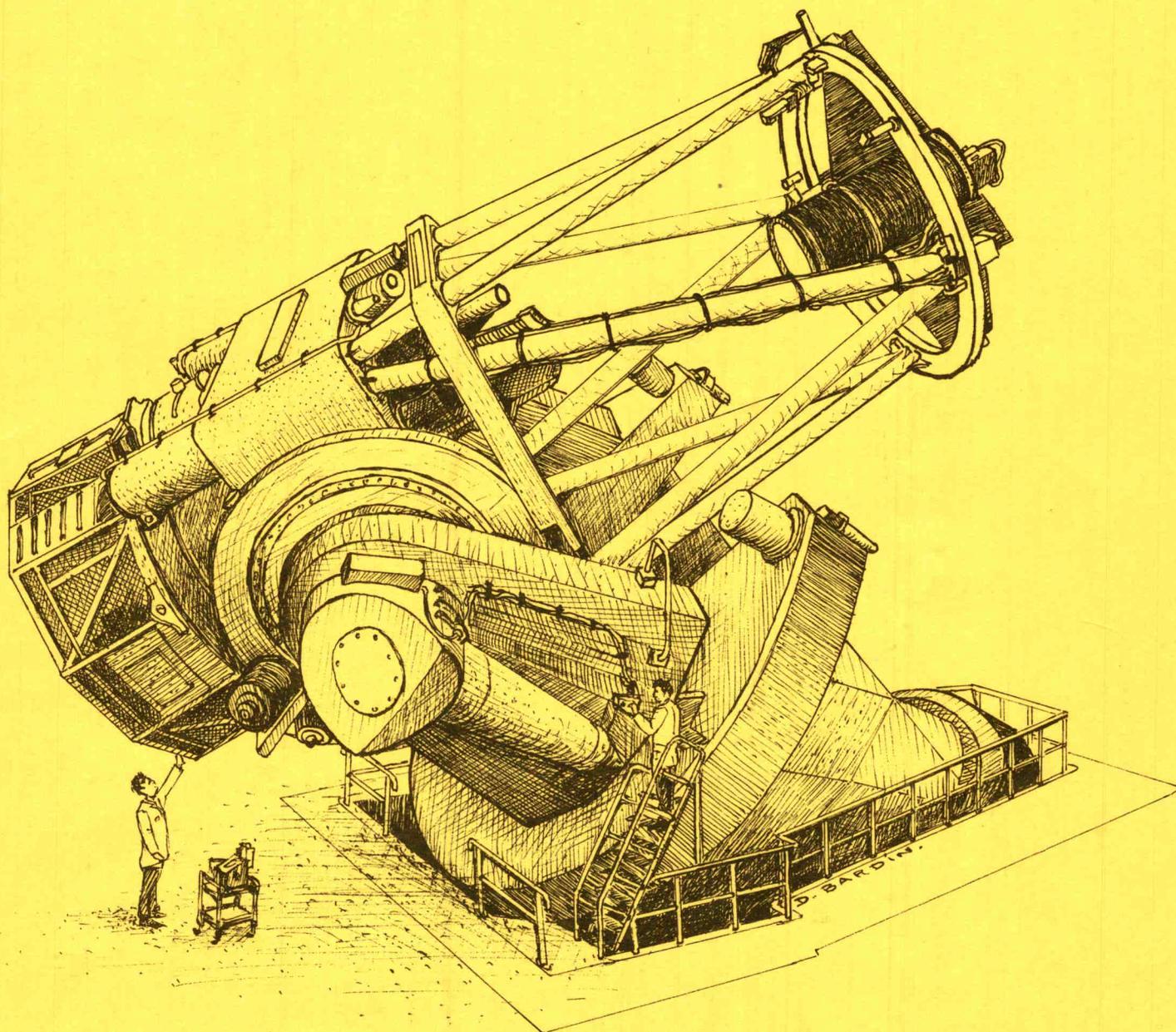


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



n°41 - printemps 1988

ISSN 0758-234 X

Le 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 promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement public et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

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

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

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

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

Bureau du CLEA pour 1988

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Alain Dargencourt

Hubert Gié

Jean Ripert

Catherine Vignon

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

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

n°41 Printemps 1988

	p.
Les quasars aujourd'hui	3
Ecole d'été d'Astronomie	12
Tintin, la physique et l'astronomie	13
Menaces sur le futur	24
Fascicule "Relativité"	26
Lectures pour la Marquise	27
Les potins de la Voie lactée	31
Chronique du CLEA	32
Courrier des lecteurs	37
Liste des ouvrages analysés dans les Cahiers Clairaut	38
Le rappel du secrétariat	40

EDITORIAL

Les Cahiers Clairaut font toilette... Comme vous pouvez le constater, nous avons amélioré le mode d'édition. Les frais supplémentaires engagés devraient être couverts en 1988, si les réabonnements reviennent en nombre: nous en faisons le pari. Nous comptons aussi sur la campagne d'abonnements entreprise. Rappelons que tout nouvel abonné a droit à l'expédition gratuite de l'index des numéros anciens et du fascicule thématique de son choix.

Nous ouvrons ce numéro avec le texte de la conférence sur les quasars que Suzy Collin a donnée lors de la dernière assemblée générale du CLEA.

Vient ensuite une lecture critique passionnante de Tintin: ceux qui ont participé à l'assemblée générale de janvier 1987 retrouveront avec plaisir les commentaires de Robert Mochkovitch.

Le journal "le Monde" nous a autorisés à reproduire un texte de notre président d'honneur, publié fin 1987, dans lequel Jean-Claude Pecker explique sa vision de la culture scientifique en France et les raisons qui l'ont conduit à démissionner de la présidence du programme "Culture scientifique et technique".

