

# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 72 - HIVER 1995-1996

ISSN 0758-234 X

# **Le CLEA – Comité de Liaison Enseignants et Astronomes**

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

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

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

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

### **Bureau du CLEA pour 1995**

<i>Présidents d'honneur</i>	Jean-Claude PECKER Evry SCHATZMAN
<i>Présidente</i>	Lucienne GOUGUENHEIM
<i>Vice-Présidents</i>	Agnès ACKER Marie-France DUVAL Hubert GIE Jean RIPERT Jacques VIALLE
<i>Secrétaires-trésoriers</i>	Catherine VIGNON Gilbert WALUSINSKI

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

# LES CAHIERS CLAIRAUT

Hiver 1995-1996

	page
Les nébuleuses planétaires .....	2
L'Assemblée Générale de EAAE .....	16
Mathématiques sans frontières .....	18
Lectures pour la Marquise .....	19
Chronique du CLEA .....	25
Mettez votre planétaire à l'heure .....	29
L'Europe en route vers les étoiles .....	30
Pourquoi l'Astronomie ? .....	31
A propos des stages MAFPEN .....	34
Diamètres solaires et instruments astrométriques .....	35
Les potins de la Voie lactée .....	36
Eclipses de Bouvines et autres lieux .....	37
Parmi nos lettres .....	38
Bruno Morando .....	40

## EDITORIAL

Nous choisissons, en guise d'éditorial, de publier la lettre ci-dessous :

Chers Amis,

En lisant le dernier numéro des "Cahiers Clairaut", j'ai été bien surpris de découvrir l'article sur l'excentricité de l'orbite terrestre traduit de l'Anglais en Français par Lucienne Gouguenheim. Je dois avouer que j'en ai eu un grand plaisir, et c'était aussi une expérience très agréable de retrouver ce texte dans une langue très élégante, concise et précise. J'écris ces mots spontanément, pour exprimer ma gratitude à Lucienne.

Mais il y a une raison supplémentaire pour lancer ici cette remarque : vous savez que nous venons de fonder l'Association Européenne pour l'Education en Astronomie (AEEA en Français, EAAE en Anglais), qui veut promouvoir l'échange d'idées et de matériel didactique en astronomie dans les pays Européens. A mon avis, la traduction mentionnée est un bon exemple de la façon dont on peut réaliser cet échange international. Et pendant un petit moment je pensais vous encourager à mettre en route dans les Cahiers Clairaut un programme qui s'occupe de l'échange d'idées dans les pays Européens, afin de contribuer aux objectifs de l'EAAE.

Mais en regardant les numéros anciens des "Cahiers Clairaut", j'ai compris que vous êtes déjà en train de le réaliser de façon très efficace, depuis longtemps ! On trouve des contributions venant d'Espagne, d'Italie, de Pologne ... On trouve aussi tout au long des années des rapports sur des coopérations internationales. Donc je peux vous féliciter et vous encourager à continuer ce bon travail. Ces activités du CLEA qui pratiquent déjà ces bons contacts internationaux sont un trésor pour la jeune association EAAE. J'espère que, à l'avenir, ce type d'activité sera accepté et pratiqué sur ce modèle par les autres pays.

Roland Szostak

# LES NEBULEUSES PLANETAIRES

## Traceurs de l'évolution stellaire et de l'évolution galactique

Agnès Acker  
Observatoire de Strasbourg  
(Université Louis Pasteur)

Le milieu interstellaire (MIS), lieu de la formation et de la "mort" des étoiles, apparaît façonné par les violentes éjections de matière, soit sous forme de "vents" puissants (émis surtout par les étoiles massives), soit à l'occasion d'événements explosifs marquant la fin de la vie stellaire (nébuleuses planétaires et supernovae en particulier). Les nébuleuses planétaires (NP) jouent un rôle important dans l'écologie du MIS, qu'elles enrichissent de matière recyclée, sous forme de grains de poussières notamment.

## 1 Petite introduction semantico-historique

L'appellation "nébuleuse planétaire" est liée aux circonstances de la découverte de ces objets. Rappelons qu'en 1764, Messier catalogua une centaine de nébuleuses aux formes variées et de nature alors inconnue, dont les objets M27 (*Dumbell*, dans le Petit Renard), M57 (*Anneau de la Lyre*), M97 (*Owl* ou *Hibou* dans la Grande Ourse). C'est Darque qui, en 1779, baptisa ces objets "nébuleuses planétaires", car ils apparaissaient, dans un petit instrument d'observation, comme des disques planétaires diffus, verdâtres. Cette dénomination fut conservée, par tradition - quoique l'on sache pertinemment que ces nébuleuses n'ont absolument aucun lien avec des planètes ! - pour tous les objets de même type découverts plus tard, en particulier les 91 "nébuleuses planétaires" incluses par Dreyer en 1888 dans le *New General Catalogue* (auxquels s'ajoutèrent - vers 1900 - 32 objets "IC" de l'index complémentaires), et les 1036 objets "PK" listés en 1967 par Perek et Kohoutek. Actuellement, environ 1 150 NP sont connues, présentées en détail, du visible aux ondes radio en passant par IRAS, dans le "Strasbourg-ESO catalogue of galactic planetary nebulae" (Acker et al, 1992).

"Un phénomène singulier !": c'est ainsi que William Herschel décrit la nébuleuse NGC 1514, qu'il observa en novembre 1790, objet apparaissant comme une brillante étoile entourée d'une large et faible nébulosité, une sorte de "fluide lumineux" fort mystérieux.

En 1864, quatre années après la publication des travaux de Bunsen et Kirchhoff, William Huggins observa le premier spectre d'un autre de ces énigmatiques objets, NGC 6543, et découvrit de brillantes raies d'émission vertes, la signature d'un milieu gazeux, mais de nature encore inconnue. C'est Margaret Huggins qui, en 1897, les attribua à un possible nouvel élément cosmique, le "nebulium" (Rappelons que c'était l'époque où Lockyer découvrit un nouvel élément dans le spectre solaire, l'hélium, qui ne fut observé sur Terre que quelques années plus tard par Ramsay, en 1895).

C'est en 1927 que Bowen put montrer que le "nebulium"... n'existe pas, et que les raies vertes observées sont en fait émises par de l'oxygène ionisé deux fois ( $O^{++}$ , ou OIII), mais dans des conditions de vide très difficiles à réaliser dans les laboratoires terrestres, et donc appelées de ce fait "raies interdites", indiquées entre crochets (par exemple les raies vertes [ OIII ] à 495,9 et 500,7 nanomètres).

## 2 Les nébuleuses planétaires, étapes tardives de l'évolution stellaire

Le Soleil ( $T \sim 6\,000\text{K}$ ) se trouve sur la "séquence principale", en situation d'équilibre pendant  $\approx 10$  milliards ans, avec l'hydrogène H qui se transforme en hélium He dans le coeur. L'avenir prévu pour le Soleil passe par l'étape *nébuleuse planétaire*, en un cheminement de 9 étapes que nous allons suivre sur le diagramme Température - Luminosité (cf. fig. 1)

On rappelle qu'il s'agit de la température photosphérique  $T$  à la "surface" de l'étoile, allant de  $3\,000\text{K}$  pour les étoiles rouges à  $30\,000\text{K}$  pour les étoiles bleues (sur la séquence principale). La luminosité, exprimée en luminosités solaires (avec  $L_{\odot} = 3,84 \times 10^{26}$  Watts), dépend de la température  $T$  (loi de Stefan) et du rayon  $R$  de l'étoile:  $L = (4\pi R^2)(\sigma T^4)$ , avec  $\sigma$  = constante de Stefan.

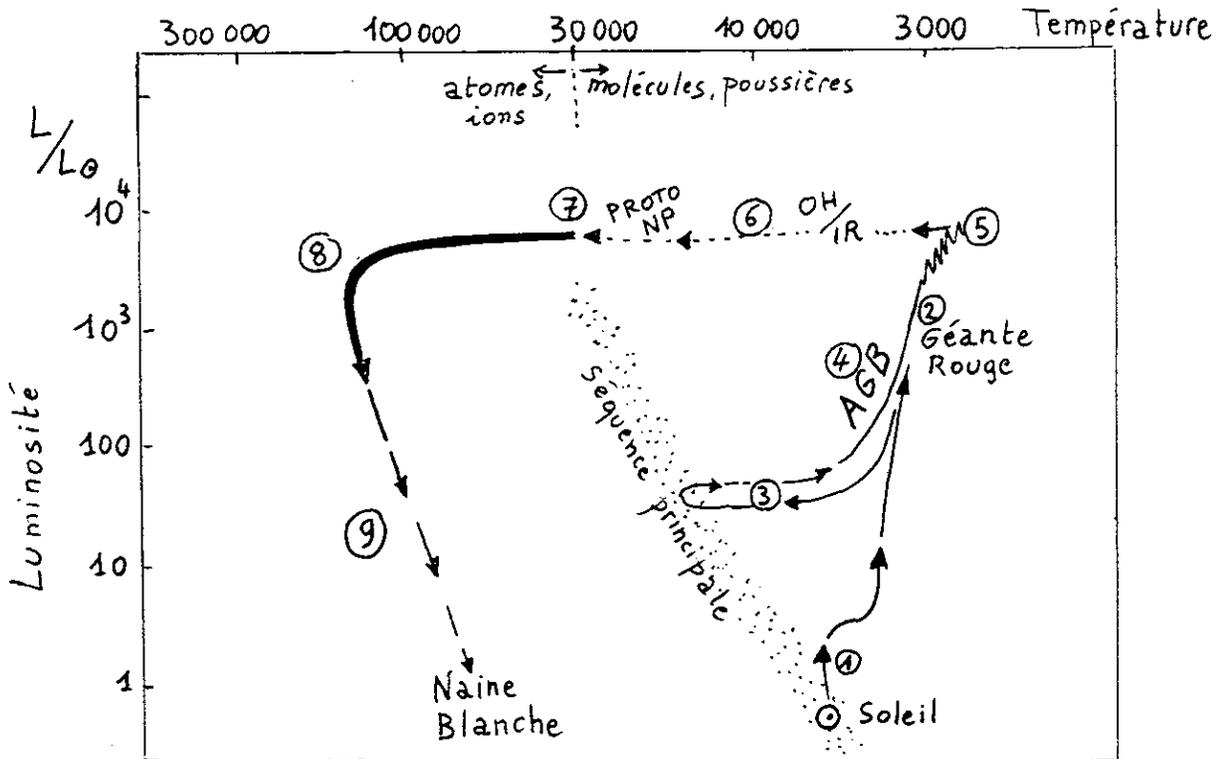


FIG. 1 - Evolution d'une étoile de type solaire dans le diagramme Luminosité-Température.

1 → Quand le coeur est en He inerte, l'étoile quitte la séquence principale, avec l'hydrogène qui "brûle" en couches autour du coeur dont la masse et la température augmentent jusqu'à une valeur critique; où brutalement l'hélium se transmute en carbone C dans le coeur.

2 → C'est le "Flash" de l'hélium. Pour évacuer l'énergie, l'étoile gonfle (d'un facteur 100 environ), la luminosité  $L$  augmente (d'un facteur 1 000) et la température  $T$  baisse ( $\approx 3\,500\text{K}$ ): l'étoile devient **GEANTE ROUGE**, en près de 300 millions d'années après avoir quitté la séquence principale.

3 → L'énergie du "flash" a été évacuée, l'étoile s'est "dégonflée", et He se transforme en C et O dans le coeur de façon calme. La luminosité est constante (env.  $50 L_{\odot}$ ): l'étoile évolue sur la **BRANCHE HORIZONTALE**, avec une température allant de  $4\,000$  à  $9\,000\text{K}$ .

4 → Quand le coeur est en (C, O) inertes l'étoile quitte la branche horizontale, avec He qui "brûle" en couches autour du coeur dont la masse et la température augmentent: l'étoile remonte

le long de la Branche Asymptotique des Géantes rouges (AGB), l'étoile se gonflant (comme en 2) pour libérer l'énergie. Ces phases AGB s'accompagnent d'éjections de particules (ou *vent*).

↖ ↗ Ce premier vent est caractérisé par une perte de masse inférieure ou égale à  $10^{-6} M_{\odot}/\text{an}$  avec une vitesse  $\simeq 5 \text{ km/s}$ .

C'est le premier des 3 vents qui formeront la nébuleuse planétaire.

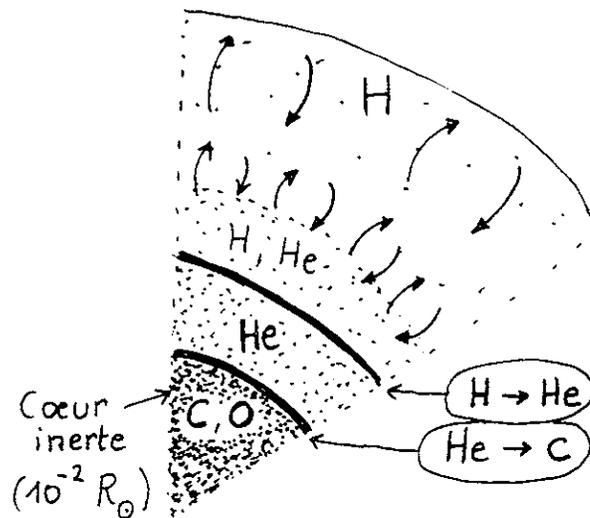


FIG. 2 - Structure interne d'une étoile AGB.

4 à 5 → L'étoile devient instable, caractérisée par une double "source d'enveloppes" où H et He "brûlent" en couches minces (voir fig. 2). Mais l'énergie produite par ces réactions nucléaires ne peut être évacuée (les coquilles très minces ne peuvent "soulever" les couches supérieures).

5 → Vers le sommet de la montée AGB ( $L \geq 1\ 500 L_{\odot}$ ), l'excès thermique est libéré en "oscillations de relaxation": l'étoile "pulse" (Mira) augmentant son volume donc sa luminosité. Au cours de ces "pulses thermiques", placés tous les  $10^3 - 10^4$  ans, la matière profonde est soulevée, et mélangée aux gaz riches en H de la surface, produisant un "zoo" d'abondances. La luminosité augmente, atteint  $10^6 L_{\odot}$ . Alors survient un emballement explosif, un "flash" dans la coquille d'hélium qui se transforme à son tour en C et O.

Les couches externes sont éjectées, formant une "proto-nébuleuse planétaire". Pour une étoile de masse initiale  $\simeq 5 M_{\odot}$ , il faut environ 40 "pulses" thermiques pour que l'enveloppe arrive à se détacher.

↖ ↗ Un deuxième vent, très épais (Superwind) marque la fin de la phase AGB, avec une perte de masse  $\leq 10^{-5} M_{\odot}/\text{an}$  ( $10^9$  tonnes par an) et une vitesse  $\simeq 10 \text{ km/s}$ .

6 → L'étoile est alors entourée d'une atmosphère épaisse; les particules sont éjectées au loin (pression de radiation). Elle se combinent en atomes et molécules et certaines se condensent. En  $10^3$  ans, l'étoile est entourée d'une épaisse couche de poussières (silicates, un peu de graphite et des hydrocarbures aromatiques polycycliques ou PAH). L'étoile devient "invisible" car seules les molécules (par ex. OH) rayonnent dans le domaine radio. Un rayonnement est également émis dans l'Infra-Rouge (IR), détecté par la sonde IRAS en 1983, car les poussières chauffées à  $300 K$  émettent à  $\sim 100 \mu m$  (loi de Wien:  $\lambda_{\max} T = \text{cst}$ ). La source ainsi manifestée en radio et en IR est nommée: OH/IR.

7 → L'étoile dépouillée de environ 1/5 de sa masse se contracte et poursuit les combustions en coquilles. Sa photosphère se réchauffe, jusqu'à  $\sim 30\ 000 K$ : alors les photons UV sont assez énergétiques pour détruire les poussières, dissocier les molécules, exciter et ioniser les atomes et ce

progressivement du centre aux enveloppes externes.

C'est alors que le phénomène "nébuleuse planétaire" est déclenché!... la NP devient **visible**.

✱ Un **troisième vent** se produit, avec une perte de masse  $\leq 10^{-9} M_{\odot}/\text{an}$  et une vitesse  $\simeq 3\,000$  km/s (10 millions de km/h). Ce vent très rapide et ténu souffle les gaz proches des étoiles formant une **cavité** (et les "globules cométaires" observés au centre de Hélix (voir fig.3)).

La matière laissée par le "supervent" est fortement comprimée créant une interface dense, une **coquille** brillante, se dilatant à environ 20 km/s ( $v_{\text{expansion}}$  observée) dans le vaste **HALO** laissé par les premiers vents.

**7 à 8** → L'étoile continue à se contracter et à se réchauffer; elle évolue à  $L \simeq \text{cst}$  et T croissante, suivant un trajet évolutif dépendant de la masse:

$L \simeq 20\,000 L_{\odot}$  pour un noyau de  $0,9 M_{\odot}$  (reste d'une étoile de masse initiale de  $\sim 5 M_{\odot}$ ), durée environ 1 000 ans.

$L \simeq 1\,500 L_{\odot}$  si la masse finale  $\sim 0,55 M_{\odot}$  ( $M_{\text{initiale}} \leq 1 M_{\odot}$ ), durée environ 50 000 ans.

**8** → Quand la température atteint une valeur limite ( $\simeq 250\,000\text{K}$ ), la combustion en couches s'arrête: T et L diminuent, de façon irréversible.

**9** → L'étoile refroidie, comprimée, deviendra **NAIN BLANCHE**, et l'enveloppe des gaz éjectés est devenue très grande, très ténue, les irrégularités de structure se sont estompées, les gaz se diluent peu à peu dans le milieu interstellaire ambiant, la NP cesse d'exister. Le phénomène NP dure en moyenne 30 000 ans.

### Des maquettes animées 2D

Un modèle de *vents interactifs* a été proposé dès 1978 pour tenter d'expliquer la morphologie des NP. De fait, chaque NP apparaît comme unique ! Pourtant les NP sont "sculptées" par les mêmes phénomènes, conduisant à quelques points communs: étoile centrale bleue car très chaude; cavité centrale; vaste halo se dilatant lentement; lobes bi-polaires dressés au-dessus de disques sombres (structure bipolaire observée pour 80% des NP, voir Fig. 3).

Adam Frank (université du Minnesota) et ses collègues ont réalisé (1994) des simulations en 2 dimensions de l'évolution dynamique des gaz et des radiations de NP asphériques, en utilisant le scénario de vents stellaires interactifs. Le 3ème vent très rapide et ténu émis par l'étoile centrale s'épand dans le super-vent dense et lent, résidu de la géante, et dont la distribution de densité est ici supposée toroïdale, avec une concentration près de l'équateur de l'étoile. Le vent rapide souffle les gaz dans l'alignement de l'axe du toroïde, le long de l'axe de rotation de l'étoile, créant deux lobes polaires opposés, perpendiculaires au disque dense.

Ce scénario conduit à créer une grande variété de formes asymétriques, selon les vitesses des vents, modulées par le refroidissement des gaz par les radiations, d'éventuels champs magnétiques, la résistance du milieu interstellaire. Selon l'âge du système de vents interactifs, et selon l'angle de visée de l'observateur, on voit apparaître des tonnelets bipolaires séparés par un disque dense, ou des "ressorts" hélicoïdaux, ou des anneaux concentriques, permettant d'expliquer pratiquement toutes les formes observées. Ainsi M 57 (dans la Lyre) apparaît comme un anneau car vu "d'en haut", par l'extrémité du lobe, le long de l'axe du toroïde, tandis que NGC 6543 est vu "de côté" (voir Fig. 4).

