deux noms de mathématiciens au XVIIIe siècle, ce serait ceux de Euler, mort en 1783, et de Lagrange.

Entièrement dévoué aux causes de la Nation, il se tint cependant éloigné des factions politiques. Outre sa nomination au Bureau des Longitudes, il enseigna à l'Ecole normale de l'an III puis à l'Ecole polytechnique.

Esprit très abstrait, d'une érudition et d'une mémoire étonnante, il ne jetait sur le papier que des formes achevées. Seule la théorie l'intéressait; il était indifférent au commerce des astronomes ou des calculateurs exercés. Il acheva la révolution analytique commencée par Euler en faisant disparaître toute considération géométrique. Ses équations fondamentales restent la base de la

mécanique classique encore enseignée dans nos écoles; elles ont nourri les travaux de Laplace dont la *Mécanique céleste*.

Un savant écossais écrivait en 1808:

"Après la découverte faite par Newton de la loi générale des mouvements des corps célestes, celle de Lagrange est la plus belle de l'astronomie physique et sous les rapports des causes finales comme la plus grande de toutes."

Rappelons brièvement les connaissances et les difficultés de l'astronomie théorique au XVIII<sup>e</sup> siècle. La direction d'un astre est définie par deux coordonnées, l'ascension droite et la déclinaison, relativement aux plans fondamentaux de référence que sont les plans de l'écliptique et de l'équateur céleste. Mais ni ces deux plans ni la Terre ne sont fixes. La direction vraie de l'astre est donc affectée de plusieurs irrégularités qui furent découvertes peu à peu. Bradley découvrit ainsi l'aberration des fixes dû au mouvement annuel de la Terre; l'effet de précession avait été expliqué par Newton et était dû au mouvement des plans fondamentaux (effet séculaire donc cumulatif); il s'y ajoutait un effet périodique que Bradley définit en 1737 comme l'effet de nutation (oscillation de l'axe de la Terre) dû à la variation des noeuds de la Lune qui fait osciller les coordonnées autour des valeurs moyennes. Il fallait tenir compte de l'ensemble des perturbations pour réduire chaque observation.

Le mouvement des planètes était connu grâce aux lois de Kepler. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, on s'attacha à étudier les orbites des comètes et le mouvement de la Lune. On avait constaté une accélération séculaire de la Lune; en conséquence, elle devait peu à peu tomber sur la Terre. En 1787, Laplace relia cette inégalité à une légère variation de l'excentricité de l'orbite terrestre qu'il avait déterminée; il montra qu'elle constituait une perturbation périodique très faible, insensible, sur plusieurs millénaires. Les tables de la Lune si nécessaires aux navigateurs étaient déterminées de façon expérimentale. Les observations devaient fournir tous les coefficients des inégalités. L'étude analytique du mouvement de la Lune ne pouvait se séparer des recherches sur les perturbations.

D'autre part, si l'action mutuelle des planètes n'est pas négligeable - disait Newton - l'intervention divine devait être nécessaire pour maintenir l'équilibre du système planétaire. En réalité le désordre lié aux perturbations est limité et concerne surtout la Lune. Lagrange eut donc le mérite de bien poser le problème et de le résoudre en introduisant une fonction perturbatrice qui permit d'augmenter la précision des résultats. On verra plus loin comment Laplace répondit à ce problème.

Ainsi le Bureau des Longitudes s'était-il attaché le plus grand analyste de son époque. On ne pouvait que l'associer à un autre savant de très grande valeur: Pierre-Simon de Laplace.

## 2-Un astronome théoricien: P.S. de Laplace

Pierre-Simon de Laplace est né en Normandie en 1749. Il est d'origine humble. Attiré par les études, il commence par la théologie pour se tourner rapidement vers les mathématiques. Sur recommandation, il essaya sans succès de rencontrer d'Alembert dont les travaux mathématiques étaient universellement reconnus. Il lui écrivit alors une lettre remarquable sur les principes généraux de la mécanique; d'Alembert reconnut là un esprit puissant et brillant; il le convoqua immédiatement. A vingt ans, le voilà nommé professeur de mathématiques à l'Ecole militaire. Pendant 60 ans, il allait travailler dans tous les domaines de la physique dont il perfectionna l'analyse mathématique et s'attacha à résoudre maints problèmes d'astronomie théorique.