Michel Toulmonde nous a adressé un index très complet des numéros 1 à 40 des Cahiers Clairaut. Nous donnons ici la liste des ouvrages analysés. L'abondance des matières nous conduit à reporter au numéro suivant l'index thématique et celui des auteurs. Que tous ceux qui nous ont envoyé des articles dont la publication est reportée à un numéro ultérieur veuillent bien nous excuser. Cette épisodique richesse ne nous empêche pas de continuer à solliciter vos contributions!

La Rédaction.

LES QUASARS AUJOURD'HUI

Une étoile bleutée de faible éclat avait été observée en 1887 et reconnue comme variable ; elle ne s'apparentait cependant à aucune catégorie connue de variable et on l'oublia. Les progrès de la radioastronomie permirent, à partir de 1954, de préciser la position d'un certain nombre de radiosources puissantes. La radiosource n°273 du troisième catalogue de Cambridge appelée 3C273 correspondait à la curieuse étoile bleue et l'astronome américain Marteen Schmidt en prit un spectre en 1963. Ce qu'il obtint lui parut incompréhensible au premier examen. Comme l'était apparu à l'astronome américain Allan Sandage et à ses collaborateurs, trois ans plus tôt, le spectre d'une autre étoile bleue, identifiée, elle, à la radiosource 3C48. Ainsi commence l'extraordinaire histoire des quasars, les objets les plus lumineux et les plus lointains de l'Univers, posant de multiples et complexes problèmes d'interprétation. Des objets dont la connaissance permet les plus profondes plongées dans l'Univers.

Préliminaires de la découverte

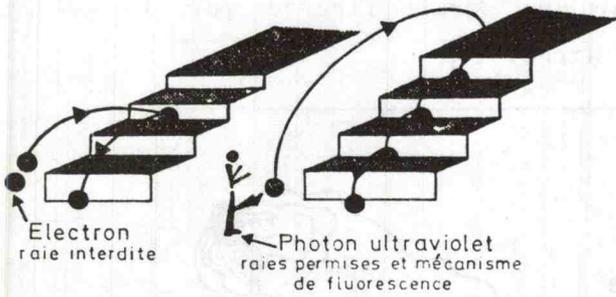
L'histoire de la découverte des quasars est riche en rebondissements, en avancées et en reculs suivis de nouvelles avancées qui sont une démarche normale de la recherche lorsque l'observation met les astronomes en présence d'aspects ou de phénomènes tout à fait nouveaux ou imprévus. Et dans le cas des quasars, les surprises n'ont pas manqué, non plus que les problèmes posés aux théoriciens pour interpréter les résultats surprenants de l'observation.

Les quasars auraient pu être découverts il y a 45 ans, lorsque le jeune astronome allemand Karl Seyfert préparait sa thèse aux Etats-Unis sous la direction de Minkowski, spécialiste des galaxies. Il publia un article rapportant son étude de six galaxies spirales peu ordinaires : elles présentaient des noyaux très lumineux - presque aussi lumineux à eux seuls que la galaxie toute entière - et émettant un spectre continu très bleu avec des raies en émission très larges.

Seyfert, qui devait disparaître prématurément peu après, venait de mettre en évidence une nouvelle classe d'objets, les galaxies à noyau actif. Le qualificatif exprime le fait que ces noyaux se trouvent dans une phase de production d'énergie telle qu'elle ne peut se maintenir à ce niveau que pendant une petite période de la vie de la galaxie. Le spectre visible de ces objets montre un continu très plat (expliquant leur

apparence bleue) sur lequel se superposent de larges émissions correspondant à des raies spectrales. Les spectres du même objet NGC 4151 pris en 1974 et en 1984 mettent en évidence des variations du continu et des raies qui sont celles d'éléments fortement ionisés révélant donc des phénomènes énergétiques.

Deux sortes de phénomènes sont ici à distinguer dans l'émission des raies spectrales. L'un est un phénomène de fluorescence: un électron est arraché à un atome de gaz par un photon ultra-violet, il est ensuite recapturé par un atome qui se désexcite en émettant de la lumière



visible. L'autre phénomène conduit à la formation de raies interdites qui sont produites par des atomes excités par des collisions avec les électrons du gaz et qui se désexcitent spontanément au bout d'un temps qui peut être très long avant de subir une autre collision. Dans les deux cas, il y a à la base un rayonnement ultra-violet ou X qui, par

ces deux processus finit par produire de la lumière visible. (fig 1)

Deuxième étape, la découverte des radiogalaxies. En 1954, les astronomes américains Baade et Minkowski purent identifier l'une des plus brillantes radiosources située dans la constellation du Cygne et qui fut appelée Cygnus A. Ils découvrirent alors que sur une photographie du

ciel, il existait à l'emplacement de la source radio une galaxie lointaine et de forme inhabituelle faisant penser à deux galaxies en collision. En fait, cette galaxie est située à 650 millions d'années lumière et la puissance de son émission est égale à 10^{12} fois la puissance du Soleil. D'autres radiosources ont été à la suite identifiées à des galaxies dont le rayonnement radio est environ cent ou mille fois celui de notre Voie Lactée, celui d'une galaxie normale. Pour expliquer une telle puissance, il faut faire intervenir le rayonnement synchrotron émis par des particules chargées - principalement des électrons - se déplaçant dans un champ magnétique à des vitesses relativistes. Contrairement au rayonnement thermique, constitué de la superposition de vibrations sinusoïdales prenant toutes les directions perpendiculairement à la direction de propagation, le rayonnement synchrotron n'est constitué que de vibrations situées dans le plan contenant la direction de propagation de l'électron et celle du rayonnement. On dit qu'il est polarisé. Cependant