**Les NP apparaissent comme de parfaits laboratoires naturels pour tester des processus et des modélisations hydrodynamiques.**

FIG. 3 - Exemples de nébuleuses planétaires

M2-9  
(Papillon)



NGC  
6302



NGC  
2346



NGC 2392 (Esquimô ou Clown)



H $\alpha$  + [N II]  
657 nm

[O III]  
500 nm

He II  
469 nm



NGC 7293 (Helix), coordonnées galactiques = 36,1-57,1  
diamètre = 15 minutes d'arc environ ; distance = 650 AL env



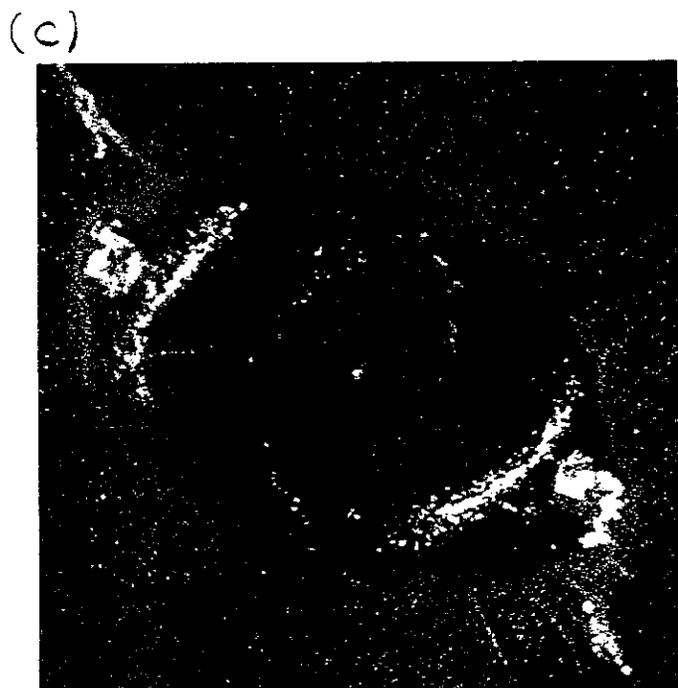
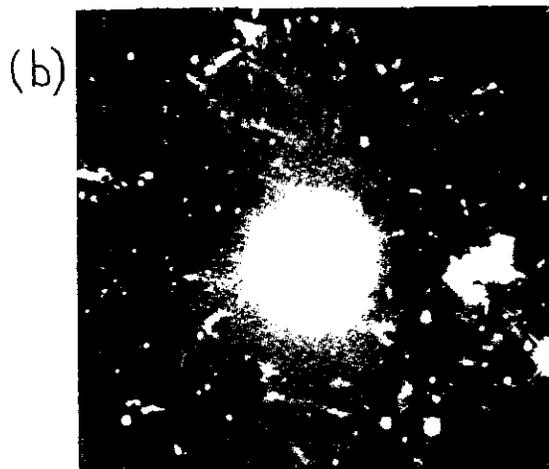
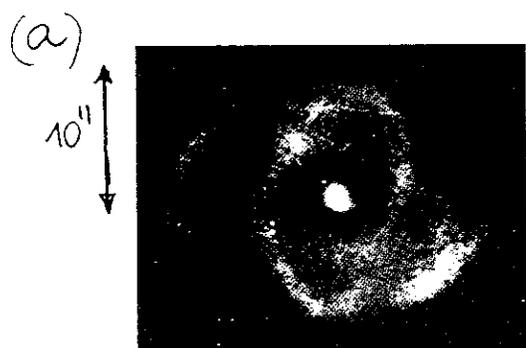
He 2-104 (Crabe du Sud)



A 43

FIG. 4 - *NGC 6543, la nébuleuse "oeil de chat"*

Avec un petit instrument, cette NP montre une structure complexe (a), formant le centre brillant (15" x 30" environ). Avec des temps de pose très longs, on découvre un immense halo autour du centre surexposé (b). En 1995, le télescope spatial a précisé l'image (c).



Le télescope Spatial Hubble vient de révéler une image extraordinaire de NGC 6543, l'objet qui intrigua tant Huggins il y 130 ans. Une enveloppe intérieure, allongée sur environ 0,1 AL de part et d'autre de l'étoile centrale, a été soufflée par le vent stellaire rapide. Une large enveloppe bi-polaire externe s'étend tout autour, fossile d'une éjection antérieure, à travers un anneau épais qui encercle ces structures. Des gaz sont projetés à grandes vitesses le long d'un axe perpendiculaire à l'anneau; ces jets violents ont comprimé les gaz, créant des petits arcs brillants projetés aux extrémités des deux lobes, et qui ne sont plus situés dans l'axe du jet, suggérant un mouvement tournant ou de précession pour le jet. Ces structures complexes résulteraient peut-être du fait que l'étoile centrale serait binaire, formée de deux étoiles très proches avec transfert de masse, et dont le plan orbital serait celui de l'anneau perpendiculaire aux jets.

### 3 Les Nébuleuses Planétaires, sources de rayonnements révélateurs

Les gaz nébulaires sont principalement constitués d'hydrogène, l'élément prédominant de l'univers, puis d'hélium, et enfin d'éléments plus lourds (C, N, O,...) en proportion bien plus faible et variable. Dans le domaine visible, le spectre nébulaire observé présente des "forêts" de raies en émission, les plus importantes étant les raies de la série de Balmer de l'hydrogène (dont la plus brillante est la raie rouge H $\alpha$  donnant un aspect rosâtre à toutes les nébuleuses), à côté de raies interdites de l'oxygène, de l'azote, du soufre, de l'argon, du néon,...

#### *Un laboratoire cosmique, où des gaz chauffés brillent !*

En 1927, Zanstra décrivit les processus physiques permettant de comprendre le rayonnement observé, en particulier pour les raies de l'hydrogène : l'étoile centrale, très chaude (entre 30 000 et 250 000 degrés), émet des photons UV énergétiques, qui arrachent des électrons aux atomes d'hydrogène des gaz de la nébuleuse (c'est la photo-ionisation); ces électrons sont re-captés par des ions d'hydrogène, avec chaque fois émission d'énergie sous forme de continuum mais surtout de raies (formées par recombinaison, en quelques 10 milliardièmes de seconde, transitions quasi-instantanées typiques des raies "permissives"). C'est ainsi que se forment les séries de raies de l'hydrogène, de Balmer (dans le visible), de Lyman (dans l'UV), de Paschen (IR), etc, et les séries de raies de l'hélium. De plus, Zanstra montre que la température de l'étoile centrale peut être estimée à partir de l'intensité des raies de l'hydrogène (de H $\beta$  en particulier) qui est reliée au nombre de photons UV émis par l'étoile (d'autant plus nombreux que l'étoile est plus chaude), à condition que tous ces photons soient absorbés, donc que la nébuleuse soit "optiquement épaisse".

#### *Collisions et raies interdites*

Pour les raies interdites, le processus est un peu différent, décrit par Bowen en 1928 : certains photo-électrons (produits par photo-ionisation) transportent assez d'énergie pour provoquer des collisions avec des électrons liés, les transporter sur des niveaux dits "métastables" (car à partir de ces niveaux, une transition spontanée ne se fait qu'au bout d'une durée relativement très longue, de quelques secondes à quelques heures ; or quand le milieu est trop dense, un choc avec une autre particule intervient toujours avant qu'ait lieu l'émission spontanée, ce qui rend alors ces transitions "interdites"). L'intensité des raies interdites formées par ce mécanisme est très sensible à l'agitation des atomes, donc à la "température électronique" (elle vaut environ 10 000 K) qui peut être déterminée en particulier grâce aux raies interdites de O III. Les émissions par collisions dépendent également de la densité électronique, estimée grâce à des raies interdites de l'oxygène OII (dans le violet) ou du soufre SII (dans le rouge) : le milieu gazeux des NP apparaît extrêmement ténu, comprenant environ 10 000 atomes par cm<sup>3</sup> (contre 10<sup>19</sup> pour l'atmosphère terrestre !).

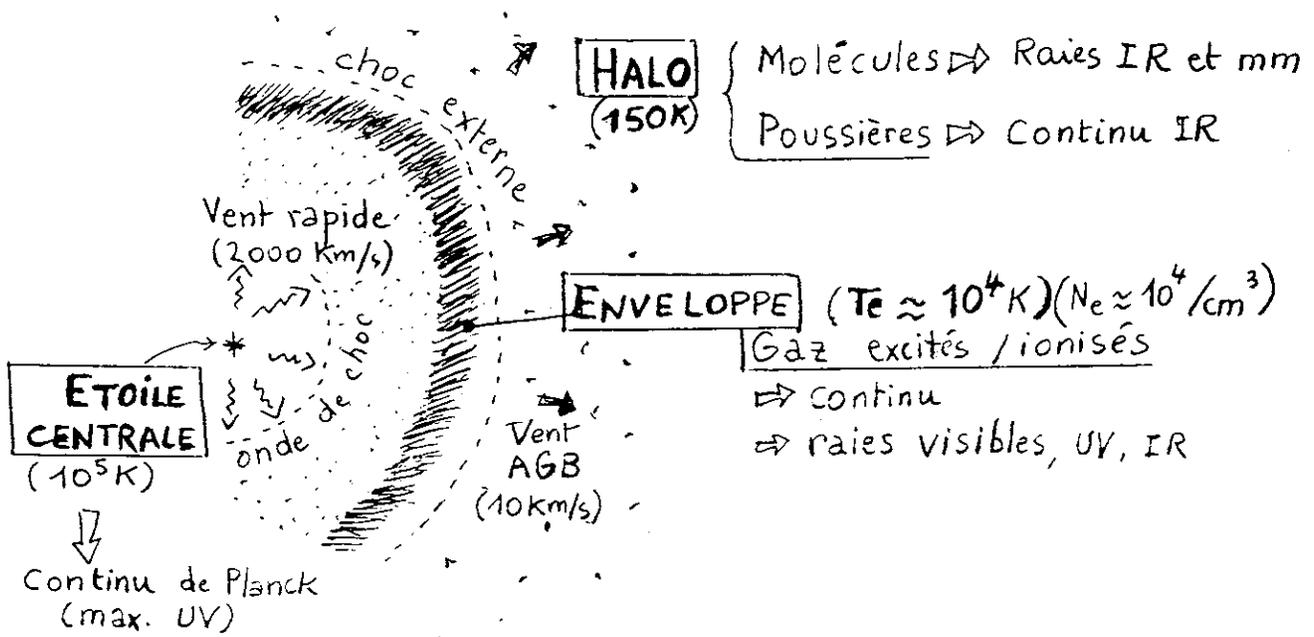


FIG. 5 - Rayonnement produits dans une nébuleuse planétaire.

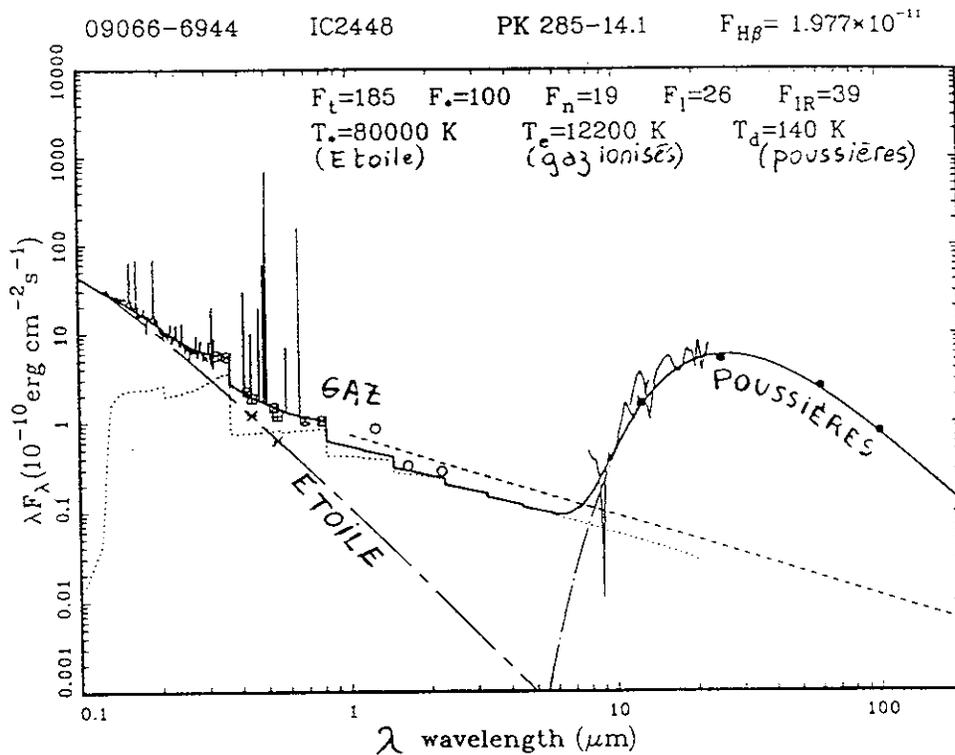


FIG. 6 - Distribution de l'énergie de l'UV à l'IR.  
 Le spectre observé résulte de 3 composantes:  
 - étoile (continu thermique, type corps noir);  
 - gaz ionisés (continu free - free, raies d'émission);  
 - poussières (continu thermique).  
 (d'après Zhang et Kwok, 1991)

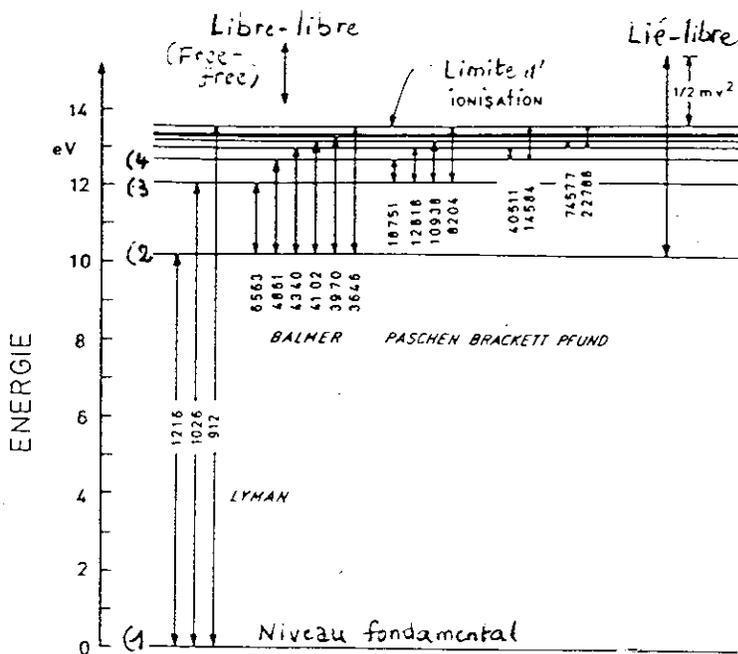


FIG.7 - Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

Durée de vie =  $10^{-8}$  s  
(Raies de recombinaison)

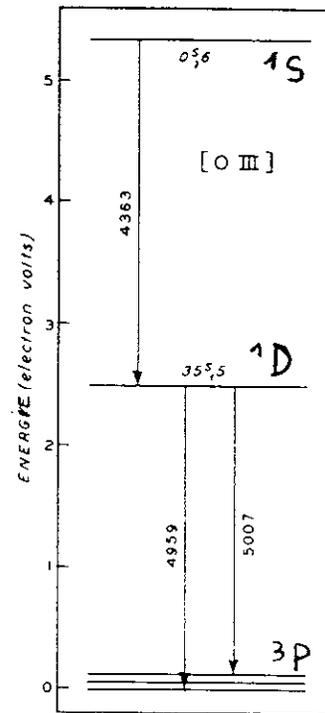


FIG.8 - Niveaux métastables de l'ion OIII.

Durées de vie = 0,6 s. et 35,5 s.  
(Raies interdites)

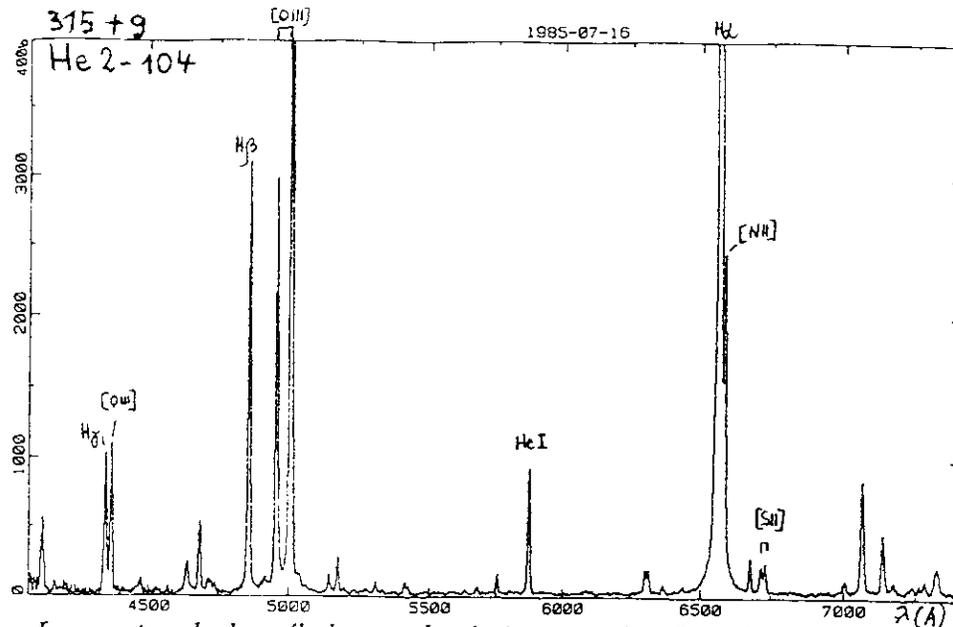


FIG. 9 - Le spectre de la nébuleuse planétaire, appelée "southern crab nebula", à cause de sa morphologie filamenteuse et bipolaire (voir fig.3), montre les typiques raies nébulaires permettant un diagnostic du plasma, en particulier: [OIII] pour la température électronique, [SII] pour la densité électronique. Le spectre de l'étoile centrale est particulier, montrant des caractéristiques d'étoile symbiotique de type "D" peu courant dans les nébuleuses planétaires (spectre pris au Télescope de 152cm de l'ESO au Chili avec spectrographe Boller & Chievas et détecteur CCD). Survey Acker-Stenholm

## Des raies vertes pour refroidir les gaz !

Le doublet vert des raies [OIII] nébulaire joue le rôle de thermostat:

- La probabilité de transition spontanée depuis le niveau  $^1D$  métastable au niveau  $^3P$ ,  $\mathcal{P}_1 = 0,03/s$ .

- La probabilité pour que l'électron quitte le niveau métastable à cause d'un choc vaut

$$\mathcal{P}_2 = 3 \times 10^{-4} \frac{\text{densité}}{\sqrt{\text{Température}}}/s.$$

Les raies [OIII] sont émises jusqu'à  $\mathcal{P}_1 = \mathcal{P}_2$ , soit:  $\frac{\text{densité}}{\sqrt{\text{Temp.}}} = 100$ . (valeur généralement atteinte pour des NP, où la densité  $\simeq T_e = 10^4$ ).