Lorsqu'il arriva à Paris, en 1770, nous venons de voir que les problèmes astronomiques à résoudre étaient d'ordre mathématique. Résumons: la loi de gravitation qui s'impose de plus en plus nettement comme **FAIT**, reste inexpliquée. Est-elle d'ailleurs explicable? Les observations multiples et diverses conduisent à sa validité; elle est étonnante de prédictivité! La nouvelle conception du comportement logique de l'Univers repose sur la notion de **LOI** physique expliquant l'ordre et non plus sur celle d'un ordre préétabli. Aussi dès que Laplace s'attaqua à ces problèmes, se présenta-t-il autant comme mathématicien que comme philosophe. Dans ses travaux il veut:

- rendre aussi précise que possible l'adéquation entre les observations astronomiques et les résultats des déductions possibles de la théorie newtonienne; il faut pour cela rechercher de nouvelles méthodes d'analyse; il s'appuie donc sur les travaux d'Euler et de Lagrange;
- tenter de réduire l'écart entre les lois du mouvement et la loi de la gravitation; la loi de la gravitation doit s'appliquer aussi bien à la description des corps célestes qu'à celle de leur mouvement; aux phénomènes terrestres qu'aux phénomènes célestes;
- suggérer que les lois qui maintiennent l'ordre sont aussi capables de le créer d'où des suppositions sur la genèse du système solaire en faisant appel à une théorie probabiliste.

Les vingt premières années (1771-1793) de sa vie publique furent les années de production de ses grandes idées et de ses travaux les plus brillants. Il consacra point par point la théorie newtonienne, notamment il expliqua la stabilité et la perennité du système solaire; une intervention extérieure n'était pas nécessaire; il posa les bases du Système du Monde. Professeur à l'Ecole

normale de l'AN III, en 1795, il se sentait capable de présenter sa conception du Monde au public.

Laplace, comme beaucoup de savants de cette époque, participe du XVIIIe siècle par son athéisme, son irréligion et son humanisme. Mais à partir des années 1795, fort des certitudes de sa science, l'homme se transforma peu à peu en homme de pouvoir intellectuel, sorte de technocrate de la pensée scientifique. Après l'innovation florissante de la création mathématique de la fin du XVIIIe siècle, il abordait avec une mathématique structurée, contrôlée, plus rigoureuse dans ses définitions et son langage, le XIXe siècle.

Comblé d'honneurs - dont il était par ailleurs très avide - de titres par les différents gouvernements auxquels il sut rendre hommage, il disparut en 1827 après avoir vu les rééditions successives et corrigées de nombre de ses oeuvres dont la *Mécanique céleste* et l'*Exposition du Système du Monde*.

L'*Exposition du Système du Monde*, parue pour la première fois en 1796 et que son auteur remania pendant plus de vingt ans, comporte cinq livres suivis de sept courtes notes.

Successivement, du livre I au III, il traite des mouvements apparents des astres puis de leurs mouvements réels enfin des lois du mouvement des corps.

Au livre IV, il expose la théorie de la gravitation universelle. Le chapitre XVII est une réflexion sur ce qu'il nomme la "loi de pesanteur universelle". Dans une magnifique synthèse, il expliqua le système solaire par le principe fondamental de la gravitation. Le dernier livre rappelle succinctement les grandes étapes de l'histoire de l'astronomie.

La dernière note, prudente dans sa forme, lui permit de suggérer un modèle de formation de ce système solaire, modèle encore souvent cité aujourd'hui:

La nébuleuse primitive s'étendait aux confins du système solaire. Les planètes ont été formées à ses limites successives par la condensation des zones de vapeurs qu'elle a dû, en se refroidissant, abandonner dans le plan de son équateur.

Prônant le rôle de l'expérience, la considération des faits et seulement des faits, exposant un des premiers une définition d'une théorie physique, soustrayant la Nature à des contingences d'un ordre extérieur aux lois physiques, Laplace se pose comme maître à penser.

Terminons cette étude des conditions de création du Bureau des Longitudes par un extrait de ce livre, extrait dont le contenu rejoint les objectifs que s'était donnés cette dernière institution:

"La théorie de la pesanteur, devenue par tant d'applications, un moyen de découvrir, aussi certain qu'elle-même, a fait connaître ces lois et beaucoup d'autres dont les plus remarquables sont la grande inégalité de Jupiter et de Saturne, les équations séculaires des mouvements de

la Lune par rapport au Soleil, à ses noeuds et à son périégée, et le beau rapport qui existe entre les mouvements des trois premiers satellites de Jupiter.