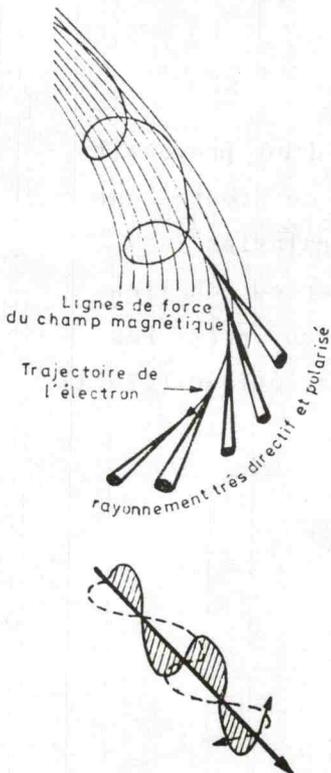


fig 2

cette polarisation est diminuée par le fait que les électrons se propagent en général dans différentes directions.

On estime que le champ magnétique est très faible, de l'ordre du millionième de gauss (alors que le magnétisme terrestre est de l'ordre du dixième de gauss), mais il s'agit d'un volume 10^{45} fois plus grand que celui de la Terre. Ce qui explique que l'énergie contenue dans une telle source soit si considérable, supérieure à 10^{55} joules, une valeur gigantesque, équivalente à celle que rayonneraient cent ou mille milliards d'étoiles comme le Soleil ou encore une très grande galaxie pendant toute la durée de vie de l'Univers. C'est l'énergie qui serait libérée par la conversion totale de cent millions de masses solaires.

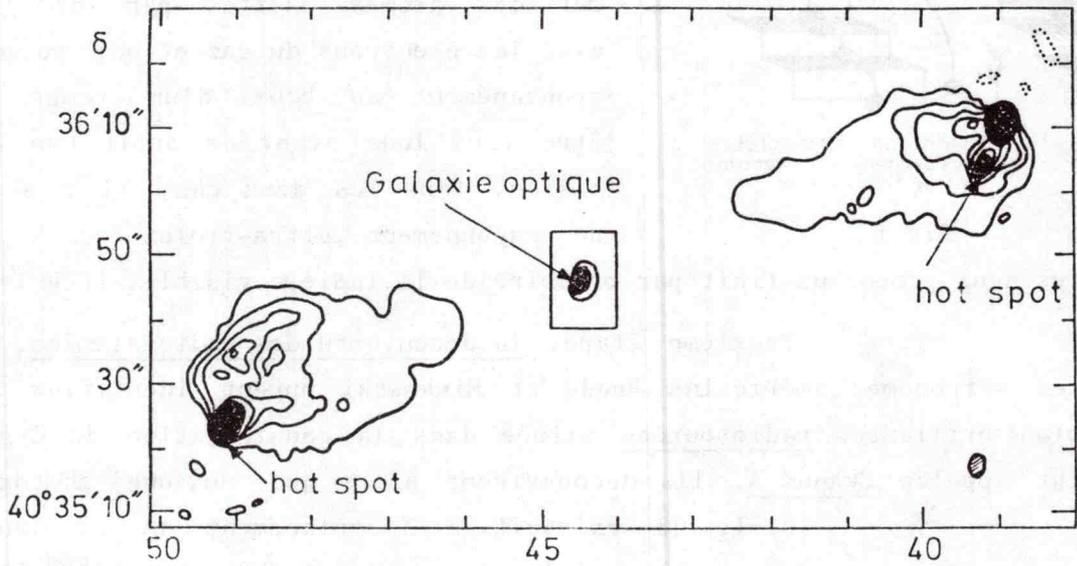
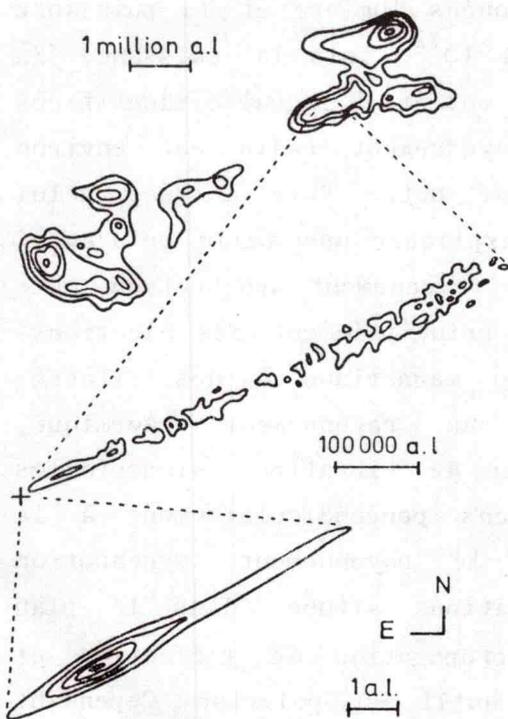


fig 3



On devait alors se demander d'où provenait cette énergie colossale : de toute une galaxie ou du noyau des radiogalaxies ? Des schémas d'isophotes à diverses échelles font penser à une localisation très restreinte de la zone la plus énergétique. (fig 4)

fig 4

La découverte des quasars

Le catalogue des radiosources allant s'enrichissant, on cherchait à les identifier, quand c'était possible, avec des sources visuelles connues. Ainsi dès 1960, l'astronome américain Allan Sandage obtint le spectre d'une étoile bleue très faible (magnitude 16) à la place de la radiosource 3C48 : c'était un spectre étrange avec raies brillantes sur fond continu (au lieu des raies sombres d'un spectre stellaire ordinaire), les dites raies ne correspondant à rien de connu.