Donc le rayonnement UV des étoiles chauffe les NP et la température électronique  $T_e$  augmente:

-si  $(\frac{\text{dens.}}{\sqrt{T_e}}) \leq 100 \rightarrow$  [OIII] émis et donc  $T_e$  diminue.

-si  $(\frac{\text{dens.}}{\sqrt{T_e}}) > 100 \rightarrow$  [OIII] n'est plus émis et donc  $T_e$  augmente.

Les raies vertes de [OIII] permettent donc de refroidir efficacement le milieu gazeux.

Le chauffage, source de l'ionisation et de l'excitation des gaz, est dû aux photons UV ( $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ ) énergétiques émis par l'étoile centrale très chaude.

Ce processus est extrêmement puissant; le nombre  $Q_H$  total de photons ionisants ( $\Delta E > 13,6 \text{ eV}$ ) est émis d'abord par les étoiles très massives (pendant 10 à 100 millions d'années, voir Fig. 10); puis, sur une échelle de temps plus longue, les photons UV sont émis par les noyaux de nébuleuses planétaires.

Il apparaît donc que c'est essentiellement grâce aux étoiles centrales des NP (étoiles les plus chaudes de la Galaxie) que les gaz du milieu interstellaire brillent.

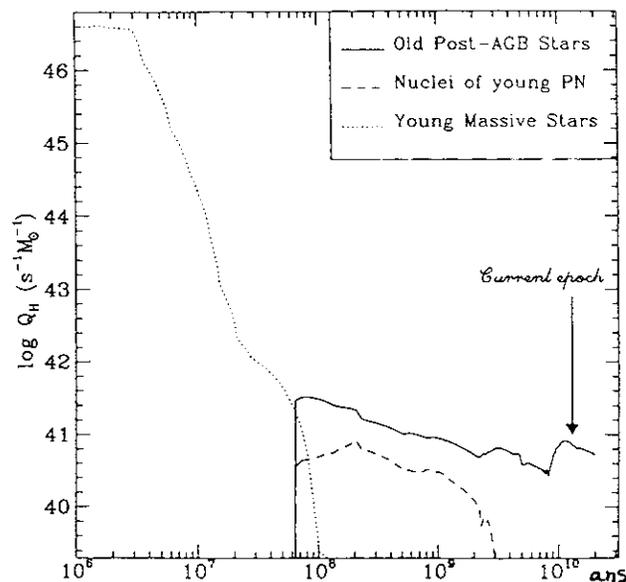


FIG. 10 - Evolution temporelle du nombre  $Q_H$  de photons ionisants pour une galaxie elliptique. (d'après Binette, Magris, Stasinska, Bruzual, 1994)

## 4 Les nébuleuses planétaires, agents efficaces dans l'écologie de la matière interstellaire

Les nébuleuses planétaires rejettent une fraction importante de matière vers le gaz interstellaire.

### •Quantité

Toutes les étoiles de masse  $< 8M_{\odot}$  (masse initiale) passent par le stade NP (3/4 étoiles dans la Galaxie).

Le noyau de NP a une masse de 0,5 à  $1,4M_{\odot}$ , donc la perte de masse (vents, éjections finales) par les NP est de 0,2 à  $6M_{\odot}$  par étoile, soit de 0,3 à  $1M_{\odot}$  par an.

### •Composition

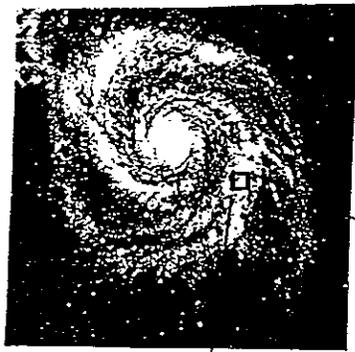
La matière éjectée est **recyclée** (plus riche en éléments lourds que la matière initiale du MIS, avec une contribution essentielle des étoiles les plus massives ( $M_{\text{initiale}} \sim 5$  à  $8M_{\odot}$ )).

De plus les NP jouent le rôle important d' "usines à poussières", ces poussières qui vont se mélanger aux nuages moléculaires où se formeront les nouvelles étoiles.

En comparant l'apport de divers agents stellaires, on note la contribution essentielle des NP dans l'enrichissement du MIS (tableau ci-dessous et figure 11).

Processus	Taux ( $M_{\odot}/\text{an}$ )	
Formations d'étoiles (effondrement gravitationnel et morcellement des nuages moléculaires)	3 à 10	"perte" de gaz
Vents stellaires (* massives)	0,008 à 0,5	"enrichissement"
Supernovae (~ 1/300 ans)	0,03	en
Nébuleuses planétaires (éjections, après vents * AGB)	0,3 à 1	gaz du
Novae (~ 40/an)	0,003	MIS
Retombées gazeuses (du halo, du milieu intergalactique)	< 1,4	

Etudier la composition chimique des NP permet donc de connaître la composition chimique du MIS au moment de la formation de l'étoile progénitrice. Cette composition est légèrement modifiée par les nucléosynthèses internes de l'étoile, d'autant plus efficaces que l'étoile est plus massive. Les éléments chimiques les plus enrichis sont He, C et N, les rapports He/H et N/O étant de bons indicateurs de la masse (et de la température) de l'étoile (voir figure 12 b).



### Composition chimique

- primordiale : H, He
  - actuelle : H, He, C, N, O, ..., Fe, ...
- "Métaux"

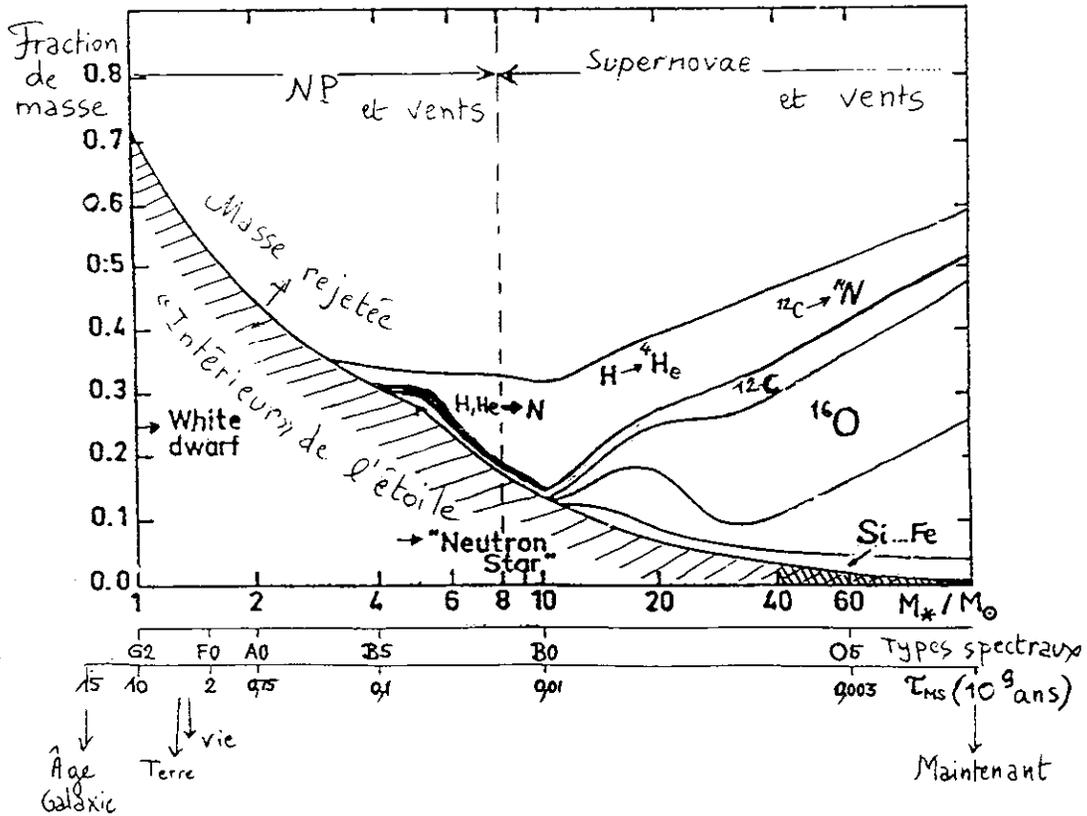
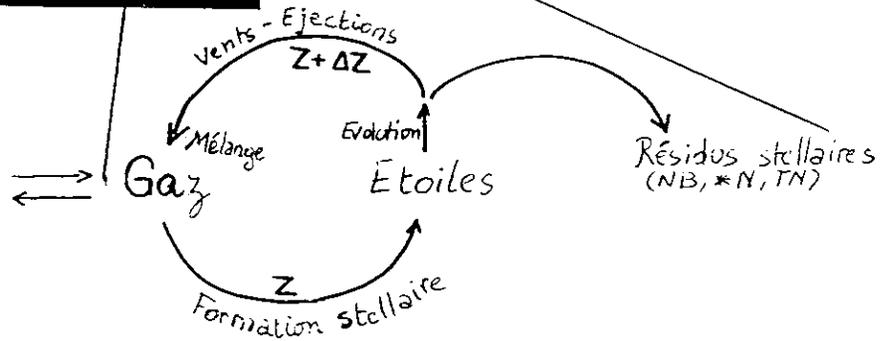


FIG. 11 - Evolution chimique de la Galaxie, par recyclage de la matière. (d'après Köppen, 1994)

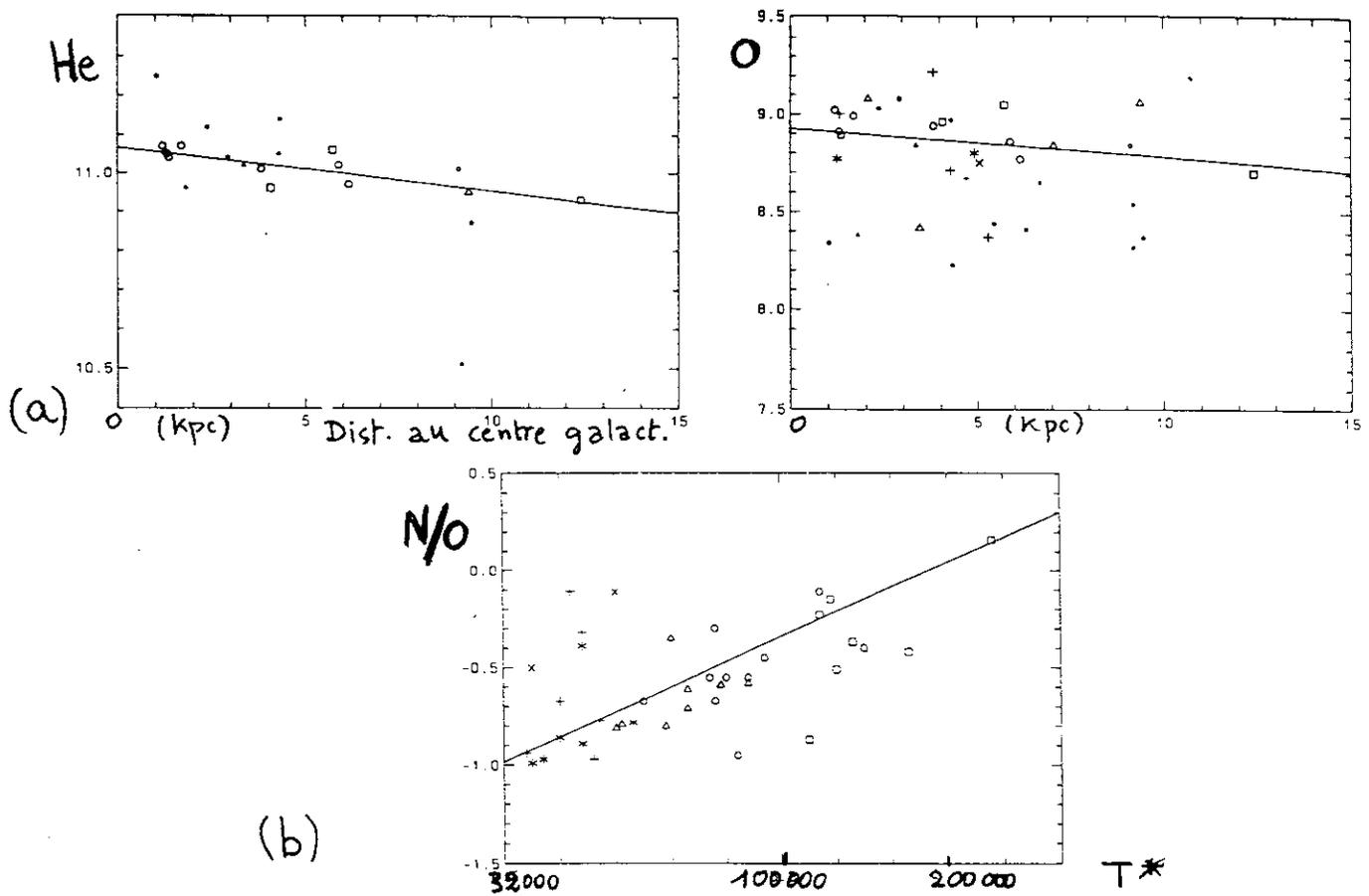


FIG. 12 - Gradients chimiques radiaux dans notre Galaxie (a) et enrichissement N/O en fonction de la température de l'étoile centrale, qui augmente avec sa masse (b) (d'après Köppen, Acker, Stenholm, 1991).

Pequignot et Baluteau (1994) ont détecté des éléments lourds dans le spectre de la jeune NP, très brillante, NGC 7027 (fig. 13), montrant ainsi que le processus nucléaire de capture de neutrons peut être effectif dans les étoiles progénitrices de NP riches en carbone (les plus massives).

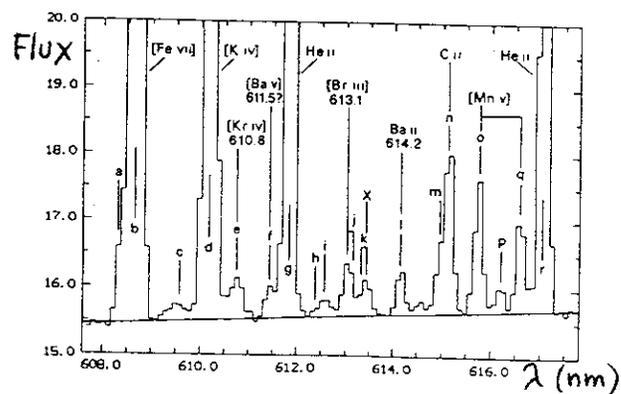


FIG. 13 - Détection de Fer, Potassium, Krypton, Barium, Manganèse dans le spectre de NGC 7027.

## Conclusion

Laboratoires pour tester des modèles de photoionisation et de mécanismes hydrodynamiques, jalons dans la théorie de l'évolution stellaire, les NP jouent de plus un rôle important dans l'évolution chimique de la Galaxie. Les éléments chimiques, synthétisés par fusions nucléaires au centre des étoiles, sont rejetés par les NP dans le milieu interstellaire, qui sera enrichi peu à peu de ces cendres d'étoiles éteintes. Or, toutes les étoiles de masse initiale inférieure à 8 masses solaires subissent probablement la phase NP, ce qui représente au total une quantité énorme (de l'ordre de 15 milliards de masses solaires) de gaz reconditionnés, augmentant progressivement la métallicité du milieu interstellaire, d'où vont naître de nouvelles générations d'étoiles.

Parce que leur luminosité est concentrée dans quelques raies, les NP observées dans ces longueurs d'onde sont visibles à de très grandes distances (jusqu'aux confins de la Voie Lactée - voir Fig. 14 - et aux galaxies voisines) - quoique ces distances soient très mal connues, vu la complexité de leur histoire et les formes multiples qui en découlent.

Population couvrant une gamme étendue d'âges (typiquement 1 à 10 milliards d'années), les NP sont des traceurs précieux pour l'étude chimique de la Galaxie, et en particulier pour le bulbe et ses possibles générations récentes d'étoiles.

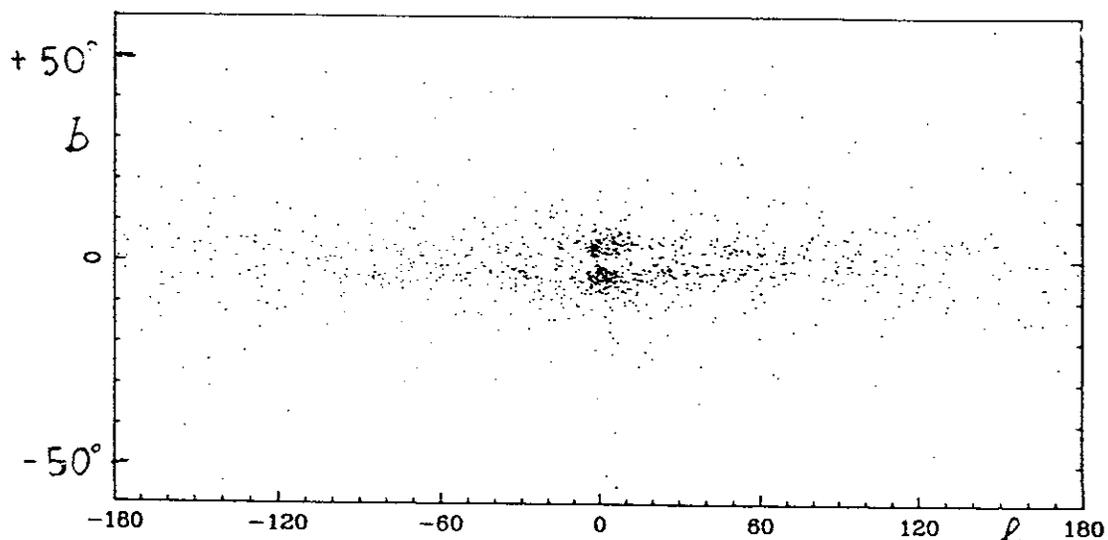


FIG. 14 - Distribution des NP dans notre galaxie, en longitude  $l$  et latitude  $b$ . On voit bien l'effet de l'extinction interstellaire dans le plan galactique ( $b = 0^\circ$ )

## L'ASSEMBLEE GENERALE DE EAAE

---

Les 23, 24 et 25 Novembre 1995 s'est déroulée à Athènes l'Assemblée Générale constitutive de l'EAAE (European Association for Astronomy Education). Quinze français y participaient : Lucienne Gouguenheim en tant que membre du Conseil Exécutif Provisoire, Michèle Gerbaldi invitée pour parler de l'enseignement à distance, Marc Moutin pour l'Association des Planétariums de Langue Française, Jean-Yves Daniel, du Ministère de l'Education et Francis Berthomieu, Martine Bobin, Frédéric Dahringer, Didier Demarque, Jean-Luc Fouquet, Edith Hadamcik, Lucette Mayer, Sophie Remy, Josée Sert, Catherine Vignon et Denise Wacheux. Une réunion préparatoire avait eu lieu à Paris au mois de Septembre, un Comité National Provisoire y avait été désigné, et nous avons fait des propositions pour cette Assemblée Générale, en particulier pour la création de groupes de travail qui perdureraient ensuite pour donner une vie réelle à l'Association.