Par ce moyen le géomètre a su tirer des observations, comme d'une mine féconde, les éléments les plus importants de l'Astronomie, qui sans l'analyse, y resteraient éternellement cachés. Il a déterminé les valeurs respectives des masses du Soleil, des planètes et des satellites, par les révolutions des différents corps, et par le développement de leurs inégalités périodiques et séculaires. La vitesse de la lumière et l'ellipticité de Jupiter lui ont été données par les éclipses des satellites, avec plus de précision que par l'observation directe. Il a conclu la rotation d'Uranus, de Saturne et de son anneau, et l'aplatissement de ces deux planètes, de la position respective des orbes de leurs satellites. Les parallaxes du Soleil et de la Lune, et l'ellipticité même du sphéroïde terrestre, se sont manifestées dans les inégalités lunaires; (...) enfin, par une combinaison heureuse de l'analyse avec les observations, la Lune qui semble avoir été donnée à la Terre, pour l'éclairer pendant les nuits, est encore devenue le guide le plus assuré du navigateur qu'elle garantit des dangers auxquels il fut exposé longtemps par les erreurs de son estime. La perfection de la théorie lunaire, à laquelle il doit ce précieux avantage et celui de fixer avec exactitude la position des lieux où il atterrit, est le fruit des travaux des géomètres, depuis un demi-siècle; et pendant ce court intervalle, la Géographie, accrue par l'usage des tables lunaires et des montres marines, a fait plus de progrès, que dans tous les siècles précédents. Ces théories sublimes réunissent ainsi tout ce qui peut donner du prix aux découvertes; la grandeur et l'utilité de l'objet, le fécondité des résultats, et le mérite de la difficulté vaincue"(p.532).

## **CONCLUSION**

Lorsqu'on lit le programme exposé par l'abbé Grégoire pour justifier la création du Bureau des Longitudes en 1795 et celui proposé par Cassini au roi en 1784, on est frappé par la similitude des deux desseins. Cette réforme du fonctionnement de l'astronomie en France était indispensable à la fin du XVIIIe siècle. Le Bureau des Longitudes, création de la République, était déjà dans son principe dans le projet de Cassini IV. Il donna à l'astronomie française une solide organisation et une réelle efficacité. On sait ce qu'il en est depuis 1795.

## UNITES

1 toise = 6 pieds = 1,949 036 6 m; 1 pied = 12 pouces = 0,324 839 4 m  
1 pouce = 12 lignes = 2,706 995 cm; 1 ligne = 0,225 583 cm  
1 pied de France = 1,065 pieds d'Angleterre

## BIBLIOGRAPHIE

### NAISSANCE DU BUREAU DES LONGITUDES

(ABBE GREGOIRE) in GUILLAUME James: *Procès-verbaux du Comité d'Instruction publique de la Commission nationale*, tome IV.

Bureau des longitudes: *Connaissance des temps pour 1796 et suiv.*

### HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

LALANDE, J.: *Astronomie*. 3eme édition, 3t., 1792.

MONTUCLA, J.B.: *Histoire des Mathématiques*. Paris, 1799-1802, 4 vol, t III et IV.

BIGOURDAN, G.: *Histoire de l'astronomie d'observation et des observatoires en France*. Paris, Gauthier-Villars, 2vol., in 4°, 1918 & 1930, t.II.

ARAGO, F.: *Astronomie populaire*. Paris, Gide et Baudry, 1854, 4vol.

CANDOLLE, A.de: *Histoire des Sciences et des Savants depuis deux siècles*. Genève, 1873. Rééd. 1987, Fayard.

LEBON, E.: *Histoire abrégée de l'Astronomie*. Paris, Gauthier-Villars, 1899.

HUMBERT, P.: *De Mercure à Pluton*. Paris, Albin-Michel, 1937. In°12, 290 pages. Importante partie historique.

WOLF, C.: *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*. Paris, Gauthier-Villars, 1902.

### ETUDES ACTUELLES:

TATON, R.: *Histoire générale des sciences*. Paris, PUF, 1969. T.II.

CELNIKIER, L.M.: *Histoire de l'astronomie*. Paris, Ed. Lavoisier, 1986.

MERLEAU-PONTY, J.: *La science de l'Univers*. Paris, Vrin, 1983.