La position d'une autre radiosource 3C273 fut obtenue avec précision par l'astronome anglais Cyril Hazard qui put observer son occultation par la Lune. La radiosource fut ainsi identifiée avec une étoile bleue qui avait la particularité de présenter une petite trainée faiblement lumineuse, une sorte de jet. C'était l'étoile bleue variable mentionnée au début de cet article et Marteen Schmidt découvrit que son spectre présentait des raies intenses en émission comme le spectre de l'étoile de Sandage.

Avec ses collègues de Palomar, Thomas Matthews et Jesse Greenstein, il indentifia ces raies, celles de l'hydrogène et de l'oxygène O III décalées vers les grandes longueurs d'onde (redshift) de 16% pour 3C273, de 37% pour 3C48.

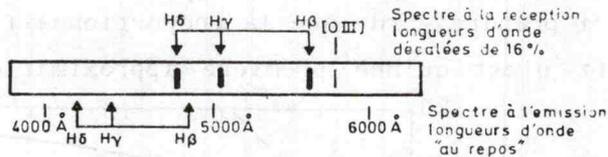


fig 5

Cela démontrait que ces astres qui ont l'aspect d'étoiles n'en sont pas : le rayonnement qu'ils émettent présente un spectre à raies brillantes qui ne peuvent se former dans les atmosphères d'étoiles. C'est pourquoi ces astronomes les baptisèrent "quasi stellar objects" ou en abrégé quasars. Mais comment expliquer un décalage des raies aussi important ?

Une première explication possible était un décalage par effet Doppler-Fizeau. Dans les cas de 3C273 et 3C48 cela correspondait à des vitesses de 48 000 et 110 000 km/s respectivement. C'est à dire d'énormes énergies de mouvement pour des corps célestes de la dimension d'une étoile. Rien dans l'histoire de notre Galaxie ne permet de supposer qu'une étoile puisse y atteindre de telles vitesses. De plus, pour tous les quasars observés, on obtient systématiquement une vitesse d'éloignement.

Autre explication du décalage pouvant être invoquée, l'effet gravitationnel ou effet Einstein. Si un photon est émis à une longueur d'onde λ_0 en l'absence de gravité, le même photon émis à la distance R d'une masse M a une longueur d'onde $\lambda = \lambda_0(1+z)$ avec $z = GM/Rc^2$ où G est la constante

de la gravitation $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ dyn cm}^2 \text{ g}^{-2}$ et c la vitesse de la lumière.

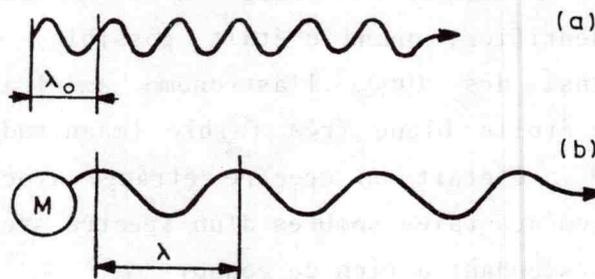


fig 6 -

Mais Greenstein et Schmidt montrèrent que cet effet doit produire des raies dilatées selon qu'il opère au sommet ou à la base de l'atmosphère raréfiées autour de ces objets. Or tel n'est pas le cas et l'argument du décalage gravitationnel doit être définitivement abandonné.

Il ne reste alors plus qu'une seule explication possible au décalage des raies, l'effet cosmologique qui traduit l'expansion de l'Univers dans son ensemble : les ondes lumineuses sont étirées lorsqu'elles se propagent dans un espace en expansion ; leur longueur d'onde augmente dans la proportion $z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$ et z est appelé le "redshift". La vitesse de récession d'une galaxie en kilomètres par seconde est égale à la distance de cette galaxie (en mégaparsecs) multipliée par la constante de Hubble. Il faut ici prendre garde que la proportionnalité de la vitesse de récession au redshift n'est qu'une première approximation pour de faibles redshifts.

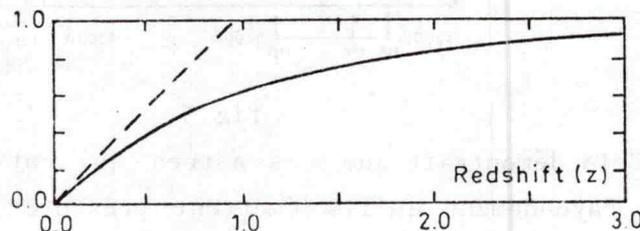


fig 7

En prenant pour $H = 75 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, 3C273 se trouve à 640 mégaparsecs soit environ 2 milliards d'années lumière et 3C48 à 1500 mégaparsecs soit 4,5 milliards d'années lumière.