Nous avons été luxueusement reçus par Denys Simopoulos et son équipe, et la Fondation Euge-nides nous a accueillis dans ses locaux pour les réunions plénières et les séances de planétarium. Les principaux travaux ont consisté à :

- discuter puis adopter les statuts, qui avaient été préalablement préparés par Roland Szostak, secrétaire provisoire, en collaboration avec des juristes Allemands (le siège de l'Association est en effet à l'ESO, Garching près de Munich), ce qui a pris une après-midi et une soirée entières,

- signer la charte de fondation, élire les membres du Conseil et les représentants nationaux, ce qui a été fait après proposition en bonne et due forme (une candidature devait être présentée par deux membres de l'Association la veille du scrutin), déterminer quels seraient les groupes de travail et en désigner les responsables, ce qui a pris le même temps le dernier jour.

Les débats ont été animés par Richard West (notre "père et mère") et il faut reconnaître que, outre la comète, nous lui devons beaucoup pour la conduite de ceux-ci : son écoute, son désir de prendre en compte le plus possible les diverses remarques, sa volonté d'aboutir, sa patience et sa grande courtoisie ont dominé ces longues heures passées sur ces questions de procédure.

Le Conseil est ainsi constitué : Président : D. Simopoulos (Grèce), Vice-Président : F. Wagner (Luxembourg), Secrétaire : J. More (Ecosse), Trésorier : F. Volck (Allemagne), Editeur de la "Newsletter" : M. Reichen (Suisse), quatre autres membres : L. Abati (Italie), L. Gouguenheim (France), K. Jepsen (Danemark), R. Wieling (Pays-Bas) et enfin R. A. Buckman (Grande-Bretagne) pour le Soutien Financier et A. Vasterberg (Suède) pour la Communication (Internet, Newsletter).

Les groupes de travail sont les suivants :

- "Concepts astronomiques" ou quels savoirs (ou savoir-faire) attend-on des élèves à la fin des grands cycles éducatifs et comment on essaie de les faire prendre en compte dans les programmes : responsable : R. Gaitzsch (Allemagne).

- Matériel didactique : responsable : L. Gouguenheim (France)

- Formation des enseignants (et éducateurs) : Rosa Maria Ros (Espagne)

- "Projets européens pour les élèves" ou organisation de projets concernant des élèves ou des classes de plusieurs pays (un exemple d'activité étant venu de l'éclipses partielle d'octobre 1996 : des observations en divers points d'Europe permettraient un calcul de la distance Terre-Lune) : responsable : M. Winther (Danemark).

- Recherche pédagogique : responsable F. Pettersen (Norvège)

- Action en direction du grand public : responsable : N. Matsopoulos (Grèce)

- Planétariums : responsable : M. Moutin (France).

Ces groupes n'ayant pas eu beaucoup de temps pour se réunir, les intitulés sont parfois un peu

flous, et le contenu précis reste à élaborer : la première tâche des responsables consistera à définir les objectifs et les directions de travail prioritaires, avec les membres qui s'y sont inscrits. Nous nous sommes répartis dans ces divers groupes et nous indiquerons dans le prochain numéro des Cahiers Clairaut qui joindre pour participer au travaux de ces groupes de travail.

En effet, il n'est pas encore possible de devenir membre de l'EAAE pour ceux qui n'étaient pas à Athènes : l'enregistrement de l'Association prendra un bon mois en Allemagne et seulement après seront définies les modalités d'adhésion pour chaque pays (en France, nous aurons peut-être besoin d'une association relais type loi de 1901 pour pouvoir collecter les fonds). Les lecteurs des Cahiers devront donc devoir patienter encore un peu pour adhérer et participer à l'EAAE!

C'est essentiellement ce que nous retiendrons de cette AG d'Athènes... Il y aurait beaucoup à dire sur nos humeurs diverses là-bas : notre déception devant le peu de temps accordé à la construction réelle de l'organisation à travers les groupes de travail, alors que nous avons passé une après-midi, fort sympathique certes, à l'Acropole et à l'observatoire du Penteli ; le peu de temps dévolu aux interventions pédagogiques alors que nous avons passé des heures devant des projections de pages d'ordinateur censées nous démontrer les mérites d'Internet ou de tel CDI ou CD-ROM ; la présentation de certains spectacles de planétarium, esthétiques peut-être, mais n'ayant pas d'objectif scientifique ; et les regrets que les contacts n'aient vraiment pris de consistance qu'après les travaux de la dernière demi-journée...

Mais pour terminer de manière moins désabusée, nous pouvons dire que le groupe français n'est pas resté passif :

- deux des nominations des membres élus du Conseil avaient été présentées par notre groupe (Lucienne ayant été présentée par le groupe Italien et ayant été sollicitée pour de plus hautes fonctions par le groupe Allemand), nos principales propositions pour les groupes de travail ont souvent été à la base de la désignation de leurs animateurs...

- Quatre contributions ont été présentées en séance plénière : Denise Wacheux a montré son parapluie, Jean-Luc Fouquet a parlé de l'enseignement de l'Astronomie pour les enfants de moins de 15 ans, Francis Berthomieu a donné un exemple d'utilisation active par les élèves de son dernier logiciel sur la Lune et Michèle Gerbaldi a commenté le bilan de la formation à distance en Astronomie délivrée par la Faculté d'Orsay.

Comme nous l'a dit l'un des participants, H. Ateb de Tunisie (mais oui ! cela aussi, c'est l'EAAE...), "avec le CLEA, vous autres Français n'avez pas besoin de cette association européenne" ; certains d'entre nous au CLEA le pensent aussi et préfèrent lui réserver leur énergie. Faut-il participer ou non à l'EAAE ? Le CLEA existe à travers le travail de tous ses membres et il continuera à travers sa diversité et son originalité ; si nous sommes plusieurs à nous investir en plus à l'EAAE, c'est que, forts de cette richesse, nous pouvons apporter à l'EAAE notre conception de l'enseignement de l'Astronomie (que nous partageons si spontanément avec les Espagnols, les Italiens par exemple), et ce n'est sûrement pas inutile face à une conception "européenne" plus fascinée par la technologie et autres écrans. Et au-delà je rappellerai aussi la conception de l'Ecole qui nous est chère : celle qui éduque, mais aussi celle qui socialise et qui intègre... ce qui n'a pas l'air si évident pour les partisans du tout Internet. Comme dirait Paul Virilio, n'abandonnons pas notre "prochain" au profit de notre "lointain" (même si le lointain est toujours cher au coeur des astronomes !).

Josée SERT

représentante nationale de l'EAAE pour la France

Depuis la suppression des classes de Terminale A2-A3, remplacées par les classes de Terminale L en 1994, l'astronomie a disparu des programmes de mathématiques des classes du secondaire. Cela n'empêche pas les professeurs qui s'y intéressent de proposer à leurs élèves des exercices à support astronomique ; ce qu'a fait l'équipe qui organise la compétition "MATHEMATIQUES SANS FRONTIERES".

Il s'agit d'un concours de mathématiques qui s'adresse aux élèves de troisième et de seconde ou de niveau équivalent dans les pays étrangers. Les classes entières concourent entre elles et elles ont à résoudre en une heure et demie dix ou treize exercices à l'énoncé ludique et motivant.

L'énoncé de l'un des exercices est proposé en anglais, allemand, italien et espagnol, et les classes doivent en rédiger la solution dans l'une de ces langues.

Il s'agit d'un travail en équipe récompensé par des prix au mois de mai grâce au soutien des collectivités territoriales et locales, et grâce à des sponsors privés.

L'an dernier, 67000 élèves de 2440 classes ont participé. 20 pays parlant 12 langues sont concernés. Il y a 30 secteurs d'organisation relativement indépendants ; leur point commun : la date du concours le jeudi 15 février 1996 et les sujets.

L'équipe qui conçoit les sujets est internationale. Elle recueille et retravaille les propositions venant des différentes équipes.

Voici un exemple d'énoncé :

### Spécial Seconde

Exercice  
5 13  
Points

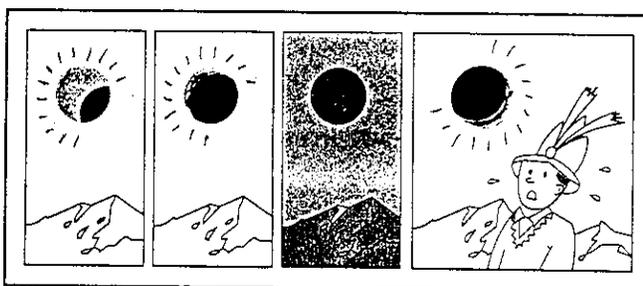
### Calcul obscur

Tintin l'avait prédit aux Incas : un très court instant, le disque lunaire noir est venu cacher **exactement** l'astre du jour: il y a une éclipse totale de soleil.

Tintin s'interroge : quel est le rayon du soleil ?

Il connaît celui de la lune : 1 738 km. Le professeur Tournesol consulte ses éphémérides et lui dit qu'à l'instant de l'éclipse, Tintin se trouve à 150 millions de kilomètres du centre du soleil et à 375 000 km du centre de la lune.

Faire un croquis et présenter un calcul du rayon du soleil qui utilise ces données.



### LES ACTIVITES DU CIJ DU LYCEE DE BARR.

Durant deux années scolaires consécutives ( 1993 - 94 et 1994 - 95 ), les jeunes du club INSERM du Lycée de Barr ont travaillé sur le thème: » **L' Homme dans l'espace** ».

Une vingtaine de jeunes de seconde, première et terminale se sont investis à la recherche de renseignements auprès d'organismes ( l'Agence Spatiale Européenne, le Centre National d'Etudes Spatiales et l'Institut de médecine et de physiologie spatiale de Toulouse), dans des ouvrages ( « L'Homme dans l'espace » de J.P. Penot, Presse Pocket; « L'espace, cet autre monde » de J.P. Penot Coll. Périoscope; « Vivre et travailler dans l'espace » article de C. André Deshayes et J. Seylaz.)

Au Planétarium de Strasbourg ils ont approfondi leurs connaissances grâce aux spectacles « Sommes nous seuls dans l'Univers? » ( mars 94) et « Poussières d'Etoiles » ( nov. 94).

Ils ont bénéficié de deux conférences en mars 1994 au Lycée de Barr. L'une donnée par Madame Laurence Schaffar ( INSERM ) intitulée « La biologie de l'Homme dans l'espace », l'autre par Monsieur Alain Esterle ( CNES ) avec pour thème « La microgravité ».

Dans le cadre de la manifestation « Les enjeux de l'espace », au printemps 95, quelques jeunes ont approché et discuté avec C. André Deshayes et J.P.Haigneré puis ont suivi la conférence-débat organisée par le Planétarium au Palais des Congrès de Strasbourg. Au cours de cette grande manifestation , deux représentants de l'ANSTJ ont appris aux jeunes à construire puis lancer leurs propres fusées.

Toutes ces recherches ont abouti à la réalisation de dix huit panneaux d'exposition, d'un montage vidéo ( séquences fournies par le CNES ), d'une fusée « décorative » et d'un jeu type « question - réponse » sur le thème de l'Homme dans l'espace.

Ces réalisations ont été présentées lors de deux manifestations locales: - « Exposcience » en mai 95,

- « La Science en Fête » en octobre 95.

Le Club INSERM du Lycée Schuré de Barr.

## Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

**LE MONDE DES ETOILES** sous la direction de Daniel Benest et Claude Froeschlé, préface de Evry Schatzman, avec les contributions de Lucienne Gouguenheim, Michelle Loulergue, Jean-Pierre Rozelot, Christoffel Waelkens et Jean-Paul Zahn ; collection "Les Fondamentaux", 160 p. ; éd Hachette 1995 (56 F)

**L'UNIVERS DES GALAXIES** sous la direction de Daniel Benest et Claude Froeschlé avec les contributions de Alain Blanchard, Lucette Bottinelli, Suzy Collin, Lucienne Gouguenheim, Jean Lefèvre et Laurent Nottale ; collection "Les Fondamentaux", 160 p.; éd Hachette 1995 (56 F)

Ces deux volumes vont constituer, pour nous enseignants, l'ouvrage de référence par excellence : toutes les connaissances de base en astrophysique soigneusement mises à jour dont nous pouvons avoir besoin dans notre enseignement. Une parfaite réussite, aussi bien comme manuel de l'étudiant premier cycle en science que comme lecture de vulgarisation sérieuse, qui s'explique par la qualité des rédacteurs aussi bien que par la circonstance exceptionnelle qui a motivé cette rédaction collective.

Tous les textes ont été préparés puis rédigés par les conférenciers d'une Ecole de Printemps d'Astronomie et d'Astrophysique de Goutelas (Forez). Cette école dont la création est une initiative d'Evry Schatzman réunit chaque année des astronomes professionnels qui échangent leurs idées sur un thème choisi. Mais, en mai 1993, Daniel Benest et Claude Froeschlé ont eu la bonne idée de s'adresser particulièrement aux personnels des institutions astronomiques "*afin de leur faire mieux connaître les sujets de recherche de ceux avec qui ils travaillent quotidiennement.*" Les conférenciers qui sont des spécialistes s'adressaient donc ici à un public non spécialiste mais motivé. Toutes proportions gardées, les participants à cette école de Goutelas, conférenciers et stagiaires, ont trouvé dans un cadre charmant un climat convivial assez semblable à celui des universités d'été du CLEA. Auditeurs prêts par conséquent à certains efforts ainsi qu'à discuter avec les conférenciers ; ceux-ci également motivés pour donner à leur message toute son efficacité.

La préface d'Evry Schatzman rappelle les conditions particulières de l'école de 1993. Le sommaire des deux livres montre l'étendue de l'information réunie (en italique le nom du spécialiste ayant assuré la rédaction du chapitre) :

### PREMIER VOLUME

1. De la lunette de Galilée aux supertélescopes : les progrès de l'optique déformable (*J-P.Rozelot*)
2. Ce que nous apprend la lumière (*L.Gouguenheim*)
3. Le Soleil, notre étoile (*M.Loulergue*)
4. Structure et évolution stellaire (*C.Waelkens*)
5. Les étoiles doubles (*J-P.Zahn*)

### SECOND VOLUME

1. La distance des astres : de la Terre aux étoiles (*L.Bottinelli et L.Gouguenheim*)
2. Le milieu interstellaire (*J.Lefèvre*)
3. Les galaxies : leurs découvertes, propriétés physiques et évolutions (*L.Bottinelli*)
4. Les quasars et les noyaux actifs de galaxies (*S.Collin*)
5. Introduction à la cosmologie physique (*A.Blanchard*)
6. Relativité et cosmologie (*L.Nottale*)

Au fil des pages, la notion d'évolution me paraît ressortir de façon dominante. Le ciel étoilé a vraiment perdu aux yeux des astronomes (et aux instruments qui agrandissent singulièrement leur perception) cet aspect d'éternité qui fut, jadis, propice aux rêveries légendaires et aux mythes. Destin de l'étoile, presque complètement écrit dans sa masse initiale ; diversité des âges et diversité des phases successives de l'évolution contribuent à donner un paysage aussi varié que celui d'une forêt où jeunes baliveaux voisinent avec chênes centenaires. Le schéma (p.54, vol.2) du cycle de la matière dans la Galaxie m'a fait longtemps rêver. Et plus loin : "*L'évolution d'une galaxie se traduit par un appauvrissement progressif de son contenu global en gaz au profit des étoiles et d'un enrichissement en éléments lourds de la composition chimique du milieu interstellaire résiduel.*" (p.72). Quand on voit aussi les trois pages qui donnent la liste des molécules interstellaires identifiées, comment ne pas penser... la vie n'est pas loin ou, si on est de tempérament moins optimiste, que sera l'Univers de

vieilles galaxies ?

Ce que j'aime, dans ces deux livres, c'est la façon d'aller très loin à partir de bons exemples. Ce que Zahn réussit parfaitement en allant jusqu'au bout du secret de  $\xi$  Ursae Majoris. Et si ce fut possible, rendons en grâce aux initiateurs de l'école 1993 de Goutelas.

G.W.

LE TEMPS par Etienne Klein ; collection "Domino" 128 p. ; éd Flammarion 1995

"Le temps"... tout un programme, magistralement traité dans ce petit livre ! Un des fils conducteurs de cette présentation est la confrontation entre le temps vécu, évident mais insaisissable dès qu'on veut le définir, et le temps des scientifiques, ou plutôt LES temps car chaque branche de la science a le sien :

- Temps de Newton absolu et réversible (on peut prédire de la même façon les éclipses passées et à venir) ;
- Temps de la thermodynamique plus proche de notre humaine condition car irréversible ;
- Temps d'Einstein relatif et emmêlé avec l'espace qui heurte notre bon sens primitif du temps ;
- Temps de la cosmologie qui nous promet peut-être un éternel retour ;
- Temps de la mécanique quantique chahuté à chaque mesure ;
- Temps de la physique des particules qui contient un zeste d'irréversibilité et détient peut-être le secret de notre existence... Ainsi l'Auteur nous conduit agréablement à travers la physique avec, pour chaque partie, un exposé bref et profond.

Quant à l'irritante pluralité des temps, elle peut s'ordonner autour d'une question : la physique a-t-elle "vocation à décrire l'immuable", ou bien, au contraire, doit-elle "devenir la législation des métamorphoses" ? Doit-elle penser comme Parménide, philosophe de "l'Etre et de l'immobilité", ou comme son collègue Héraclite, philosophe du "Devenir et de la mouvance" ? La science classique qui recherche des lois générales et justement indépendantes du temps est plutôt du côté de Parménide. Mais certains francs-tireurs, comme Prigogine, chantre de l'irréversible et du devenir souhaiteraient nous entraîner avec Héraclite dans le fleuve du temps...

Toutes ces questions ne sont évidemment pas tranchées mais posées de façon magistrale elles donnent matière à réflexion. La lecture de ce petit livre stimulant nous laisse émerveillés, avec des pensées claires sur la physique.

Annie Laval

NEWTON par Richard Westfall ; collection "Figures de la science" 892 p. ; éd Flammarion 1994 (295 F)

Elle est épaisse et pesante, la biographie de Newton par Richard Westfall, à peine moins massive que le petit Larousse. Cela risque de décourager plus d'un parmi les lecteurs potentiels. Ce serait vraiment dommage car cette somme d'érudition, fruit d'un travail de vingt ans, fera date dans l'histoire des études newtoniennes.

La personne même de Newton a toujours été plus ou moins éclipsée par les commentaires de son oeuvre scientifique. R. Westfall a voulu rétablir l'équilibre en situant les divers aspects de l'oeuvre dans le cadre d'une carrière de savant à l'aube du XVIII<sup>ème</sup> siècle, au milieu des controverses, des relations épistolaires, des amitiés, des intrigues et parfois des basses manoeuvres.

L'homme qu'on découvre n'a rien de particulièrement pittoresque. Galilée, Kepler et même Descartes ont mené des existences plus spectaculaires, parfois plus romanesques. Rien de tel chez Newton, qui n'a été ni banni, ni persécuté, ni même gêné dans ses recherches, sinon par quelques polémiques auxquelles il n'a pas réussi à échapper malgré sa grande méfiance et son goût du secret.

R. Westfall nous fait assister à la naissance du "calcul", explique très précisément les expériences d'optique, mais nous fait aussi participer aux recherches alchimiques, aux discussions théologiques

(rapport exact entre Jésus et Dieu, falsification de certains textes bibliques au IV<sup>ème</sup> siècle) et aux travaux de chronologie. L'élaboration des **Principia** occupe bien sûr une place centrale dans cette biographie : modifications entre les éditions successives, difficultés soulevées par certaines propositions, échecs sur quelques problèmes, corrections peut-être abusives de diverses données expérimentales pour mieux confirmer la théorie (vitesse du son, précession des équinoxes). Sur ce dernier point, la sévérité de R. Westfall pourra paraître excessive : chacun en jugera d'après les nombreux documents fournis.