### ASTRONOMIE THEORIQUE

LAPLACE, P.: *Oeuvres complètes*. Paris, Gauthier-Villars, 1878-1912. 14 vol. in 4°. T. I à V: *Traité de Mécanique céleste*. 1ère éd. 1799-1823. T. VI: *Exposition du Système du Monde*. 1ère éd. 1796.

DANJON, A.: *Astronomie générale*. Paris, Blanchard, 2de éd. 1980.

### LES INSTRUMENTS DE MESURE

BENNETT, J.A.: *The divided circle, a history of instruments for astronomy, navigation and surveying*. Oxford, Phaidon-Christie's, 1987.

CARDINAL, C.: *Ferdinand Berthoud (1727-1807), Horloger mécanicien du Roi et de la Marine*. La Chaux-de-Fonds, Suisse, MIH, 1984.

DANJON, A. & COUDER, A.: *Lunettes et Télescopes*. Paris, Blanchard, rééd. 1979.

DAUMAS, M.: *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*. Paris, PUF, 1953.

TURNER, A.: *Early scientific instruments, Europe, 1400-1800*. New-York: Sotheby's publications, 1987.

### LA FORME DE LA TERRE

Académie des Sciences: *La Figure de la Terre du XVIIIe siècle à l'ère spatiale*. Dir. H. LACOMBE et P. COSTABEL. Paris, Gauthier-Villars, 1988.

DELAMBRE, J.B.: *Grandeur et Figure de la Terre*. Ed. BIGOURDAN. Paris, Gauthier-Villars, 1912. In 8°, 402 p., 31 fig.

GUEDJ, D.: *La Méridienne: 1792-1799*. Paris, Seghers, 1987.

### LES GRANDES EXPEDITIONS MARITIMES

GAZIELLO, C.: *L'expédition de Lapérouse (1795-1788), réplique française aux voyages de Cook*. Paris, CTHS, 1984. 324 p., 12 ill., 6 cartes.

RICHARD, H.: *Le voyage de d'Entrecasteaux à la recherche de Lapérouse*. Paris, CTHS, 1986. 376 p.

BALCOU, J.: *La mer au siècle des Encyclopédies*. Ouvrage collectif, actes du colloque de Brest, septembre 1984. Paris-Genève, Champion-Slatkine, 1987.

---

---

### **BIENTOT DISPONIBLE, LA SERIE DE DIAPOSITIVES D5 DU CLEA "RETROGRADATION DE MARS"**

Le "Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA" continue son travail de mise au point et de production de documents pédagogiques.

Après la série de diapositives D4 : "Initiation aux Constellations" réalisée par Cécile Decaux-Schulman, une nouvelle série est en cours de réalisation par Daniel Toussaint. Elle donne les moyens de mettre en évidence la "boucle de Mars", lors de l'opposition de 1990-1991 et de l'interpréter.

A commander au secrétaire, au tarif habituel (55 francs, frais de port inclus).

## CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

---

RECTIFICATIONS - Quand le secrétaire rédige le compte rendu de l'Assemblée Générale, il s'aide de ses souvenirs, de ses notes et d'un enregistrement au magnétophone. Avec cette réserve que le micro est parfois très éloigné des intervenants dans les échanges, leurs paroles sont alors difficilement audibles sur l'enregistrement. Comme le temps lui est mesuré pour que le Cahier de décembre paraisse avant le solstice, sa rédaction ne peut être revue par les orateurs. Résultat, des à-peu-près ou même des contresens dont le secrétaire est ensuite désolé, il présente ses excuses aux Collègues dont il a bien involontairement déformé la pensée.

L'ami Victor Tryoen se voit attribuer la phrase "en exportant nos publications, ne participe-t-on pas à imposer notre culture ?". Il m'écrit : "Or j'ai souvenir d'avoir dit, à propos du HS1, Michel et moi, nous avons pris uniquement des exemples en France métropolitaine". Si j'avais eu le temps de m'étendre davantage, j'aurais précisé par exemple, que la fiche "Repérage d'un point à la surface de la Terre" partait d'un plan de Draguignan, continuait par une carte de France pour arriver finalement au globe terrestre ; point de départ peu motivant pour un petit Mexicain... Un HS1 destiné à un autre pays que la France demande plus qu'une traduction, une adaptation est nécessaire.

S'agit-il d'autre part d'imposer notre culture ? La culture astronomique n'est-elle pas par essence, universelle ? Il y a peut-être un aspect qui pourrait s'interpréter comme propre à notre patrimoine culturel, c'est notre référence constante à l'utilisation et à l'exploitation de notre calendrier des Postes..."