L'éclat observé de ces objets placés à de telles distances correspond à une puissance extraordinaire, de l'ordre de 10^{40} watts soit la puissance de dix mille galaxies comme la nôtre rayonnée par un objet

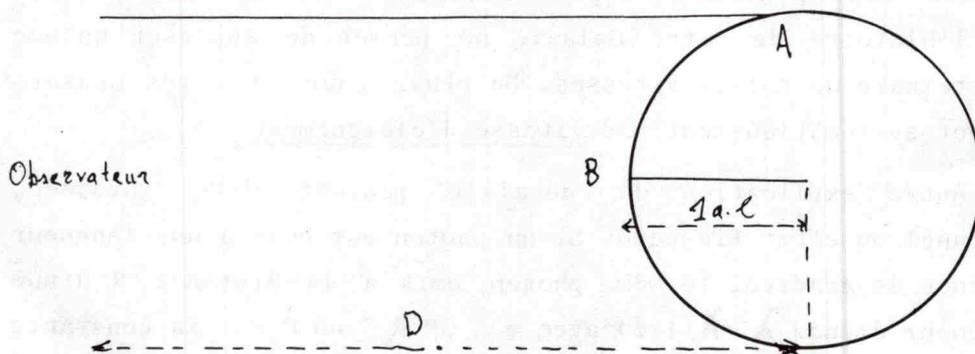


fig 8

dont la dimension est certainement inférieure à l'année lumière puisque de sensibles variations d'éclat sur des échelles de temps de moins d'un an sont mesurables. En effet, des variations importantes ne peuvent être observées dans un laps de temps inférieur à R/c où R est le rayon du corps émetteur : si le flux émis augmente au temps $t = 0$, les photons étant émis simultanément en A et B (cf fig 8), l'instant d'arrivée des photons émis par B à la distance D est $t = D/c$ tandis qu'il est $t = D/c + R/c$ pour ceux émis en A et la variation est "diluée" sur le temps R/c .

Les courbes de lumière de 3C273 et 3C279 s'étalent sur plusieurs dizaines d'années. En 1937, l'éclat de 3C279 a augmenté d'un facteur 100 en quelques jours.

Des observations en rayons X ont montré des variations de l'ordre de l'heure, ce qui réduit la dimension d'un quasar à celle du système solaire.

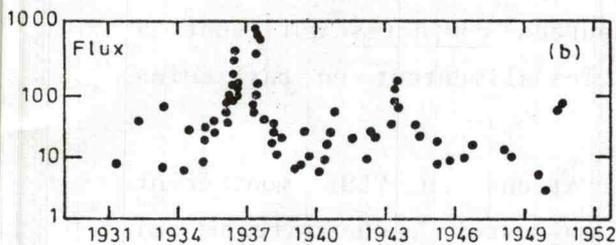
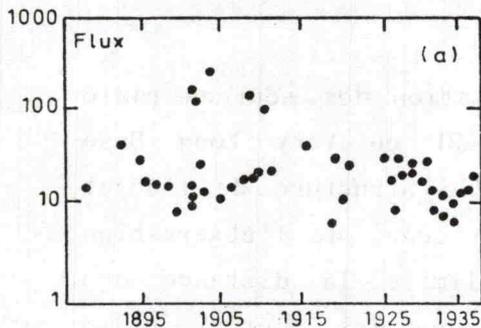


fig 9

S'il y a eu, dans les débuts, maintes controverses pour ou contre le redshift cosmologique, nous pouvons maintenant le considérer comme prouvé ne serait-ce que par le fait que si un quasar est situé dans un amas de galaxies, son décalage est identique à celui de l'amas. Dans la suite de cet exposé, nous raisonnerons donc dans le cadre de l'hypothèse cosmologique.

Le rayonnement des quasars

Les années 70 ont été marquées par l'étude du rayonnement des quasars sur toute l'étendue du spectre électromagnétique.

Le rayonnement d'une galaxie se trouve réparti sur un intervalle où la longueur d'onde varie d'un facteur 1000 ou 10^3 (on dit pour cette raison qu'il est réparti sur trois "décades") et bien que le spectre d'une galaxie soit très différent de celui d'un corps noir, on peut encore le qualifier de thermique car il est essentiellement dû à un ensemble de corps chauds pratiquement en équilibre thermique. Au lieu de s'effondrer dans l'ultra-violet et dans l'infra-rouge lointain, il se prolonge

vers les grandes longueurs d'onde, jusque dans le domaine radio, aux ondes centimétriques et métriques s'il s'agit d'un quasar radio, s'arrêtant aux ondes millimétriques si le quasar n'est pas émetteur radio. De l'autre côté, il s'étend vers l'ultra-violet lointain au rayonnement X et même au rayonnement gamma.

On peut résumer les découvertes des années 70 dans les trois conclusions suivantes :

- extension du domaine d'énergie rayonnée par un quasar sur dix décades de fréquence, de 10^{10} à 10^{20} hertz ;
- prééminence du rayonnement de grande énergie (ultra-violet, X et même gamma) ;
- découverte de sources "superluminiques".

Un bond prodigieux dans la localisation des sources radio fut obtenu par l'interférométrie à longue base (VLBI ou Very Long Base Interferometry). Grâce à quoi on peut reconstituer la structure de l'objet émetteur avec un pouvoir séparateur bien supérieur à celui de l'observation optique pour lequel la turbulence atmosphérique limite la distance des télescopes interférant. Ces observations révélèrent que les sources radio des quasars sont très petites. Ce sont des sources compactes qui sont à l'origine des grands lobes radio observés et qui les alimentent en particules relativistes et en gaz.

A partir de 1972, les observations en VLBI montrèrent que l'écartement des sources doubles semblait augmenter à une vitesse qui paraissait dépasser celle de la lumière. D'où le nom "superluminiques" donné à ces sources. En fait il pourrait s'agir de bouffées successives de rayonnement gamma qui créent des électrons relativistes produisant un rayonnement synchrotron. Nous percevons ces rayonnements avec un retard plus grand pour la première bouffée que pour la suivante et les deux sources paraissent plus distantes l'une de l'autre qu'elles ne le sont en réalité.