La question classique du véritable inventeur du "calcul" (Newton ou Leibniz ?) est évidemment traitée en profondeur, avec là aussi de nombreux documents qui semblent favorables à Newton sans toutefois pouvoir trancher définitivement.

S'il fallait exprimer une réserve sur cette belle biographie, ce serait un certain ennui ressenti à la lecture des passages alchimiques et théologiques, sujets vraiment dépourvus de toute séduction pour le lecteur moderne. Il faut se faire une raison : c'est une biographie "pure et dure", rien ne doit être laissé dans l'ombre. Heureusement ces passages sont bien approfondis, mais sans aller jusqu'à l'overdose. En cas de malaise persistant, on aura le droit de tourner quelques pages.

L'iconographie est riche : outre les figures nécessaires aux explications, on trouvera des manuscrits et dessins de Newton lui-même, des gravures d'époque, de nombreux portraits et surtout d'extraordinaires bustes sculptés dans l'ivoire par un certain Le Marchand (p.783) qui donnent, à tort ou à raison, la certitude d'avoir vu Newton en personne. Le génie du sculpteur s'impose avec une telle autorité que tous les autres portraits, y compris et surtout celui de la couverture, paraissent peu convaincants, oeuvres d'apparat aux drapés conventionnels.

Une belle et grande biographie, sans complaisance, sans perruque poudrée : certainement le plus ressemblant des portraits.

Pierre Lerich (août 1995)

**DU FEU** par Adolphe Pacault ; collection "Questions de science", 138 p.; édition Hachette 1995

Bien qu'intitulée "Questions de science", cette collection fait une bonne part aux aspects non scientifiques du sujet traité. La première moitié de ce petit livre évoque diverses techniques et idées relatives à cette "chose" fascinante qu'est le feu ; approche certes originale mais forcément fragmentaire ce qui implique des choix que l'on peut aimer ou non, mais là n'est pas mon propos. Je voudrais plutôt insister sur les 65 pages suivantes qui racontent de façon magistrale l'histoire de *l'effort collectif fait pour conceptualiser le feu*.

Le feu-combustion a d'abord polarisé la réflexion, puis le problème s'est généralisé à la relation entre feu et chimie. On a déjà beaucoup écrit sur ce sujet, mais c'est une si belle histoire que l'on ne s'en lasse pas ! On y voit combien il est difficile de poser les bonnes questions – alors les bonnes réponses ne sont pas loin. Voilà une belle leçon d'épistémologie appliquée.

Le feu est aussi chaleur, mais qu'est ce que la chaleur, notion pourtant si familière ? L'étude expérimentale débute tardivement, au XVIII<sup>ème</sup> siècle. La conceptualisation se révèle difficile : peu à peu il apparaît nécessaire de différencier chaleur et température, chaleur "sensible" et chaleur "latente" – et tout cela peut nous conduire à des comparaisons instructives avec les difficultés rencontrées par nos élèves dans la construction de ces concepts. Là encore, c'est Lavoisier qui fait le point, avec quelle clarté et quelle prudence ! Car s'il sait mesurer quelque chose qu'on nomme "calorique", il n'en connaît pas la nature : fluide ou mouvement ? Ces deux idées se confrontent, s'affrontent à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle.

Pendant que ces messieurs discutaient à l'Académie de ces problèmes dits alors philosophiques, des bricoleurs de génie contruisaient des machines à feu et, peu à peu, empiriquement, amélioraient leur rendement. Il est très attrayant de lire la description des dispositifs astucieux alors inventés, car ce livre fourmille de faits concrets placés dans leur contexte historique. Enfin, voilà qu'entre en scène le théoricien. Sadi Carnot, à l'opposé des ingénieurs qui travaillent au perfectionnement de ces machines, ne se préoccupe aucunement de mécanisme, il établit les principes généraux qu'il publie sous le titre **Réflexions sur la puissance motrice du feu**, modèle de pensée abstraite et de simplicité. On est si bien

pris par ce récit que l'on est un peu déçu que l'Auteur nous lâche au milieu du gué, la conservation chaleur-travail reste en suspens, on nous dit que c'est une autre histoire, aurons-nous la chance de la lire bientôt ?

Ces 65 pages se lisent d'un coup, pour le plaisir. Mais on peut aussi les méditer et en faire le support pédagogique d'une réflexion historique et épistémologique avec les élèves de lycée, puisqu'après une longue éclipse, les moteurs thermiques font leur réapparition dans les programmes.

A.L.

DE L'EAU par Paul Caro ; collection "Questions de science", 192 p. ; édition Hachette 1995

S'il y a une unité certaine entre les livres de cette collection "Questions de science", chacun de ses volumes reste cependant original. **De l'eau** est très différent **Du feu**.

Dans une présentation rapide, Dominique Lecourt, le philosophe directeur de la collection, donne un aperçu historique de l'importance de l'eau dans l'imaginaire des hommes. *Prototype de la matière spiritualisée*, l'eau est source de vie, moyen de purification, etc., autant d'obstacles à une étude rationnelle qui ne se développera que tardivement.

Paul Caro prend ensuite le relais avec un exposé scientifique qui, sans être exhaustif, présente un large panorama des problèmes théoriques mais aussi pratiques posés par cette banale matière : l'eau. Cet exposé comprend des connaissances classiques (capillarité, écoulement) mais aussi des découvertes plus récentes sur la structure de la molécule et surtout plus originale : *la vie collective des molécules d'eau*. Car si on connaît maintenant assez bien la molécule isolée, il y a encore beaucoup à apprendre sur les relations entre molécules à l'état solide et liquide. Les Esquimaux ont 46 mots pour désigner la glace... et les scientifiques dénombrent à peine moins de modes d'empilement des molécules d'eau. Et pour le liquide, les problèmes sont encore plus complexes car aux structures (oui, il y a des structures dans l'eau liquide) s'ajoute le mouvement. Simulé sur ordinateur, le comportement de ces molécules que l'Auteur qualifie de *souples* et *agiles* est proprement effarant. On connaissait les *anomalies* de l'eau, mais plus on scrute avec des méthodes nouvelles, plus l'originalité de ce petit paquet de trois atomes se confirme. Alors, pourquoi pas "la mémoire de l'eau" puisque le liquide présente certaines structures ? Ce problème est également abordé et proprement expédié.

Vous saurez tout, ou presque, sur l'eau en lisant ce petit livre à la fois classique et original, un peu difficile pour un ouvrage de vulgarisation car sans concession, mais tout de même attrayant. On y apprend beaucoup sur les techniques d'investigation de pointe et sur les horizons nouveaux qui s'ouvrent à la recherche. On n'a pas fini d'ausculter l'eau et de s'émerveiller de l'exubérance des formes et des mouvements nés de la "versatilité" de cette petite molécule.

A.L.

LE CHAOS DANS LE SYSTEME SOLAIRE par Ivars Peterson ; collection "Sciences d'avenir", 288 p. ; édition Pour la Science, diffusion Belin, 1995 (120 F)

Voici un livre de bonne et plaisante vulgarisation sur un sujet, la mécanique du système solaire, qui est à la fois des plus classiques et de la plus brûlante actualité. En 1937, quand Pierre Humbert publiait **De Mercure à Pluton, planètes et satellites** (éd. Albin Michel), il disait bien que des découvertes restaient attendues, dans l'identification des satellites de Saturne par exemple, mais l'image que donnait l'exposé pour l'ensemble du système était celle d'un mécanisme parfaitement conforme à l'idéal laplacien du déterminisme. Aucune question n'était examinée sur la formation du système. Associer le système solaire au concept de chaos aurait été jugé parfaitement incongru. Aujourd'hui, ce n'est plus le cas ; affaire, non de mode, mais d'avènement de l'informatique, affaire surtout de prise de conscience (ce qui demande beaucoup de temps) des insuffisances de la mécanique newtonienne. En 1937, Poincaré était mort depuis un quart de siècle mais il faut plus de temps que ce délai si court pour assimiler les idées neuves. L'exploration spatiale a fait le reste de l'évolution des esprits en permettant une sorte de "mécanique céleste expérimentale" que les astronomes, entre les deux guerres, ne pouvaient imaginer.

Que nous raconte donc Ivars Peterson ? Il commence, et c'est la sagesse, par rappeler les données courantes de l'observation puis les conceptions anciennes pour expliquer ou tout au moins

décrire de façon correcte les mouvements des cinq planètes. Mouvements qui paraissaient si bizarres que les cinq astres concernés étaient appelés *errants* ( en grec ) que nous traduisîmes en planètes. Les étapes Copernic, Kepler, Newton sont bien racontées ainsi que la suite des découvertes (Herschel puis Le Verrier) et des grands travaux théoriques (Laplace). Pensons à l'enthousiasme justifié des contemporains d'Arago quand ils entendirent ce savant glorifier l'exploit de Le Verrier qui avait découvert Neptune "au bout de sa plume". Le XIX ème siècle semblait pouvoir s'achever sur cette image de sérénité. C'était ignorer ce qu'allait découvrir un mathématicien, peut-être myope, mais singulièrement lucide dans son analyse de la mécanique newtonienne.

Poincaré, comme Einstein un peu après lui, ne dénigre certes pas l'oeuvre de Newton. Mais, presque deux siècles après lui, ils ont, l'un et l'autre, des connaissances qui leur font juger "trop belles" les équations de la mécanique newtonienne : la variable  $t$  (le temps absolu ?) qui y figure ne peut-elle pas prendre des valeurs positives aussi bien que négatives comme si les phénomènes irréversibles n'existaient pas ? La formation du système solaire n'est-elle pas le type même du phénomène irréversible ?

Pour Laplace, le système solaire était stable à très peu près. On sait aujourd'hui calculer les éphémérides avec toute la précision désirable mais pas dix mille ans à l'avance. Notre système solaire donne l'image de ce que les mécaniciens d'aujourd'hui ont curieusement appelé le chaos stable. Avec un cas particulier et exceptionnel, celui de Pluton, comme si la forte inclinaison du plan de son orbite sur le plan moyen des autres orbites était à l'origine des symptômes chaotiques de ses mouvements.

Deux astronomes; Wisdom et Sussman, adaptèrent un puissant ordinateur, Digital Orrery, aux calculs qu'ils voulaient entreprendre. Ils purent ainsi calculer l'évolution de certains éléments des grosses planètes jusqu'à plus d'un milliard d'années, en faisant exception toujours pour Pluton. Pour les autres, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, ils conclurent à une relative stabilité comportant quelques écarts chaotiques. Autrement dit, le chaos stable.

Jacques Laskar, du Bureau des Longitudes, a repris cette étude pour les planètes intérieures par d'autres méthodes et d'autres instruments de calcul. Il se limite à un avenir de cent millions d'années vers le passé ou vers l'avenir, en pratiquant par tranches de 500 années. Ses conclusions restent prudentes : "*les calculs montrent que la Terre a de grandes chances de rester pratiquement à la même distance du Soleil au cours de 100 prochains millions d'années mais on ne peut en être absolument sûr.*" L'horizon des prévisions des orbites des planètes intérieures n'excède pas quelques dizaines de millions d'années. Donc, en fin de compte "*le système solaire interne est près d'être chaotique mais la signification de ce près est difficile à discerner.*"

La lecture du livre de Peterson est donc passionnante. Je pense que ce passage de l'enthousiasme déterministe d'un Laplace aux incertitudes instructives d'un Laskar plaira à tous les lecteurs. D'autant que notre Auteur sait enrichir son exposé de rappels historiques bien choisis. Je citerai, pour finir, la mention des quatre obstacles qui, selon Roger Bacon, le Docteur admirable, entravaient la recherche de la vérité : 1) la foi en une autorité infaillible, 2) l'acceptation aveugle de coutumes ancestrales, 3) l'adoption de croyances populaires infondées, 4) l'étalage d'une fausse sagesse. Il m'a paru plaisant que cet excellent message du XIIIème siècle vienne conclure de toute son actualité ce livre moderne.

G.W.

P.-S. Deux remarques sur l'édition française de ce livre : pourquoi n'avoir pas rappelé son titre original et surtout la date de sa publication en anglais (en 1993, je crois) ? Pourquoi enfin ne pas mentionner le nom du traducteur ?

**LES COMETES – Témoins de la naissance du système solaire** par Jacques Corvisier et Thérèse Encrenaz ; collection "Croisée des sciences" 144 p. ; éd. Belin 1995 (145 F)

Ce livre nous propose une très jolie présentation des comètes et de tout ce que la science moderne, grâce à elles, nous apprend sur la formation du système solaire. "Très jolie" signifiant qualité de la présentation d'ensemble et abondance d'illustrations bien choisies. Et la qualité de la présentation, qui saute aux yeux dès l'abord, correspond à une densité et clarté de l'exposé qui font du livre une référence sur ce sujet passionnant.

Cela commence par un rappel historique indispensable pour nous remettre en mémoire les plus

extravagantes prédictions formulées à l'occasion de l'apparition d'une comète. Ou, mieux, nous faire relire Sénèque qui, il y a deux mille ans, écrivait dans ses **Questions naturelles** : *Pourquoi s'étonner que les comètes dont le monde a si rarement le spectacle, ne soient point encore pour nous astreintes à des lois fixes, et que l'on ne connaisse ni d'où viennent, ni où s'arrêtent ces corps dont les retours n'ont lieu qu'à d'immenses intervalles ? Le temps viendra où une étude attentive et poursuivie pendant des siècles fera le jour sur ces phénomènes de la nature. Il naîtra quelque jour un homme qui démontrera dans quelle partie du ciel errent les comètes, pourquoi elles marchent si fort à l'écart des autres planètes, quelles sont leur grandeur et leur nature.*"

L'analyse de la structure des comètes, ces petits astres en évolution rapide, est enrichie d'excellents schémas. Nos Auteurs traitent de l'observation visuelle puis des enseignements de la spectroscopie. Un chapitre est consacré à l'exploration de la comète de Halley en 1986. un épisode qui a donné lieu à beaucoup de travaux aux équipes du CLEA ; elles auront donc intérêt à se reporter à ce livre. Les techniques nouvelles, l'observation en infra-rouge ou en ondes radio conduisent à l'étude de l'activité des noyaux. Autre événement qui nécessite un chapitre spécial, le collision de la comète Shoemaker-Levy avec Jupiter.

Bref, tant par la richesse de sa documentation que la qualité de ses schémas, l'ouvrage de Jacques Corvisier et Thérèse Encrenaz intéressera tous nos lecteurs.

**JEUX DE LUMIERE - Les phénomènes lumineux du ciel** par Françoise Suagher et Jean-Paul Parisot ; 176 p. format 21/24 cm, relié toile ; édition Cêtre (Besançon) 1995 (240 F)

Nous connaissons déjà **Les phénomènes lumineux**, la série D1 des diapositives diffusées par le CLEA et réalisées justement par Françoise Suagher. Avec la collaboration de Jean-Paul Parisot, nos amis ont réalisé tout un livre qui passe en revue : la vision des couleurs, jeux d'ombre et de lumière, jeux de miroirs, jeux d'air, jeux d'eau, jeux de glace, jeux de billard, du coucher de Soleil à la nuit, curiosités et jeux de pinceaux. Texte clair et d'une abondance raisonnable, documents de première main comme cette photographie réalisée par Françoise "la montagne et son ombre". En annexe, les explications théoriques sont très complètes.

Un beau livre qui a une place toute trouvée dans le sabot de Noël des amis de la nature.  
C.W.

**ANNUAIRE DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET INDUSTRIELLE EN FRANCE**  
préface d'Etienne Guyon ; 360 p. ; éd. Z et ANSTJ.

Que trouve-t-on dans cet annuaire ? Des adresses de ministères, de musées, d'associations (par exemple, le CLEA, connaissez-vous ?), des planétariums, des organismes à vocation scientifique, des sources de documentation, des lieux de formation, des rendez-vous possibles, des sources de financement éventuels.

**LES PETITS PLANETARIUMS FIXES ET ITINERANTS EN FRANCE** - Une plaquette illustrée de 16 pages distribuée par l'Association des Planétariums de Langue Française (Observatoire de Strasbourg, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg). La carte de France, p.16 de la plaquette, avec ses ronds rouges qui figurent les planétariums fixes en fonction révèle les progrès de l'équipement du pays quand on a souvenir de la pénurie d'il y a vingt ans. Ce qui ne signifie pas que d'autres efforts ne restent pas indispensables, par exemple à Grenoble, à Bordeaux, à Rennes...

## DANS LES REVUES

**Pour la science** - n°216, octobre 1995, la comète Shoemaker-Levy 9 par D.Levy, E et C.Shoemaker.

**La Recherche** - n°280 octobre 1995. La revue inaugure une nouvelle maquette. Au sommaire, nous relevons un éditorial sur les essais nucléaires, un article sur Michel Spiro "le perceur d'infinis", un article de Roland Omnès "Une nouvelle interprétation de la mécanique quantique", une interview de François Jacob "Trente ans après" et une "Mise au point" sur l'électron par Maurice Mashaal et Françoise Balibar. Ce dernier article marque un souci didactique à souligner.

# Chronique du CLEA

## Assemblée Générale 1995 à Strasbourg

L'assemblée générale annuelle du CLEA s'est réunie le dimanche 19 novembre 1995 dans un amphithéâtre de l'Université Louis-Pasteur (7 rue de l'Université, 67000 Strasbourg) sous la présidence de Lucienne Gouguenheim, Présidente de l'association et en présence d'une cinquantaine de participants venus de toutes les régions de France.

Lucienne dit la joie des membres du CLEA d'être reçus par les Strasbourgeois et en particulier par les membres de l'équipe animée par Agnès Acker qui a eu la charge de l'organisation de cette journée. Elle sait les difficultés d'une telle organisation et elle félicite toute l'équipe d'avoir si bien réussi à surmonter tous les obstacles. Elle doit aussi transmettre à l'assemblée les regrets des Collègues empêchés de venir ce jour à Strasbourg. Parmi eux, Marie-Noëlle Favrier, Chef du Département Culture Scientifique et Technique au Ministère de la Recherche qui suit toujours avec grande sympathie les travaux du CLEA, Roland Szostak, de Münster, qui est retenu par la préparation de l'assemblée constitutive de l'EAAE à Athènes, José Sert, de Toulouse, Jean Ripert, de Cahors, et Frédéric Dahringer, de Quimperlé, pour la même raison.

Lucienne fait adopter l'ordre du jour définitif de l'assemblée :

1. Compte rendu du secrétariat, comptes 1995 et budget 1996
2. Renouvellement statutaire du Conseil du CLEA
3. Activités et réalisations des groupes locaux du CLEA
4. Activités et projets à dimension européenne
5. Conférence par Agnès Acker *Les nébuleuses planétaires, traceurs de l'évolution stellaire et galactique*
6. Départ vers l'Observatoire astronomique et le Planétarium, spectacle "Poussières d'étoiles"

La présidente insiste auprès des participants pour qu'ils n'oublient pas de voter pour le renouvellement du Conseil de l'association.