Anne-Marie Louis proteste fort amicalement que ce n'est pas elle qui a le mérite d'avoir assuré un stand CLEA aux journées de l'UdP mais Jean et Maryse Ripert ; Daniel Toussaint, Claudine et J-P Semerjian ; elle dit n'avoir eu qu'un rôle partiel dans le succès de ce stand. Par contre, elle regrette que les dix panneaux présentés en haut de l'amphi de l'assemblée générale et qu'elle avait confectionnés sur l'éclipse du 11 juillet 91 aient eu peu d'impact. Sans doute les participants ont été trop absorbés par l'AG elle-même.

Frédéric Dahringer a voulu rendre hommage aux responsables et animateurs du planétarium de Pleumeur Bodou ; ce n'est pas lui qui a organisé les séances de ce planétarium.

Le secrétaire remercie les Collègues de leurs remarques et souligne combien ils sont scrupuleux et amicaux.

### APRES L'ASSEMBLEE GENERALE

Les membres élus du Conseil du CLEA ont été consultés pour désigner le Bureau de l'Association pour 1992. A l'unanimité des votants (abstentions 33%), ils ont élu le Bureau dont la composition figure page 2 de la couverture.

### INFORMATIONS DU SECRETARIAT

La livraison postale des commandes des publications du CLEA a connu quelques péripéties. En particulier, l'annonce du recueil de diapositives D4, Initiation aux constellations a provoqué de nombreuses commandes qui n'ont pu être satisfaites immédiatement que partiellement : Cécile Schulman a voulu si bien faire dans la rédaction et la présentation des commentaires d'accompagnement que l'édition de ceux-ci a été retardée. Les envois complémentaires ont été effectués seulement le 21 février.

Faute d'une trésorerie suffisamment opulente, nous faisons des petits tirages. D'où la nécessité de retirages quand le stock s'épuise et le rythme des commandes est difficilement prévisible.

A signaler cependant, le bon rythme de commandes des Fiches pédagogiques du CLEA et tout particulièrement HS1. L'Astronomie à l'école élémentaire. Le trésorier tient à souligner l'exemple donné par une Collègue de l'IUFM de Draguignan qui a commandé 120 exemplaires de ce recueil HS1. Un exemple à imiter, évidemment.

### PROBLEME

D'une lettre de Daniel Toussaint :

"A propos de l'invariance de la vitesse de la lumière

1726. Découverte de l'aberration de la lumière par Bradley. Du fait du déplacement orbital de la Terre, le télescope doit être dévié d'un angle  $\theta$  quand il vise une étoile ; la déviation maximale est  $\text{tg } \theta = v/c$  où  $v = 29,78 \text{ km/s}$  est la vitesse orbitale de la Terre (Cf Méthodes de l'astrophysique, p.112)

1886. Expérience de Michelson-Morley : la vitesse de la lumière ne dépend pas de l'orientation de l'interféromètre.

Dans le premier cas on a composé les vecteurs  $\vec{v}$  et  $\vec{c}$  ; dans le deuxième cas, pas de composition. Les deux conclusions ne sont-elles pas incompatibles ?"

NICE : AUTOUR DU PLANETARIUM DU COLLEGE VALERI

L'activité de notre Collègue Jeanine Chappelet ne se ralentit pas avec la conduite de clubs (Les Pléiades, Ariane, ...) et des animations aux niveaux primaire et secondaire. En 1989 une exposition, "Le ciel en fête". Des séances "L'homme sur la lune". En 1990 plus de 2250 élèves ont profité du planétarium du Collège Valéri ; en 1991, 158 classes dont plus de la moitié sont des classes de Quatrième. 110 classes de collège ont participé à des ateliers. Une carte des Alpes Maritimes montre comment le planétarium itinérant a vraiment parcouru le département jusqu'à St Etienne de Timée et Tende mais aussi jusqu'à Théoule et Menton... Le club des Pléiades a participé à Exposcience internationale. à Prague en 1991. Enfin, 1991 a vu l'organisation d'un voyage au Mexique pour observer l'éclipse de Soleil du 11 juillet. Le compte rendu, rédigé par les élèves, donne des photos de l'éclipse mais aussi des informations sur le voyage (23 participants) et le Mexique.