Un modèle des quasars

Nous pouvons désormais construire un modèle cohérent rendant compte de tous les faits acquis sur les quasars. Sans oublier que la famille des quasars est très hétérogène ; leur luminosité optique est très variable d'un quasar à l'autre, de 10^{37} à 10^{41} watts ; certains quasars émettent en radio, d'autres non ; certains sont puissants en infra-rouge ou dans le domaine X, etc. Les faits essentiels à retenir sont les suivants :

- la puissance émise, les plus puissants produisent 10^{41} watts dans le visible soit l'équivalent de quinze masses solaires par an transformées entièrement en énergie lumineuse ;

- la variabilité prouve que l'émission se produit dans une région très petite, inférieure à quelques jours de lumière ;
- une durée de vie supérieure à dix millions d'années, certaine pour les quasars radio, probable pour les autres également, ce qui implique une énergie supérieure à 3×10^{55} joules soit l'équivalent de cent millions de masses solaires.

Quel est le mécanisme qui pourrait fournir une telle quantité d'énergie radiative totale et une telle puissance ? A partir de réactions chimiques, il y faudrait 10^{22} masses solaires, soit plus que la masse totale de l'Univers observable. Les réactions nucléaires ne permettent de récupérer en énergie que 1% de la masse, ce serait encore insuffisant ici. Seule la libération d'énergie gravitationnelle obtenue lors de la chute sur un corps massif compact peut atteindre un rendement de 40% de Mc^2 .

Quel est le corps massif et compact qui peut provoquer un phénomène de cette ampleur ? On devait évidemment penser au corps encore plus compact qu'une étoile à neutron, le trou noir. La masse minimum que devrait contenir un quasar dont l'énergie serait d'origine gravitationnelle serait d'un milliard de masses solaires. Rassemblée dans un trou noir, le rayon de Schwarzschild de celui-ci serait de trois milliards de kilomètres soit trois heures de lumière (rappelons que le rayon de Schwarzschild est le rayon minimum qu'un corps sphérique doit avoir pour que des photons puissent s'en échapper en s'opposant aux forces de gravitation). Mais ce trou noir exerce une attraction gravitationnelle sur la matière qui l'entoure et qui a donc tendance à y "tomber" ; alors l'accumulation de matière freine la chute et provoque un rayonnement. A six rayons de Schwarzschild, les particules sont avalées par le trou noir sans avoir le temps de rayonner. Par conséquent, toute la masse n'est pas transformée en rayonnement. Les photons sont essentiellement émis entre six et dix rayons de Schwarzschild. Ceci sans parler des complications du modèle si le trou noir est en rotation rapide.

Avec un trou noir d'un milliard de masses solaires qui correspond à une étendue de variabilité d'une dizaine d'heures lumière, nous avons un modèle cohérent avec les données de l'observation. Il reste à concevoir comment un trou noir supermassif a pu se constituer.

On peut imaginer qu'au centre du noyau d'une galaxie, un trou noir supermassif se soit formé par effondrement d'une étoile supermassive ou d'une amas d'étoiles. Dès que le trou noir atteint quelques milliers de masses solaires, il grossit rapidement en avalant la matière qui l'entoure. Pour qu'un rayonnement soit émis, il faut que cette matière soit sous forme

gazeuse ou dispersée ; l'engloutissement d'une étoile entière ne donnerait aucun rayonnement mais l'étoile est préalablement disloquée par effet de marée et les particules produites, pour peu qu'elles aient un moment angulaire,

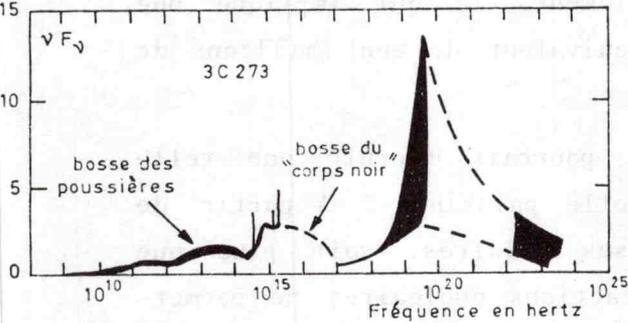
forment un disque d'accrétion, le gaz et les particules tombent en spirale sur le trou noir. Si la matière n'a pas de moment angulaire, le gaz et les particules tombent de toutes parts en accrétion sphérique. Dans le premier cas les particules ont le temps de rayonner donc de se refroidir jusqu'à quelques dizaines de milliers de degrés (ce qui explique la "bosse" observée

fig 10

dans le spectre continu dans les domaines optique et ultra-violet). Dans le second cas, les particules n'ont pas le temps de se refroidir, la température du gaz reste très élevée, quelques milliards de degrés, le rayonnement est alors émis dans le domaine X. Les deux formes de rayonnement coexistent dans les quasars avec des importances relatives différentes selon les objets.

Enfin, en plus de ce rayonnement de gaz chaud, un quasar a un rayonnement synchrotron dû à des particules relativistes émises dans un milieu magnétisé et ayant probablement une direction privilégiée. On associe l'existence de ces particules à celles des radiosources compactes et aux jets, même lorsque ceux-ci ne sont pas observés, soit que leur rayonnement trop faible ait été réabsorbé soit même qu'il n'ait pu être détecté. Mais on pense qu'il existe toujours une direction privilégiée que les électrons relativistes sont obligés de suivre. Cette direction est probablement celle de l'axe de rotation du trou noir. On appelle "effet d'aberration relativiste" ce phénomène qui permet d'expliquer l'observation d'objets très lumineux et très variables comme les Lacertides.