**RAPPORT GENERAL** présenté par Gilbert Walusinski, secrétaire-trésorier.

Il a reçu également des lettres d'excuse de collègues empêchés : Annie Pincaut signale qu'à l'agrégation SVT, elle a eu la chance d'avoir un sujet sur la constante solaire et l'effet de serre, Victor Tryoën (de Flayosc), Jean Chapelle (de Clermont-Ferrand), Pierre Hug (de Salon de Provence), François Jaquet (de Neuchâtel) qui fait écho au travail du CLEA dans la revue *Math-Ecole*, Jean-Bernard Vaultier ( de *L'Astrolabe* de La Rochelle), Jacques Heulin (d'Angers).

Jeanine Chappellet ( de Nice) nous signale les activités de sa région, en particulier l'organisation de la 4ème exposition régionale "La science en marche" et les conférences hebdomadaires du planétarium du Collège Jules Valeri. Celui-ci pose sa candidature pour organiser l'assemblée générale du CLEA une année à venir.

André Brahic nous reproche amicalement d'avoir choisi la date du 19 novembre pour notre assemblée alors que ce jour le plan des anneaux de Saturne passe par le Soleil, un spectacle qu'il ne peut manquer d'observer à partir du télescope de Hawaï.

Cecilia Iwaniszewska (de Torun) pensera beaucoup à nous, ce jour, en se souvenant de son séjour d'étude à Strasbourg. On lui avait alors raconté que, de mémoire d'homme, il y a toujours eu des échafaudages quelque part aux murs de la cathédrale. "C'est un peu comme avec l'enseignement, - nous écrit-elle-, la tâche d'éducation ne finira jamais, on doit améliorer les programmes, les moderniser pour que la science soit présentée comme elle est, vivante..."

L'administration de notre association se déroule sans histoire avec un allègement sensible pour le secrétaire grâce à l'aide de Catherine Vignon, en particulier pour l'expédition des commandes. De son côté, Jacques Dupré assure ponctuellement la tenue du fichier informatisé des abonnés. Jean Ripert assure depuis Cahors les commandes de filtres (FCR) et des documents pour les fiches CLEA-Belin. Mention spéciale doit être faite du travail accompli par Michèle Gerbaldi à propos du kit pour la mesure de la constante solaire ; si nous avons dû abandonner la fourniture de ce matériel ce n'est pas faute des efforts de Michèle pour en maintenir le coût à un niveau convenable. Nous regrettons cet échec mais nous confirmons à ce propos notre souci de mettre au point des outils didactiques mis au

point par les enseignants eux-mêmes et réalisés au prix coûtant par les militants du CLEA.

Les tâches du secrétariat et de la trésorerie ne seraient pas toujours simples et faciles si notre Présidente n'avait le don de faire régner dans le CLEA un climat aussi convivial. L'aide de Lucette Bottinelli est aussi toujours là quand il faut résoudre un problème de stock ou de fabrication. Les succès du CLEA ne sont donc pas des réalisations miraculeuses mais le témoignage d'un bon travail d'équipe par des bénévoles acquis à la cause de l'enseignement de l'astronomie.

Quant au bilan financier de 1995, il est excédentaire, ce qui est - a priori - signe de bonne santé pour le CLEA et permet d'envisager pour 1996 le maintien des tarifs actuels sans augmentation. Il faut cependant nuancer cet optimisme de deux remarques :

- 1) Deux dépenses, celle du n°71 des CAHIERS et celle du retraitage des diapositives "Phases de la Lune" (D2) ont été différées ; elles devront être remboursées au généreux prêteur qui a assuré ces paiements, ce qui alourdira les dépenses en 1996 ;

- 2) Si le total des recettes est aussi important, c'est en grande partie grâce aux ventes des fiches pédagogiques, des filtres colorés et des diapositives. Cela prouve que ces matériels conviennent bien aux enseignants pour qui ils sont préparés mais en comparaison les recettes CAHIERS CLAIRAUT sont stagnantes. A quelques peu significatives variations près, le nombre des abonnés n'augmente pas : 981 (en 1990), 1041 (91), 1029 (92), 1064 (93), 1097 (94) et 1038 en 1995. Nous restons loin de l'objectif "2000 abonnés en l'an 2000".

Il reste donc à faire comprendre à tous les participants de nos stages et universités d'été qu'exploiter les thèmes développés dans nos fiches ou dans nos stages est bien mais que ces travaux seront encore plus fructueux si, grâce aux CAHIERS CLAIRAUT, des échanges se multiplient entre collègues : expériences à réaliser en commun, innovation de matériels didactiques, recherches de documents, etc

Le trésorier demande à l'assemblée d'approuver ses comptes ainsi que le maintien des tarifs actuels pour 1996. La Présidente sollicite les avis, critiques ou demandes d'explications et un débat s'engage sur divers moyens d'augmenter le rayonnement du CLEA. Si, pour le moment, la préférence des Collègues va aux fiches pédagogiques, cela peut changer si nous parvenons à multiplier, dans la revue, les articles sur l'école élémentaire. On propose de préparer un document présentant le CLEA qui serait distribué aux enseignants qui conduisent leurs élèves aux séances de planétarium.

Les lecteurs sont priés de se reporter à la page donnant le détail des comptes pour 1995. Ils constateront leur simplicité et noteront avec satisfaction que le CLEA mène son chemin en toute indépendance, sans subvention extérieure ; ses seuls revenus sont les contributions de ses membres ; nous devons un remerciement spécial à ceux qui ajoutent des dons à leurs cotisations.

A la suite du débat, les comptes 1995 et les propositions pour 1996 sont approuvés à l'unanimité.

## SUITE DES COMMUNICATIONS

**MARIE-FRANCE DUVAL** (Observatoire de Marseille) a eu la charge de l'Université d'été 1994. Celle-ci a réuni 40 stagiaires (sur les 80 candidats qui se sont manifestés) ; parmi eux, 16 professeurs d'écoles, les autres professeurs de sciences physiques ou naturelles. Bonne installation à Sault mais météorologie pas très favorable. Le stage a bénéficié de trois séances à l'Observatoire de Haute Provence à St Michel.

A propos des universités d'été, Lucienne rappelle qu'en 1994 le CLEA avait retenu les places au centre de Gap quand la nouvelle est arrivée que le Ministère ne reconnaissait pas l'Université d'été. Un stage a eu lieu pourtant sous une forme originale qui a permis au Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA la mise au point des Hors Série 5, 6 et 7 ainsi que le fameux kit "mesure de la constante solaire". Pour 1996, le centre de Gap est déjà retenu pour la fin août. De son côté, Agnès Acker rappelle le succès constant des écoles d'été organisées régionalement par l'équipe de Strasbourg au col de Steige depuis 1985.

Un échange a alors lieu sur l'organisation des stages MAFPEN selon les académies (voir à ce sujet la note établie par le secrétariat du CLEA d'après les informations reçues). Un exemple : à Besançon, deux stages d'astronomie étaient proposés, un seul a été retenu pour une durée réduite ; à Dijon, quatre stages retenus sur six proposés ; à Reims au lieu de deux stages de deux jours, un seul stage aura lieu vers l'équinoxe. En conclusion, il faut que les militants du CLEA proposent des stages et que le CLEA les fassent connaître aux enseignants. Il y a sûrement une action à mener à la liaison école-collège et l'astronomie peut y trouver son compte.

## Les comptes du CLEA du 19941104 au 19951031

### RECETTES

abonnements simples	31 435	
abonnements-cotisations	135 515	
sous-total Cahiers Clairaut		<b>166 950</b>
Collections CC	2 735	
Cours d'Orsay	4 055	
Fascicules formation des maîtres	24 418	
sous total collections anciennes		31 208
Transparents	5 058	
Diapositives	43 456	
Hors série 1 à 7	79 906,50	
Cinéciel	6 447	
Filtres colorés et réseaux	6 157	
kit constante solaire	48 402,68	
sous-total nouvelles collections		189 427,18
documents pour fiches CLEA-Belin		7 515
starlab		4 200
subvention ministérielle *		16 000
Intérêts du compte d'épargne		5 857,33
dons divers		10 225
Total des recettes		<b>431 382,51 F</b>

\* subvention demandée pour 3 ans et pour un total de 48 000 F devant être versés par tiers

### DEPENSES

Impression des Cahiers Clairaut 68 à 70	70 600,60	
Expédition CC par APF Blanqui	18 398,20	
sous-total Cahiers Clairaut		<b>88 998,80</b>
Impression nouveaux tirages		
HS 5	58 554,91	
HS 6	14 875,50	
HS 7 + réimpression	22 028,40	
sous-total des Hors série		95 458,81
Diapositives		37 009,98
Frais postaux (correspondance et envoi des commandes)		31 680
Matériel de bureau, circulaires		5 364,70
Frais de fabrication de kit et frais divers		44 666,48
Fabrication des filtres et réseaux		15 804,98
Frais Assemblée générale 94		4 745
Frais Assemblée générale 95		3 068
Remboursements de commandes n'ayant pu être livrées		6 203
Dépenses diverses dont tenue du compte postal		215,50
Total des dépenses		<b>333 215,25 F</b>
Dépenses différées : impression CC71	19 306,50	
Retirage diapos D2	10 648,98	
Dépenses réelles en 1995		363 170,73 F

Marie-France présente un travail expérimental réalisé par notre collègue Jean-Pierre Odabachian, enseignant au collège André Malraux de Marseille. Il s'agit d'une **pré-expérimentation de l'option Sciences Expérimentales en classe de Troisième en 1994-95** qui a été menée dans quatre collèges de l'académie de Marseille, les thèmes retenus étant chimie, physique de la matière, électromagnétisme et Astronomie. Les CAHIERS CLAIRAUT auront sans doute l'occasion de revenir sur ce travail dont l'assistance apprécie le sérieux à la vision de quelques vues des élèves en action.. En cinq séances de deux heures, les élèves ont abordé l'étude du Soleil (ses mouvements apparents) le problème de la mesure des distances, l'étude de la Lune et du système solaire.

Lucienne, à propos du matériel utilisé par J-P.Odabachian signale que le célescope dont nous avons apprécié les qualités est maintenant commercialisé par Jeulin. Elle a plaisir à présenter un autre travail réalisé en commun par Mme Berthomieu, institutrice, et Francis Berthomieu, professeur de physique. Il s'agit d'un travail sur les ombres avec des enfants des cours moyens ; la présentation des diapositives est accompagnée de la lecture des commentaires aussi judicieux que savoureux rédigés par les enfants. La rédaction des CAHIERS voudra sans doute revenir sur cette réalisation.

**A.ISEL**, professeur de physique au lycée Fustel de Coulanges, chargé de mission académique pour l'action culturelle scientifique présente les réalisations de l'académie : ateliers de pratique scientifique qui concernent collèges et lycées qui peuvent bénéficier d'une participation extérieure.

**DANIEL BARDIN** revient sur les activités marseillaises en nous montrant quelques diapos : sur la rénovation du télescope historique de Foucault, sur les expositions réalisées et enfin sur les réalisations de l'université d'été de Sault.

**PIERRE MAGNIEN**, professeur à Besançon, est comme son collègue ISEL chargé de mission académique pour l'action culturelle scientifique. Sur 75 ateliers il a pu en consacrer 5 aux activités scientifiques. Il dénonce, en passant, la perte d'information due à la transmission des informations entre échelons successifs ; remarque valable pour les stages MAFPEN. Dans l'académie de Besançon une exposition scientifique a eu lieu avec une journée des étoiles, l'organisation d'un sentier de randonnée dont les étapes sont marquées par des maquettes des objets du système solaire (qui n'ont pas été à l'abri d'actes de vandalisme). C'est une expérience qu'il faudra refaire. En projet, un grand planétarium dans le site de la Citadelle, ouverture prévue en 1997-98.... Il faudrait relancer le projet de guide des curiosités astronomiques lancé par Françoise Suagher, quelques informations reçues montrent qu'il reste beaucoup à faire dans ce domaine. Ne quittons pas les activités astronomiques de Franche-Comté sans signaler le succès du livre **Jeux de lumière** de Françoise Suagher et Jean-Paul Parisot que nombre de participants à l'assemblée ont pu admirer et se procurer sur place.

**PIERRE CAUSERET** professeur à Dijon, a organisé avec la Société astronomique de Bourgogne deux concours, l'un de dessins, l'autre d'instruments qui a concerné douze classes et touché finalement quatre mille personnes (les prix étaient un voyage à Paris et un télescope). Dans l'académie deux stages MAFPEN de vingt participants ont concerné des professeurs de physique et de biologie. L'équipe des astronomes bourguignons cherchent des idées pour de nouveaux stages.

**DANIEL TOUSSAINT** continue à s'occuper des stages MAFPEN dans l'académie de Reims ; il avait déjà construit un beau cadran solaire pour son collège d'Aix en Othe ; il nous montre quelques diapos du nouveau cadran solaire qu'il a construit pour la ville d'Aix en Othe.

**AGNES ACKER** voudrait résumer l'ensemble des activités "enseignement de l'astronomie" en Alsace ; notre collègue ISEL en a cité certaines réalisations ; il y a eu aussi à Barr une exposition sur l'homme et l'espace qui a permis des échanges avec des astronautes (exposition organisée en commun avec l'ANSTJ). Pour les stages MAFPEN, il y a eu trois stages de trois jours en direction des enseignants SVT et un stage de deux jours "astronomie et astrophysique".

Quant à l'organisation de l'assemblée du CLEA, Agnès tient à dire que toutes les tâches ont été accomplies par l'équipe et en particulier Corinne Gesling, Eliane Legrand et Jean-Marie Poncelet. L'assemblée est heureuse d'acclamer toute l'équipe.

**ELIANE LEGRAND** professeur de mathématiques au lycée Fustel de Coulanges nous entretient quelques minutes des réalisations de *Mathématiques sans frontières*. Déplorant que pour l'enseignant de

mathématiques, il n'y ait plus dans les programmes place pour l'astronomie, elle s'efforce d'introduire quelques questions simples d'astronomie dans le concours qui est organisé chaque année sous l'appellation *Mathématiques sans frontières*. Il s'adresse à des classes de Troisième et de Seconde et propose une série de problèmes à étudier en équipes. L'entreprise a commencé, il y a quelques années, et n'a alors touché que des classes d'Alsace ; puis l'entreprise s'est progressivement étendue pour toucher maintenant 30 équipes d'enseignants appartenant à 20 pays et parlant douze langues. La mise au point du sujet du concours exige une réunion d'entente ; la prochaine aura lieu le 15 février 1996 à Strasbourg. Le financement de l'opération est assuré, pour la France, par une banque qui récompense modestement les équipes méritantes. Pour les enseignants organisateurs, la nécessité de collaboration internationale est évidemment intéressante. Par ailleurs la plus grande liberté permet, dans la rédaction du sujet, l'introduction de questions d'astronomie.

L'Assemblée Générale du CLEA est interrompue à 12h 30 pour un repas qui est pris sur place et permet aux participants de poursuivre des échanges amicaux et fructueux.

A la reprise de l'ordre du jour, Agnès Acker délivre sa conférence sur les nébuleuses planétaires que l'auditoire suit très attentivement avant de poursuivre Agnès de questions sur ce sujet passionnant entre tous, l'évolution dans l'Univers.

L'assemblée se déplace alors vers le planétarium où, pour commencer, chacun visite l'exposition *Volcans et planètes* puis les membres du CLEA prennent connaissance de la vidéo éditée par l'ESO sur la réunion de Garching au cours de laquelle a été décidée la constitution de l'EAAE (European Association for Astronomical Education) dont le congrès constitutif doit se tenir à Athènes dans la semaine qui suit l'assemblée du CLEA.

L'assemblée assiste ensuite à la séance du planétarium qui présente le spectacle "*Poussières d'étoiles*". A l'issue du spectacle, le Planétarium offre une collation aux participants et c'est dans cette atmosphère amicale que se termine l'assemblée générale 1995 du CLEA.

### ELECTION DU CONSEIL DU CLEA POUR 1996

Conformément aux statuts de l'association, les membres du CLEA ont voté le 19 novembre pour le renouvellement du Conseil du CLEA. Il y a eu 46 votants tous favorables à la liste présentée (le nom est suivi de l'académie ou du groupe représenté) :

Agnès ACKER (Strasbourg), Daniel BARDIN (Aix-Marseille), Francis BERTHOMIEU, Lucette BOTTINELLI, André BRAHIC, Pierre CAUSERET (Dijon), Jean CHAPELLE (Clermont-Ferrand), Frédéric DAHRINGER (Rennes), Françoise DELMAS, Christian DUMOULIN (groupe inter IREM), Bernadette DURIEUX (Nancy-Metz), Marie-France DUVAL (Aix-Marseille), Maryse FAYDI, Jean-Luc FOUQUET (Poitiers), Christiane FROESCHLE (Nice), Michèle GERBALDI, Hubert GIE, Lucienne GOUGUENHEIM, Edith HADAMCIK (Créteil), Jean-Claude HERPIN (UdP), Michel LAISNE, Roger MARICAL (Rouen), Lucette MAYER (Orléans-Tours), Francis MINOT (APMEP), Jean-Paul PARISOT (Bordeaux), Jean-Claude PECKER, Claude PIGUET (Lyon), Annie PINCAUT, Henri REBOUL (Montpellier), Andrée RICHELME (Grenoble), Jean RIPERT (Toulouse), Jean-Paul ROSENSTIEHL (Nantes), Béatrice SANDRE (Versailles), Nicole SANGLERAT, Liliane SARRAZIN, Evry SCHATZMAN, Josée SERT, Françoise SUAGHER (Besançon), Daniel ROUSSAINT (Reims), Victor TRYOEN, Jacques VIALLE, Michel VIGNAND (La Réunion), Catherine VIGNON (Paris), Denise WACHEUX (Lille), Gilbert WALUSINSKI.

---

## **Mettez votre planétaire à l'heure**

Voici les longitudes écliptiques héliocentriques des planètes au 1er Janvier 1996 :

Mercure : 11,2° ; Vénus : 359,9° ; Mars : 304,2° ; Jupiter : 267,6° ; Saturne : 354,9° ;

Uranus : 300,3° ; Neptune : 295,2°

# L'Europe, en route vers les étoiles

Dans le cadre de la Semaine Européenne de la Culture Scientifique et Technologique, initiée par la Commission des Communautés Européennes, l'Observatoire Européen Austral (ESO) a organisé un concours européen **L'Europe, en route vers les étoiles** relayé dans 18 pays européens. L'ESO a confié la gestion du concours pour la France à Géospace d'Aniane. Ce concours était destiné aux jeunes en classe de Première ou Terminale qui devaient, par équipe, composer sur l'un des sujets suivants :

1. Au télescope, intercepter et interpréter les signaux
2. La Technologie appliquée à la science, construire un instrument
3. Une future mission spatiale, concevoir un instrument embarqué
4. Théorie, regarder dans le futur

## SOUS LE PATRONAGE DE

André Brahic, Astronome à l'Observatoire de Paris, Professeur à l'Université Denis Diderot  
Hubert Reeves Astrophysicien, Directeur de recherche au CNRS

## LE JURY NATIONAL COMPOSE DE :

Agnès Acker, Professeur à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, Présidente de l'APLF  
Jérôme Bouvier, Chargé de recherche au CNRS, Laboratoire d'astrophysique de Grenoble  
Serge Brunier, Rédacteur en chef adjoint de *Ciel et Espace*  
Frédéric Dahringer, Enseignant  
Jean-Yves Daniel, Inspecteur Général de l'Education Nationale  
Marie-Noëlle Favier, Chef du Département Culture Scientifique, Ministère de la Recherche  
Lucienne Gouguenheim, Professeur à l'Université Paris XI, DERAD Observatoire de Meudon,  
Présidente du CLEA  
Bernard Pellequer, Directeur de Géospace d'Aniane  
Olivier Postel-Vinay, Rédacteur en chef de *La Recherche*  
Josée Sert, Enseignante

Le jury a établi le classement suivant :

**PREMIER PRIX**, séjour gartuit d'une semaine au siège de l'ESO à Garching (Allemagne).

Les équipes lauréates des 18 pays européens devront mener à bien une observation astronomique avec l'un des gros télescopes de l'ESO sous la direction d'astronomes professionnels. Cette observation sera effectuée grâce à la liaison satellite avec La Silla (Chili). Durant le séjour, les participants seront confrontés à de nombreux aspects de l'astronomie de pointe et de l'astrophysique.