BORDEAUX

Jean-Paul Parisot a programmé un stage de trois jours pour les enseignants de collège plus une journée de suivi. Avec Durandeau, chargé de mission à l'IUFM, ils ont présenté un projet de cinq jours pour les professeurs de physique de lycée.

ENSEIGNEMENT EN HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

Rapport préliminaire de J.-P. Parisot (Observatoire de Bordeaux) pour le CNRS.

"L'enquête préliminaire que j'ai lancée à la demande de C. Jascek est présentée sous forme brute dans le sens où j'ai reproduit les documents qui m'avaient été envoyés ; j'ai reçu environ quinze réponses. cette enquête n'est pas complète car elle ne concerne actuellement qu'une catégorie d'intervenants, les astronomes professionnels et les enseignants-chercheurs gravitant au sein des observatoires et laboratoires d'astronomie. C'est à dire qu'il s'agit principalement d'enseignements assurés en liaison avec la recherche (DEA, DESS, séminaires spécialisés,...). Ceci constitue un ensemble d'environ 200 heures assurées annuellement. On peut noter le poids important joué par l'astronomie de la Renaissance, du 17<sup>ème</sup> et du 18<sup>ème</sup> siècles ; l'astronomie moderne est peu présente !

Il existe également une activité d'enseignement plus difficile à chiffrer qui apparaît dans le cadre de la formation des enseignants : stages spécialisés (enseignants du secondaire, des collèges, instituteurs), IUFM, ... Depuis de nombreuses années, ces activités sont présentées dans les Cahiers Clairaut, bulletin du CLEA (Comité de Liaison Enseignants et Astronomes). En particulier, dans un fascicule intitulé "Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie", on trouve un matériel pédagogique très précieux.

- Carlos Jascek et G. Jasniewicz (Observatoire, 11 rue de l'Université, 67000 Strasbourg) : DEA et formation doctorale ; 20 h ; l'astronomie jusqu'à Copernic (Jascek), depuis Copernic (Jasniewicz).

- Jean Paul Parisot (Observatoire de Bordeaux, BP 89, 33270 Floirac) : DESS "Méthodes physiques de l'archéologie", 18 h ; chronologie et calendriers.

- J.-P. Verdet et Bruno Morando (Observatoire de Paris et Bureau des Longitudes) : DEA "Astronomie fondamentale, mécanique céleste et géodésie", 8 conférences de 1 h 30, 4 de l'antiquité à Kepler (Verdet), 4 de Kepler à Poincaré (Morando).

- A. Andriolat (Université des sciences et Techniques du Languedoc) : université du tiers temps, 24 h, la cosmologie de l'antiquité à nos jours.

- P. Souffrin (Observatoire de la Côte d'Azur) : DEA et DEUG 1ère et 2ème année ; 75 heures ; histoire et philosophie des sciences, le cours ne contient que des références marginales à l'Astronomie sauf en ce qui concerne le Moyen-Âge (cosmologie scolastique).

- F de Gandt (CNRS centre A. Koyré et Darc, observatoire de Meudon) : DEA de Lille, 20 h, histoire des sciences, Aristote, Galilée et Newton ; séminaire EDESS du centre Koyré, 40 h, physique et cosmologie aux 17ème et 18ème siècles.

- J. Souchay (DANOF, Observatoire de Paris) : Licence IUFM de Versailles ; 6 h ; géométrie sphérique appliquée à la navigation et à l'astronomie.

- J.-P. Brunet (Observatoire de Toulouse Midi-Pyrénées) : PAF "histoire des sciences", enseignants du secondaire ; 3 jours ; stage organisé depuis 1986 en liaison avec M. Guillemot, IREM de l'Université Paul Sabatier.

- C. Vilain (Observatoire de Meudon et Paris VII) : DEA épistémologie et histoire des sciences, 20 h, histoire de la mécanique, Galilée, Descartes, Huygens, Newton.

- H. Reboul (Laboratoire d'astronomie, Université de Montpellier) : professeurs de lycées et collèges, stage de 3 jours "histoire de l'astronomie et systèmes du monde".

#### LA REUNION

Notre Collègue Michel Vignand nous écrit qu'il est de retour d'un stage "animateurs" à l'observatoire : bricolages et observations sur le site. Les émissions "ARGOS" sur RFO 1er canal reprennent (dix minutes par semaine).

#### UN CONCOURS TINTIN ASTRONOME

avait été organisé par notre collègue Claude Timon, Collège du Bois Fleuri à 67590 Schweighouse sur Moder ; à partir de douze situations tintinesques, les élèves avaient à répondre à douze questions.

#### UN NOUVEAU PLANETARIUM DE COLLEGE

Celui qu'entreprend de construire le Collège Célestin Freinet de 37800 Sainte Maure de Touraine. Le responsable du projet, Jean-paul Baylin souhaite entrer en contact avec des Collègues ayant déjà l'expérience de cette réalisation.

Mais justement Michel Royer animateur du club "Ciel et Espace" au Collège George Sand, 86100 Châtellerauld nous écrit pour annoncer que son Collège ouvre un planétarium de six mètres de diamètre à vocation pédagogique et qui se veut aussi ouvert au public.

#### ANGERS

L'AAA (Association Astronomique D'Anjou), toujours très active organise en mai-juin, en collaboration avec la Bibliothèque municipale d'Angers une exposition d'astronomie.

#### Le PLANETARIUM DE MONTPELLIER

Il est en service depuis 1990, sous le dôme de l'ancien observatoire du Jardin des Plantes de Montpellier. Il accueille des classes du primaire et du secondaire, les inscriptions devant être prises deux semaines à l'avance. Adresse BP 1088, 34007 MONTPELLIER, téléphone 67 61 10 95

#### GEOSPACE D'ANIANE

Sur la colline du géospace d'Aniane, l'Association Française d'Astronomie a créé un observatoire dont elle a délégué la gestion à l'Association Régionale d'Astronomie pour le Languedoc-Roussillon. Pour tous renseignements sur les stages, et les voyages organisés, téléphone 67 45 60 00.

#### LES PROBLEMES DE LA DORADE

Isolé dans les brumes du Stratfordshire, j'ai longtemps rêvé qu'un jour j'observerai les merveilles de la Dorade, cette constellation riche du Grand Nuage de Magellan et tout à fait invisible des fenêtres de mon cottage. Faute de pouvoir observer, je me pose des problèmes...

P1. Un avion ultra rapide met trois heures pour aller de Londres à New York. A quelle heure (UT) au plus tard doit-il quitter l'aérodrome de Londres pour atterrir la veille à New York (heure locale) ?

P2. Quelle heure est-il à Greenwich (UT) lorsque la date est samedi 21 mars 1992 sur toute la Terre ?

P3. Un avion part de Tokyo à 23 heures (temps local) le samedi 22 février et se dirige vers San Francisco qu'il atteint après 8 heures de vol. Racontez le voyage en précisant les différents changements de date qui peuvent intervenir pour un voyageur méticuleux qui veut tenir à jour son calendrier personnel à tout instant du vol.

P4. En relisant les Ephémérides 91, je remarque : équinoxe de printemps le 21 mars à 3 h 02(UT) Des valeurs du temps sidéral à 0 h UT soit 11 h 52, je déduis la valeur du temps sidéral juste à l'instant de l'équinoxe soit 14 h 54. Comment expliquer que je ne trouve pas 0 h ? Le temps sidéral n'est-il pas l'angle horaire du point gamma ?

William Mountebank

**Un bon conseil à William ...et aux autres. Le transparent T2 du CLEA l'aidera à trouver les réponses aux questions qu'il se pose ... et suggèrera aussi de nouvelles questions !**

# LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

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

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

## FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

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

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

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

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

## TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

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

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

- D1. Les phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars

## LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

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

## PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- ST1. Catalogue des étoiles les plus brillantes (75F) ; édition sur disquette  
120 F les deux disquettes
- ST2. Deux séries de cartes postales : CP1. le système solaire ; CP2 Nébuleuses  
et galaxies. Chaque série 23F

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire :

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD - Tél (1) 47 71 69 09

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

---

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1992 :

Cotisation simple au CLEA pour 1992	25 F
Abonnements simple aux Cahiers n°57 à 60	100 F
Abonnement aux Cahiers (n°57 à 60) ET cotisation au CLEA pour 1992	120 F
Contribution de soutien (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers Clairaut (port compris)	35 F

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

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

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

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

- C1. Collection complète du n°1 au n°56 (740F-800F)
- C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 80F-90F)
- C90. C91. Collection 1990 ou 1991 (chaque 90F-100F)

Adresser commandes et inscriptions au secrétaire du CLEA :

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

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

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim  
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff  
Dépot légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1979  
Numéro d'inscription CPPAP : 61660