Le premier prix a été remporté par l'équipe du lycée CHARTIER de 14400 Bayeux composée de René Cavaroz, Professeur de Vincent Hardy et Antoine Lesuffleur, élèves de Terminale S  
*Sujet choisi dans le thème 2 : Construction d'un interféromètre solaire simple*

**DEUXIEME PRIX**, photographie d'un objet céleste

Equipe gagnante Lycée Victor Considérant de 39110 Salins les Bains composée de Françoise Weber, Professeur, Myriam Callier, Laetitia Gibaud et Nicolas Dole, élèves de 1èreS. *Sujet choisi : L'étude d'une étoile variable, W Ursae Majoris*

**TROISIEME PRIX**, collection de vidéos de l'ESO

Equipe gagnante Lycée Hélène Boucher de Paris composée de Bastien Confino et Gabriel Molas, élèves de Terminale S. *Sujet choisi : Les distances de l'amas des Hyades*

**Le CLEA félicite tous les lauréats et tous les participants au concours avec amicales félicitations à René Cavaroz, membre du CLEA**

## POURQUOI L'ASTRONOMIE ? LA NATURE DU CIEL

***Ce n'est pas en s'enfermant (dans un livre, dans une classe ou dans une démarche préétablie) que l'on se met en situation de comprendre le monde tel qu'il tourne. Une question de bon sens.***

L'astronomie est peut-être la **science la plus** ancienne si nous pensons que les hommes ont d'abord appris à lire et décoder le monde avant d'écrire. Le ciel diurne et le ciel étoilé les accompagnaient dans leur vie. C'est encore vrai aujourd'hui, même si souvent nos yeux regardent vers le bas, même si on enseigne peu et transmet encore moins à nos enfants et à nos jeunes, l'aptitude à regarder vers le haut. Le ciel est pourtant un matériau gratuit pour tous et il s'étend partout y compris au-dessus des pays pauvres et des écoles démunies. Et, caractéristique non des moindres: le ciel est beau.

### **Les étoiles nous réfléchissent**

L'astronomie se lit au passé, au présent et se projette dans le futur. Lorsque nous regardons l'étoile Arturo de la Constellation du Bouvier, la lumière que nous observons a été émise quand naissaient les personnes qui ont aujourd'hui trente-cinq ans : si aujourd'hui nous étions sur Arturo, nous verrions ces naissances. Notre passé est conservé dans les étoiles. Si nous observons les trois étoiles de la ceinture d'Orion, nous remontons le passé de mille trois cents ans.

L'astronomie à laquelle je me réfère est une science essentiellement passive pour laquelle on ne peut faire d'expérience en laboratoire puisque notre laboratoire c'est le ciel, et les expériences, ce sont les corps célestes qui les font. Nous, nous pouvons observer, enregistrer nos observations et y réfléchir. L'astronomie peut être proposée comme une façon de lier les disciplines, les démarches, les divers langages ; ce que faisaient les poètes astronomes de l'antiquité en écrivant des manuels en vers. C'est aussi une science que les poètes ont évoqué à travers les mythes : Ovide, dans Les Métamorphoses et Les Travaux et les Jours, et avant lui Homère, Hésiode, pour ne citer que ceux-là. Les mythes créent des images plus faciles à mémoriser que des paroles : ils nomment les personnages, les étoiles et les constellations, ils restituent les racines de notre culture. En parlant au coeur et à l'esprit, les mythes font surgir l'émotion. On pense à Callisto devenue la Grande Ourse.

La vision géométrique archaïque du Ciel donne à chaque constellation une place en relation avec les autres, voisines et lointaines ; organise le grand espace du ciel et aide à voir la rotation diurne de la voûte céleste

### **Sous les étoiles exactement**

Mais comment comprendre le mouvement perpétuel des astres, si nous, nous restons statiques. Comment saisir la profondeur de l'espace du ciel, l'éloignement d'Arturo, de Sirius ou des trois étoiles de la ceinture d'Orion, en regardant seulement les livres et en restant enfermés en classe.

Rappelons-nous qu'à l'école, les lieux, le temps, et les méthodes imposés à l'étude, rendent beaucoup de choses difficiles, voire impossibles. Pour reformer ce système éducatif, mettons en première place l'individualisation de l'enseignement et favorisons la relation entre l'apprenant et le savoir ; ce qui nous entraîne à privilégier l'observation directe et personnelle, la participation en temps et lieux réels aux phénomènes célestes. Pour comprendre quelque chose du ciel, il est nécessaire de sortir l'école hors de l'école, là où les choses se passent et où le monde vit et se transforme.

Pour comprendre le mouvement, dansons sous les étoiles et faisons de longues promenades en silence pour nous plonger dans la nuit, aller à la rencontre du lever de la Lune ou du coucher du Soleil, chercher un lieu où observer un large horizon.

A celui qui participe à une classe de nature ou à un cours de vacances, ou encore seulement au travail d'une nuit, je propose initialement de choisir une étoile par sympathie, c'est-à-dire avec *amour* et *émotion*, une étoile qui soit le lien avec toutes les étoiles du ciel, une compagne secrète pour une sorte d'initiation dans laquelle l'esprit, l'émotion et la présence vigilante du corps sont intimement mêlés. Pour reconnaître cette étoile, il est nécessaire d'apprendre à la regarder sous toutes ses formes : sa couleur, sa luminosité, sa position... Cherchons la *physionomie* de l'étoile avant de lui donner un nom.

L'astronomie fascine et passionne. Dans le contexte socioculturel particulier où vit le monde occidental actuellement il paraît de première importance de fournir aux jeunes, plus ou moins *désabusés* quelque chose de beau, de leur donner le moyen de découvrir une activité possible de recherche et d'étude, d'activer une passion cachée.

## Suivre les planètes

Prenons l'exemple d'un travail à répartir sur une ou plusieurs années scolaires, mais aussi sur une semaine de vacances, avec les différences nécessaires.

Quand vient la nuit, chacun est rentré chez soi. A l'école pourtant nous nous sommes tous donné un rendez-vous secret : par exemple, à 20 heures nous regarderons sur l'horizon dans la direction, où, le matin, le soleil se lève, et nous chercherons à repérer le lever d'un objet céleste très lumineux. Cette planète, quand tous l'auront reconnue avec certitude, recevra un nom. C'est Mars, la planète rouge qui prend le nom du dieu de la guerre. Apprenons ensuite à donner un nom à chaque étoile, et à la constellation dans laquelle elle se trouve, et à reproduire nos observations graphiquement. Dans le dessin, la première référence spatiale sera la partie de l'horizon local que nous voyons de notre lieu d'observation, un dessin schématique, que nous pourrions reconnaître soir après soir. La seconde référence spatiale est donnée par les étoiles. Sur cette double grille, faite de ciel et de terre, elle, la planète se verra située chaque semaine, le jour du rendez-vous. Nous découvrirons alors que, dans notre observation suivie du ciel, sont aussi nécessaires des références temporelles : la date et l'heure de l'observation. En bref, beaucoup de choses changent et quelques unes au contraire restent toujours égales à elles-mêmes. Des observations répétées, à intervalles d'une heure, font découvrir de nouveaux éléments et nous amènent à de nouvelles questions. Pourquoi les étoiles, qui pourtant se lèvent et se déplacent par rapport à notre horizon, sont-elles appelées *étoiles fixes* ?

L'expérience longue de dix ans montre que adultes, enfants et jeunes de tous les pays, peuvent se passionner pour le mouvement des astres, pour découvrir ou redécouvrir que les planètes sont visibles par tous, même sans instruments optiques, et que leur danse, au milieu des étoiles fixes peut être reconnue de tous sans passer par les dogmes scolaires qui nous parlent de *planètes en mouvement*.

Souvent une rencontre d'astronomie commence par cette question, qui justement parce qu'elle semble banale, est au contraire subtile et insidieuse. Je demande de répondre, en indiquant avec un bras tendu, une direction de l'espace tridimensionnel : indiquer la direction où se trouve la Norvège à partir de soi. Éventuellement je fournis une indication approximative du Nord. Beaucoup, presque tous, en faisant abstraction de l'âge, indiquent un point précis dans le ciel, près du nord, haut au-dessus de l'horizon. Si nous sommes dehors, je fais prendre note que ces bras tendus arrivent dans le ciel en direction d'une étoile mais pas de la Norvège, qui, bien que située au nord de l'Italie, n'est pas suspendue en l'air, mais se trouve sur Terre, sous notre ligne d'horizon. *Nord* et haut, *sud* et bas, sont quelques uns des binômes absurdes de notre bagage scolaire. Le système éducatif reproduit les modèles préconçus par les adultes, plus ou moins proches de la vision de la science actuelle (la mappemonde, le calendrier des saisons, le schéma du système solaire...) plutôt que d'ouvrir à la perception directe, à l'émergence de la perception personnelle, au *pourquoi* et *comment* nous nous sentons sur la terre et dans le ciel.

Ce sont des réflexions simples qui nous aident à nous situer dans le grand espace de la terre et du ciel.

## **Chanter l'horizon lointain**

Nous sommes dehors. Longuement, en silence, tournant lentement sur nous-mêmes, nous observons notre horizon local, cette ligne où se rencontrent le ciel et la terre et que le regard explore sur 360°. Puis chacun choisit une direction : le regard se porte maintenant au point le plus éloigné que nous puissions voir face à nous, à l'horizon. Nous suivons plusieurs fois ce parcours, comme si les pieds pouvaient se rendre là où seul le regard aboutit. Le regard descend le long des prés en pente, et remonte sur les collines et les clochers ; son parcours est long et accidenté. A ce parcours, donnons voix par un chant évocateur du trajet, avec un son qui accompagne la fatigue de la montée, le passage sautillant de la plaine, la dureté d'une paroi et l'ondulation d'un champ de blé mû par le vent. Chaque direction se transforme en un chant. Le regard se raconte non pas avec les mots mais avec un rythme et un son haut ou aigu. Le savoir et les arts, que notre école occidentale a séparés, recommencent à s'unir, comme l'ont fait les hommes pendant tant de millénaires pour se raconter, s'expliquer le monde, et pour entrer en communion avec la nature. Il n'y a pas de disciplines isolées dans la nature, comme il n'y en a pas dans notre corps. En réconciliant savoir, art et technique, nous faisons le pari d'une formation globale de l'individu.

***Nicoletta Lanciano***

*Laboratorio di Didattica delle Scienze, Università Roma 1*

*Traduit de l'italien par Jacqueline Leonardí et Danièle Soudé*

## à propos des stages (MAFPEN et autres...)

Des collègues ont souhaité que les CAHIERS CLAIRAUT fassent écho aux stages d'astronomie organisés ici ou là pour les enseignants, dans le cadre des MAFPEN (Mission Académique pour la Formation du Personnel de l'Education Nationale) ou dans tout autre cadre. Il ne s'agit pas d'en faire compte rendu complet mais de diffuser l'information que le secrétariat du CLEA a pu réunir. Merci à tous nos correspondants qui ont contribué à cette petite enquête. Souhaitons que l'analyse qui va suivre incite d'autres collègues à la compléter, voire à la corriger.

Le secrétariat du CLEA

**CLERMONT** – Les activités astronomiques sont proposées par l'ADASTA (Association pour le Développement de l'Animation Scientifique et Technique en Auvergne) avec le concours de la MAFPEN. Il y a eu quatre stages en novembre et décembre 1994, janvier et février 1995 : montage et utilisation d'un planétarium GOTO EX3, principes d'utilisation des lunettes et des télescopes, photographie astronomique, activités réalisables avec des élèves des lycées et collèges.

Par ailleurs l'AAAA (Association des Astronomes Amateurs d'Auvergne) organise des séances hebdomadaires d'initiation. Responsable : Jean Chapelle, 43 rue Trémonteix, 63100 Clermont Ferrand.

**CRETEIL** – Les stages MAFPEN sont généralement organisés à l'Université Paris VI (Jussieu). Rayonnement et couleur, spectres, effet Doppler (3 jours). Les sources de lumière, application à l'astronomie (2 jours). Découverte de l'Univers (3 jours). Soleil, spectroscopie, mouvements apparents (9 demi-journées). Laser et holographie, technique Lidar (3 jours). Mesure de la constante solaire, étoiles et couleurs (2 jours). Cadrans solaires (2 jours). Notions de base, séances de planétarium (trois sessions)

Responsable : Edith Adamcik, Université Paris VI, FPM Tour centrale 13<sup>ème</sup> étage, porte 21, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

**DIJON** – Stages MAFPEN organisés par la Société Astronomique de Bourgogne.

L'astronomie en Quatrième (2 jours). Astronomie et sciences physiques au lycée, le Soleil, effet Doppler, constante de Hubble (3 jours). Astronomie et Sciences de la Vie et de la Terre, le Soleil, mesure de la constante solaire (2 jours). Astronomie et sciences physiques, niveau 2, orbite de Mars, vitesse de la lumière, gravitation (3 jours).

Responsable : Pierre Causeret, sentier du Mordain, 21170 Esbarres.

**LYON** – Sept stages MAFPEN dont un à Saint-Etienne avec le renfort du nouveau spectacle au Planétarium (sur une première approche des mouvements de la Terre et ses conséquences, inégalité des jours et des nuits, saisons et variation des aspects du ciel étoilé).

Responsable : Mlle Claude Pigué, 122 rue Hénon, 69004 LYON

**NANTES** – Stages MAFPEN

Astronomie et Astrophysique, mouvements et rayonnements dans l'Univers, trois stages identiques de deux jours chacun pour 22 ou 23 stagiaires

Responsable : Jean-Paul Rosenstiehl, 73 bd Mutuel, 72000 Le Mans.

**NICE** – Stages MAFPEN organisés par l'équipe du planétarium du Collège Valéri.

1) Pour une première approche de l'astronomie. 2) Cadrans solaires.

Responsable : Jeanine Chapelet, Le Soleil, 63 av Borriglione, 06100 Nice.

**NORD-PAS DE CALAIS** – Stages d'initiation à l'astronomie organisés en Formation Générale Professionnelle des professeurs stagiaires de lycées et collèges de l'IUFM, stages animés par Joëlle Delattre et Denise Wacheux

Responsable : Denise Wacheux, 1B rue Paul Langevin, 59179 Fenain

**ORLEANS** – Les stages MAFPEN d'astronomie sont organisés par l'IREM d'Orléans. Astronomie et Sciences de la Vie et de la Terre : apports culturels, utilisation de maquettes et de logiciels (2 jours). Nouveaux programmes SVT (trois stages identiques d'une demi-journée)

Responsable : Eric Varanne, 156 rue des Barbins, 45770 Saran

N.-B. : un atelier d'astronomie a fonctionné lors des assises culturelles de mathématiques organisées à Blois le 20 avril 1995 grâce à notre collègue Gérard Frizet du lycée Branly de Dreux.

**REIMS** – Stage MAFPEN sur la spectroscopie (2 jours)

Responsable : Daniel Toussaint, 20 rue Renaudot, 10160 Aix en Othe

**RENNES** – Stages MAFPEN. 1) Initiation à l'astronomie, premier niveau (3 jours et 3 nuits). 2) Niveau 2 (deux fois 3 jours en novembre et mars). 3) Sciences de la Vie et de la Terre, deux stages identiques d'initiation, chacun de deux jours.

Responsable : Frédéric Dahringer, 8 rue Albert Camus, 29130 Quimperlé

---

## **Diamètres solaires et instruments astrométriques**

---

Sous le titre *Etude comparative de diamètres solaires observés à partir d'instruments astrométriques*, notre Collègue Michel Toulmonde a poursuivi trois années durant une recherche qui l'a conduit, ce 22 novembre 1995, à soutenir une thèse de doctorat devant un jury présidé par M. Chapront, du Bureau des Longitudes.

Notre Collègue aura sans doute l'occasion de revenir sur ce sujet dans les CAHIERS CLAIRAUT. Sans attendre, nous voulons ici saluer ce beau travail dont voici un résumé :

*L'étude des mesures du diamètre solaire faites au 17<sup>ème</sup> siècle conduit à des valeurs généralement supérieures de 10" de degré (soit 0,5% du diamètre) à celles déterminées aujourd'hui ; l'excès est plus faible (3") pour les mesures du 19<sup>ème</sup> siècle. Le Soleil s'est-il contracté depuis ces trois derniers siècles, ou bien la cause de ces écarts réside-t-elle dans les méthodes et instruments utilisés ?*

*La comparaison d'une trentaine de séries de mesures obtenues à différentes époques par des méthodes très diverses, complétée par la réalisation de plus de 900 mesures "à l'ancienne" effectuées aujourd'hui à l'aide d'instruments historiques, font apparaître un certain nombre de corrections instrumentales dont il est indispensable de tenir compte dans les résultats des mesures, surtout pour les plus anciennes.*

*Les mesures ainsi corrigées constituent une **base de données** du diamètre solaire, homogènes sur trois siècles. Elles ne montrent pas une variation séculaire sensible de ce diamètre.*

Au terme de son travail, Michel rejoint donc ce que Lalande pensait déjà en 1792 : *Quoi qu'on ait trouvé le diamètre du Soleil de plus en plus petit depuis un siècle, je ne crois pas qu'il ait réellement diminué.*

Tous les lecteurs des CAHIERS CLAIRAUT savent que Michel Toulmonde est l'auteur du Fascicule 12 **Simulation en astronomie sur ordinateur** qui fait partie de notre collection "pour la formation des maîtres en astronomie". Ce fascicule comporte une préface de Bruno Morando, une bonne occasion, pour nous, de nous rappeler le sympathique intérêt que ce regretté Collègue portait à l'enseignement en général et au CLEA en particulier. Il aurait certainement tenu à assister à la soutenance de Michel.

Il nous paraît aussi très significatif que cette soutenance ait lieu alors que nous préparons ce numéro des CAHIERS avec un travail scolaire sur le même sujet.

# LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

## A LA RECHERCHE DE PLANÈTES EXTRASOLAIRES

Les développements techniques récents permettent d'envisager la détection de planètes autour d'étoiles autre que notre Soleil. L'accès au sol à des télescopes de la classe des 10m et le rendement remarquable des détecteurs CCD eux-mêmes, particulièrement dans l'infrarouge, domaine privilégié pour la détection d'objets froids, conduisent à une sensibilité accrue. L'amélioration du pouvoir séparateur est aussi un élément décisif pour obtenir l'image distincte d'un compagnon autour d'une étoile, d'où en particulier l'intérêt de l'interférométrie (développée au sol pour le moment) et de l'observation spatiale qui fournit directement des images non perturbées par l'atmosphère terrestre. La présence d'un compagnon même invisible se manifeste aussi par un mouvement périodique de l'étoile, soit que l'on puisse suivre sur le ciel la variation de position (mouvement propre) de l'étoile, soit que l'on mesure la variation périodique de vitesse radiale de l'étoile au cours du temps à partir de son spectre ; les techniques de corrélation permettent actuellement de déceler des vitesses radiales d'étoiles très faibles, de l'ordre de  $10 \text{ m s}^{-1}$ . La signature d'un compagnon tel que Jupiter autour du Soleil correspondrait à une variation sinusoïdale d'amplitude quelques  $\text{m s}^{-1}$  sur une période de 12 ans ; pour la Terre, l'amplitude serait de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Une méthode spécifique, liée elle aussi à l'effet Doppler-Fizeau, concerne le chronométrage des pulsars ; les instants d'arrivée des impulsions très régulières émises par un pulsar sont modifiés si le pulsar appartient à un système multiple et se déplace donc autour du centre de gravité du système. C'est ainsi que les observations du pulsar PSR1257+12 (dont le rythme des émissions, appelé "période du pulsar" est de 6,2 ms) ont été interprétées en 1992, par la présence de deux planètes d'environ 3 fois la masse de la Terre en orbite autour du pulsar avec des périodes respectives de 98 et 67 jours. A noter que le changement correspondant de période du pulsar est seulement de  $1,5 \cdot 10^{-11} \text{ s}$  et que la vitesse maximale du pulsar autour du centre de gravité est environ  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ . Les recherches de planètes par les techniques de détection optique restent cependant fondamentales pour comprendre le processus de formation des planètes autour des étoiles classiques de la série principale.

L'un des programmes du Télescope Spatial Hubble (HST) est consacré à cette recherche de planètes extrasolaires autour d'étoiles relativement proches (éloignées de moins de 5 parsecs) ; les cibles choisies sont des binaires astrométriques, c'est-à-dire des étoiles dont le mouvement périodique indique la présence d'un compagnon invisible, et pour lesquelles le compagnon est suspecté être de très faible masse. Ces candidats sont : Gliese 105A, 36 UMa et l'étoile de Barnard dont les observations ont commencé en janvier 1995 avec le HST réparé. Les premiers résultats concernant Gl 105A viennent d'être publiés et confirment que le compagnon ne semble pas être une planète. Des observations réalisées au sol avec le télescope de 1,5 m du Mont Palomar équipé d'un coronographe, avaient permis au début 1995, de détecter un compagnon appelé GL 105C, très rouge, situé à  $3,27''$  de l'étoile Gl 105A ; compte tenu de la période connue de 60 ans, la masse de ce compagnon était estimée à  $0,084 M_{\odot}$  ce qui est juste au-dessus de la limite minimale  $0,075-0,080 M_{\odot}$  pour la masse d'une étoile (masse nécessaire pour permettre d'atteindre une température centrale suffisante pour amorcer la production d'énergie par fusion thermonucléaire) et loin de la masse maximum ( $0,003 M_{\odot}$ ) possible pour une planète. Les images du HST donnent une séparation de  $3,389'' \pm 0,019''$  qui est près d'un ordre de grandeur plus précise que les précédents résultats ; la couleur très rouge de l'objet est aussi confirmée avec des magnitudes suivantes (aux longueurs d'onde 555 et 814 nm) :  $V_{555} = 16,86$ ,  $I_{814} = 13,54$  et  $V_{555} - I_{814} = 3,32$ . Ces mesures photométriques conduisent à identifier Gl 105C à une étoile naine de la série principale, très froide (température superficielle de 2450 K) de type spectral M7. Des observations suivies sont maintenant nécessaires pour déterminer précisément l'orbite relative et obtenir la masse de Gl 105C, très proche de la limite substellaire.

L.Bottinelli

# Eclipses de Bouvines et autres lieux

Quel nigaud j'ai été de paraître décrier le témoignage de Guillaume Le Breton cité par Georges Duby dans son livre **Le Dimanche de Bouvines** (Cf CAHIERS CLAIRAUT n°71, p.40). J'ai lu ce texte du XIII ème siècle avec des yeux de 1995 et une cervelle qui avait oublié, que pour bien comprendre le témoignage, de 1215 à nos jours il y a eu du temps et bien des changements dans la façon de s'exprimer.

Rappelons donc le texte incriminé :

*"Le 16 des Kalendes de mars suivant, il y eut une éclipse générale de lune qui commença au premier chant du coq et dura jusqu'après le lever du jour suivant."*

Dès le lendemain de la livraison du n°71 de notre revue, notre collègue Michel Toulmonde m'a écrit une longue lettre amicale dont j'extrais l'essentiel de ce qui suit. Sur son ordinateur, il a retrouvé l'éclipse de Lune du 17 mars 1215 - calendrier julien, bien sûr - qui a commencé à 2 h 30 (UT) - comme on ne disait pas à l'époque -, heure du premier contact de la Lune avec le cône d'ombre de la Terre, et qui s'est achevée à 6 h, sortie de la Lune dudit cône d'ombre, toutes ces heures étant calculées à dix minutes près. A Bouvines, ce jour-là, - c'est toujours Michel Toulmonde qui me l'écrit- le Soleil s'était levé à 5 h 44 (UT) et la Lune s'était couchée à 5 h 48 (UT) ; la Lune s'était donc couchée encore partiellement éclipsée.

Attention, ajoute Michel, la chronologie pose ici un joli petit problème. A l'époque considérée, le changement de date s'effectuait à midi. Le 16 des kalendes de mars se termine donc le 17 mars à 12 h du calendrier julien. De plus, l'année commençait alors le 25 mars ; donc le 17 mars était encore en 1214. C'est Charles IX qui signera, plus de deux siècles plus tard, un édit fixant le début de l'année civile au 1 er janvier, à partir de 1567.

Ces précisions données, Michel revient au texte qu'il commente ainsi : *"le coq chtimi a chanté vers 3 h (UT) alors que l'éclipse était commencée, ce qui le surprit fort car habituellement la pleine lune est bien ronde. L'éclipse a duré jusqu'après le lever du Soleil qui a suivi cet événement. Suivant ne signifie pas le lendemain."*

Deux autres lecteurs nous ont écrit en confirmant cette judicieuse lecture du texte. Maurice Carmagnole : *"jusqu'au lever du jour suivant signifie jusqu'au lever du Soleil qui a suivi le chant du coq."* Annie Pincaut : *"l'éclipse dura jusqu'après le lever du Soleil suivant le premier chant du coq"*.

Moralité, j'avais lu trop vite et j'avais injustement soupçonné Guillaume Le Breton de témoigner avec légèreté sur un sujet aussi important que la durée d'une éclipse de Lune.

De son côté, Jean-Luc Colas nous écrit qu'en utilisant le logiciel AstroLAB, il retrouve les heures de l'éclipse : début 2 h 24, fin à 5 h 54.

## Loin de Bouvines

Au moment où j'écris ces commentaires inactuels, la presse annonce l'éclipse totale de Soleil du 24 octobre 1995. De Calcutta à Bangkok, Pnom Penh et Ho-Chi-Minhville, elle sera totale mais peu de lecteurs des CAHIERS CLAIRAUT l'observeront. Le 12 octobre 1996, nous serons au contraire très nombreux à observer une éclipse partielle visible à Paris (autrement dit, une année moins douze jours plus tard, rien là que de très banal). Par contre, un tract de la SAF annonce : "L'éclipse totale de Soleil de 1999 va être un événement sans précédent..." Nous pensons tous à ce 11 août 1999 qui, effectivement, n'a pas eu de précédent, en dehors du 10.

K.Mizar

---

---

## parmi nos lettres...

---

---

### LES FICHES DU LYCEE CARNOT

Notre collègue Charles-Henri Vigouroux exerce au lycée Carnot de Roanne mais les programmes d'électricité et d'électrotechnique qu'il doit enseigner ne comportent pas d'astronomie. Or C-H.V. est passionné par l'observation du ciel et désolé que beaucoup d'élèves et de professeurs se privent du spectacle gratuit des astres.

Il a donc eu l'idée de rédiger des fiches hebdomadaires sur les grands phénomènes ou objets de l'astronomie. Ces fiches sont des courtes notices (format demi A4) qui sont essentiellement des invites à l'observation. Elles sont mises à la disposition de tous en nombres suffisants au CDI de l'établissement. Exemples de quelques sujets traités : le repérage du triangle Véga-Deneb-Altaïr, Vénus au petit matin, "où est la Lune au moment de la nouvelle lune ?" ou encore "Mars en février". Des agrandissements (format A3) de ces fiches sont exposées en salle des professeurs ou au CDI pour inviter les curieux à consulter les fiches.

Notre collègue ne se fait pas d'illusion sur le rendement de son initiative, beaucoup d'élèves et de professeurs du lycée de Roanne (comme ceux d'autres établissements) resteront ou insensibles aux spectacles du ciel ou ignorants des richesses de l'astronomie. Il persévère cependant, car il y a des élèves qui lui ont demandé de nouvelles fiches. Ici, au CLEA, nous pensons que l'initiative de Charles-Henri Vigouroux mérite d'être connue... et imitée.

### EXPOSCIENCE : "LA SCIENCE EN MARCHÉ"

Les 28, 29 et 30 mars 1996 se déroulera à Nice, dans la magnificence du printemps au Parc Phoenix, parmi les milliers de tulipes ou autres fleurs, la quatrième exposcience régionale de Provence, Alpes, Côte d'Azur intitulée **La science en marche**.

Participeront à cette grande fresque vivante de l'histoire des sciences : stands de projets de jeunes, laboratoires, entreprises, associations entremêlés. Des ateliers de fabrication, de jeux, d'expériences, un concours d'astronomie, un rallye de mathématiques, des courses aux trésors botaniques ... ajouteront un côté ludique à la manifestation.

Dix conférences (dont deux d'astronomie), tables rondes, spectacles, exposition de livres scientifiques pour la jeunesse, soirée d'observation astronomique, vidéos et films... seront autant d'aspects divers du foisonnement de ces journées.

Pour tout renseignement complémentaire :

- Association du Planétarium du Collège Valéri  
128 av St Lambert, 06100 Nice
- Union Régionale des Ingénieurs et Scientifiques Côte d'Azur (URISCA)  
tél 93 80 14 55 Fax 93 92 27 41  
de 14 h 30 à 18 h 30 du lundi au vendredi

### LES CONFERENCES DU PLANETARIUM DU COLLEGE VALERI

Sept conférences mensuelles dont nous citons ici seulement celles qui auront lieu après la parution du présent Cahier :

- 15 décembre (20 h 30) : Les grands observatoires par Alain Maury
- 17 janvier : La planète Pluton par Daniel Benest
- 16 février : De la Terre à la Lune en laser par Christian Veillet
- 10 mai : Les observatoires indiens par Bernard Milet
- 14 juin : la mesure des distances dans l'Univers par Gilles Kober

### PISE SOUS LES TROPIQUES

Notre collègue Alain Cariou de Saint-Renan (Finistère) nous signale un sujet d'examen au brevet des collèges dans l'académie de Rennes en 1995. Ce texte proposait aux élèves de calculer la longueur de l'ombre de la fameuse tour penchée (à 74°) de Pise "lorsque le Soleil est au zénith de cette ville" Alain se demande comment aurait été noté un candidat qui aurait refusé une hypothèse aussi attentatoire à la géographie.

Frédéric Dahringer, qui anime les stages d'astronomie dans l'académie de Rennes, en déduit qu'il a encore beaucoup à faire ou que les géographes ont des choses à changer sur notre petite planète. Ou encore qu'on peut dire n'importe quoi, puisque faute de passer au zénith, Madame Soleil passe sur les écrans de la télévision nationale au journal de midi.

### UNE HORLOGE UNIVERSELLE

Une grande marque d'eau minérale propose à ses clients l'eau très pure des sources de ses volcans et, en prime, "une horloge universelle pour connaître l'heure avec l'étoile polaire ou le Soleil." Voilà un "ou" qui sauve tout.

Cela nous rappelle une question posée en exercice dans un vieux livre de géographie : *Quand on est au pôle Nord, comment sait-on qu'il est midi ?*

### NOS VOISINS DE 51 PEG

La presse nous a appris que deux astronomes de l'Observatoire de Genève, Michel Mayor et Didier Queloz, pensaient avoir décelé un système planétaire autour de l'étoile 51 de la constellation de Pégase. Cette étoile, de type solaire serait accompagnée d'une planète de type Jupiter mais effectuant sa révolution en 4,2 jours à une distance de son soleil vingt fois plus courte que la distance Soleil-Terre. Ce système va sûrement attirer la curiosité de nombreux astronomes car ce système planétaire situé à quarante allées-lumière de nous serait vraiment un proche voisin.

### 1996

En fin d'année civile trois remarques s'imposent :

- Les Cahiers Clairaut publient leur numéro hiver 95-96 qui porte un numéro multiple de 4. Ce signal numérique signifie "le moment est venu des réabonnements"; Le numéro contient une fiche spéciale à ce sujet. Vous profiterez de cette correspondance pour dire ce que vous pensez de la rédaction, du CLEA et de son action.

-Le nouveau millésime excite l'imagination de tous les amateurs de théorie des nombres. Voici les premières curiosités reçues par la Rédaction:

$$\sqrt{1 + 9 + 9 + 6} = 5$$

Le 1996<sup>ème</sup> nombre premier est 16 349 et il se trouve que

$$\sqrt{1 + 6 + 3 + 4 + 9} = 5$$

D'autre part, l'indicatrice d'Euler de 1996 est 996.

- Troisième remarque, en 1996, quels anniversaires ? Voici quelques rappels de dates :

396 - Les astronomes chinois découvrent une "étoile invitée" dans le Scorpion.

1596 - Le jeune Kepler publie son premier livre **Le Secret du monde** avec sa célèbre hypothèse sur la relation entre les six planètes et les cinq polyèdres réguliers convexes.

Cette même année, naissance de René Descartes.

1896 - Mort d'Hippolyte Fizeau.

John Schaeberle découvre le compagnon de Procyon depuis d'Observatoire Lick.

Maurice Loewy et Pierre-Henri Puisseux commencent à réaliser leur atlas photographique de la Lune.

Attendez-vous enfin à ce que 1996 soit la vingt quatrième année bissextile du siècle mais non la dernière

### ISO ET LES EMOTIONS

Les astronomes concernés par le satellite ISO ont éprouvé bien des émotions quand le lancement de la fusée porteuse Ariane, prévu pour le 11 novembre, a du être retardé. Quel soulagement d'apprendre le 17 un lancement parfaitement réussi. L'observation du ciel en infrarouge aura donc lieu avec ce petit bijou qui va évoluer entre 1000 et 70000 km à la recherche des objets les plus froids.

## Bruno MORANDO : 1931-1995

L'Astronomie a perdu l'un des siens : Bruno Morando s'est éteint le 14 octobre 1995 des suites d'une grave maladie.

Après ses études d'astronomie (1959-1960), il fut l'assistant d'André Danjon à la Sorbonne et, quand en 1961, A. Danjon transforme le Service des Calculs du Bureau des Longitudes en "Service des Calculs et de Mécanique céleste", spécialisé dans la recherche en astronomie fondamentale et en mécanique céleste, Bruno Morando y travaille avec Jean Kovalevsky : sa thèse de doctorat (1966) a pour titre "*Théorie planétaire générale semi-numérique. Application à Vesta*". Il dirigera ce Service de 1971 à décembre 1984, avant d'être Président de la Commission des Ephémérides, à l'UAI (Union Astronomique Internationale), de 1985 à 1988.

Son enseignement en DEA a fait l'objet du livre "*Mouvement d'un satellite artificiel de la Terre*" qu'il a publié en 1974 (Ed. Gordon & Breach). Auparavant, il avait été coauteur avec Jacques Merleau-Ponty de "*Les trois Etapes de la Cosmologie*" (Laffont, 1971). Il participait récemment à un groupe de travail sur la réédition des œuvres de d'Alembert, et faisait partie du comité de rédaction d'un futur ouvrage du Bureau des Longitudes "*Introduction aux Ephémérides astronomiques : explication et usage de la Connaissance des Temps*".

Ses derniers travaux scientifiques portaient sur la réduction des observations des petites planètes par HIPPARCOS. Une de ses dernières activités scientifiques fut d'être coresponsable du Comité Scientifique d'Organisation du 172ème symposium de l'UAI, début juillet 1995 à Paris, sur le thème "*Dynamique, Ephémérides et Astrométrie dans le Système solaire*". C'est lors de cette manifestation scientifique que fut commémoré le bicentenaire du Bureau des Longitudes, dont Bruno Morando était membre titulaire. Il y retraça notamment l'histoire de la création de cette institution ainsi que l'évolution de deux siècles de mécanique céleste sous les auspices du BdL. Ses derniers articles de mécanique céleste viennent de paraître dans "*The General History of Astronomy*" (vol. 2B) publié sous la direction de René Taton et Curtis Wilson (Camb. Univ. Press).

Commandeur des Palmes académiques, il a toujours montré un grand intérêt pour tout ce qui touche à l'enseignement de l'astronomie et à sa diffusion auprès des enseignants, du public ou des jeunes. Il fut président de la SAF (Société Astronomique de France) de 1976 à 1979 ; il y lança notamment les camps d'été d'astronomie pour jeunes à Chamaloc, près de Die (Drôme) et fut rédacteur en chef de la revue "*L'Astronomie*".

Fidèle lecteur des *Cahiers Clairaut*, il a fréquemment contribué au "Courrier" en répondant aux questions ou y apportant d'utiles précisions. On pourra également se reporter à ses articles "Mécanique céleste" et "Le Verrier" dans *l'Universalis*.

Très convivial et d'une grande ouverture sur les autres, il parlait couramment l'anglais et le russe, et pratiquait régulièrement l'alto (ainsi que le piano) en compagnie de musiciens professionnels. On retiendra sa gentillesse, son humour et sa grande culture historique. Une petite planète porte son nom depuis un an.

Michel TOULMONDE



## Le C.L.E.A. et les Cahiers Clairaut

### CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1995 :

Cotisation simple au CLEA pour 1995	30 F
Abonnement simple aux <i>Cahiers</i> n° 69 à 72	120 F
Abonnement aux <i>Cahiers</i> n°69 à 72 ET cotisation au CLEA pour 1995	150 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des <i>Cahiers</i> (port compris)	40 F

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

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

C1. Collection complète du n° 1 au n° 68 (990 F - 1100 F)

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

C90. à C94. Collection 1990, 91, 92, 93 ou 94 (chaque 90 F - 100 F)

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

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

### FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

N-B. Le stock de certains de ces fascicules est en voie d'épuisement ;  
avant de passer commande, s'assurer que le numéro désiré est  
encore disponible

1. L'observation des astres, le repérage dans l'espace et dans le temps (20F-25F)
2. Le mouvement des astres (25F - 30F)
3. La lumière messagère des astres (30F - 35F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (30F - 35F)
5. Renseignements pratiques, bibliographie pour l'astronomie (25F - 30F)
- 5 bis . 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)

### PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

LS0. Catalogue des étoiles les plus brillantes, toutes les données disponibles au Centre  
des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg  
concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Commandes à adresser au service librairie, Planétarium de Strasbourg.

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim  
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

Dépot légal : 1er trimestre 1979  
Numéro d'inscription CPPAP 61660