La luminosité maximale d'un quasar est déterminée par ce qu'on appelle la "luminosité d'Eddington" : la luminosité est limitée lorsque l'accrétion autour du trou noir est stoppée et ceci se produit lorsque la gravitation est compensée par la pression de radiation. Pour un trou noir d'un milliard de masses solaires, la luminosité d'Eddington est $1,3 \times 10^{40}$ watts. Elle correspond à un taux d'accrétion maximum donné par $dM/dt = L_{\text{Edd}} / (c^2)$ où L_{Edd} est le rendement de la conversion de la masse en énergie soit environ 10%. Ce taux maximum correspond à une durée d'un milliard d'années pour obtenir un trou noir d'un milliard de masses solaires.



Conclusion

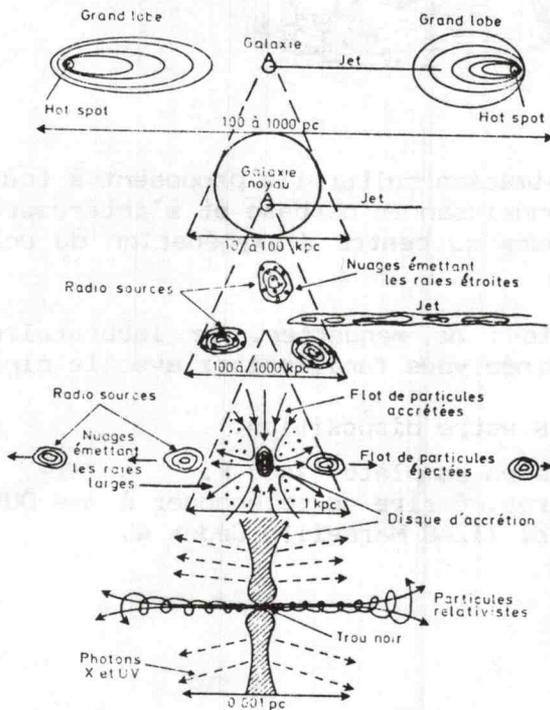
On a pu se demander pourquoi les quasars se trouvent dans les noyaux de galaxies.

On peut répondre à cette question par le schéma suivant: l'effondrement d'un nuage protogalactique entraîne la formation d'un "noyau" ou amas dense d'étoiles. Alors deux éventualités : une évolution normale d'étoiles avec formation de "petits" trous noirs de dix masses solaires puis des collisions d'étoiles entraînant la formation d'une étoile instable de dix mille masses solaires et la formation d'un trou noir massif qui grossit - ou bien la formation d'un trou noir massif par effondrement du centre du nuage protogalactique.

Dans un cas comme dans l'autre, le trou noir grossit par accrétion et nous avons une galaxie à noyau actif, une galaxie de Seyfert. Lorsque le trou noir atteint la masse de un à dix milliards de masses solaires, l'objet est devenu un quasar.

Son intense rayonnement limite sa durée d'activité. Il devient une radiogalaxie. Mais une réactivation est possible par une galaxie voisine, il y a un "cannibalisme des galaxies"...

Suzy Collin



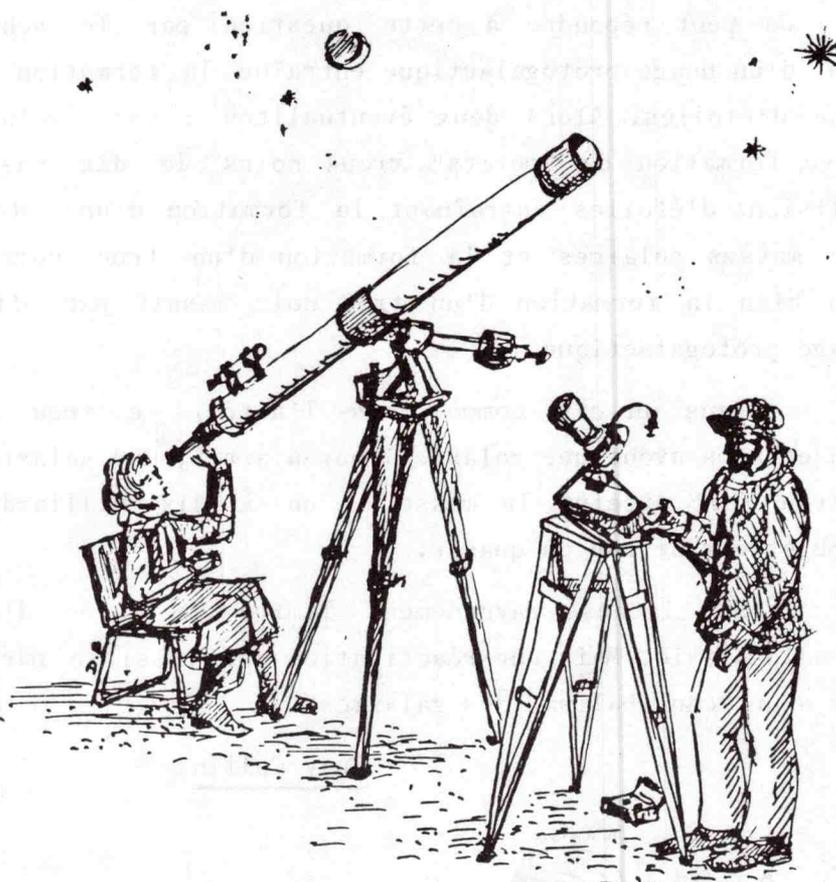
— Le portrait robot d'un quasar.

N.D.L.R. - Les figures reproduites dans cet article sont tirées du livre

LES QUASARS

par Suzy Collin et Grazyna Stasinska
collection "Science et Découvertes"
éd Le Rocher 1987.

ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE AU COL BAYARD du 14 au 21 Août 1988



L'Observatoire de Marseille et l'équipe d'animation culturelle proposent à tous les enseignants qui désirent acquérir des connaissances de base et s'intéressent à l'observation du ciel, un stage de 8 jours au centre d'oxygénation du col Bayard (près de GAP, Hautes Alpes).

Outre les exposés généraux, les constructions de maquettes, le laboratoire photo, vous pourrez à tout moment de la journée vous familiariser avec le ciel dans un mini planétarium.

Le soir, de nombreux instruments seront mis à votre disposition.

Tarif : tout compris avec hébergement en pension complète: 1400 F.

Pour obtenir des renseignements complémentaires, écrire ou téléphoner à Mme DUVAL Observatoire de Marseille, 2 Place Le Verrier, 13248 Marseille Cedex 4.

Tel: 91 95 90 88.

Bulletin d'inscription:

NOM:

Prénom:

Adresse:

Adresse de l'établissement scolaire où vous enseignez:

Avez-vous déjà suivi un stage d'Astronomie?
et quand?

où?

TINTIN, LA PHYSIQUE ET L'ASTRONOMIE

Le texte qui suit est le résumé d'une conférence donnée à l'occasion de l'Assemblée Générale du CLEA le 25 Janvier 1987.

Pourquoi Tintin ?

La science et l'astronomie sont présentes dans les aventures de Tintin, d'abord sous les traits du professeur Tournesol (une représentation du savant sur laquelle il y aurait beaucoup à dire ...). Trois albums ont même un contenu explicitement "astronomique" : l'Etoile Mystérieuse, Objectif Lune et On a marché sur la Lune. Signalons également l'éclipse totale de Soleil qui arrive à point pour sauver tout le monde dans le Temple du Soleil. Une lecture critique de ces albums apparaît justifiée dans la mesure où l'on sait que Hergé s'attachait à l'exactitude jusque dans les détails des histoires qu'il racontait. Il faut lui rendre acte de cette volonté qui conduit à des aventures lunaires assez convaincantes quinze ans avant Neil Armstrong ! Mais on verra qu'il commet aussi des erreurs, certaines légères, d'autres beaucoup plus graves...

Je me limiterai ici à l'étude de deux albums, l'Etoile Mystérieuse et On a marché sur la Lune en commençant par ce dernier. De plus, je ne discuterai pas tous les détails de chaque histoire, me contentant de présenter quelques exemples caractéristiques. J'espère qu'ils pourront intéresser les professeurs et leurs élèves.

On a marché sur la Lune : contexte général

La fusée (dont l'aspect extérieur rappelle celui d'un V2) est propulsée par deux moteurs principaux qui fonctionnent alternativement : un premier moteur "conventionnel" de forte poussée assure uniquement le départ et l'arrivée sur Terre et sur la Lune et communique à la fusée une accélération visiblement très importante puisque l'ensemble de l'équipage perd connaissance ! Un second moteur "atomique" fonctionne pendant le reste du vol et produit une accélération de 1 g et donc une "pesanteur terrestre" dans la fusée (à la différence du vol réel des missions Apollo, où après "injection" sur une trajectoire de rencontre avec la Lune, le moteur était coupé).

On peut utiliser ces données de base pour déduire une valeur approchée de la durée du voyage Terre-Lune dans la mesure où les attractions terrestre et lunaire sont négligeables devant 1 g durant la plus grande partie du parcours, soit (ne pas oublier le retournement de la fusée à mi-chemin):

$$\tau \approx 2\sqrt{\frac{d_L}{g}} \approx 3,5 \text{ heures} \quad (1)$$

($d_L \approx 380\,000$ km, distance Terre-Lune).

L'expression (1) ne tient pas compte des quelques minutes de fonctionnement du moteur conventionnel pendant lesquelles l'accélération moyenne est plus forte que 1 g. Elle surestime donc (légèrement) la durée du vol. La vitesse maximum est atteinte à mi-parcours et vaut

$$V_{max} \approx \sqrt{gd_L} \approx 62 \text{ km.s}^{-1} \quad (2)$$

Il faut noter à cet égard que quelques indications de vitesse, de position ou de durée nous sont données par Hergé. Signalons par exemple le message annonçant la manoeuvre de retournement (Fig. 1). Celle-ci s'effectue nous dit-on une vingtaine de minutes après que la vitesse ait atteint 45 km.s^{-1} . Effectivement,

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{g} = \frac{(62 - 45)10^3}{10} \simeq 1700 \text{ s} \approx 28' \quad (3)$$

Bravo Hergé !*

En voyage vers la Lune

Le premier évènement astronomique du vol est l'observation de la Terre (noter l'absence étonnante de nuages) et de la Lune (pages 4 et 5 de l'album et Fig. 2). Pleine Terre, demi-Lune, est-ce un problème ? Non, et cela nous donne même une idée de la position relative de la fusée par rapport à la Terre, la Lune et le Soleil (Fig. 3).

Par contre, la déclaration triomphante transmise du sol en haut de la page 5 (Fig. 4) est une vraie catastrophe et ce pour trois raisons. La première, la moins grave, est que la vitesse de libération depuis le sol terrestre est de $11,2 \text{ km.s}^{-1}$ et non pas 13. La seconde est qu'à l'altitude de 10 000 km indiquée sur la page précédente elle n'est plus que de 7 km.s^{-1} . Enfin, et c'est peut-être le plus grave, il y a confusion entre vitesse de libération et disparition de l'attraction terrestre.

La scène suivante (bas de la page 5 et page 6) au cours de laquelle l'un des Dupont^d (trouver lequel !) coupe le moteur atomique est l'une des plus

* voir également pages 55 et 56 pour d'autres exemples tout aussi significatifs



Fig. 1

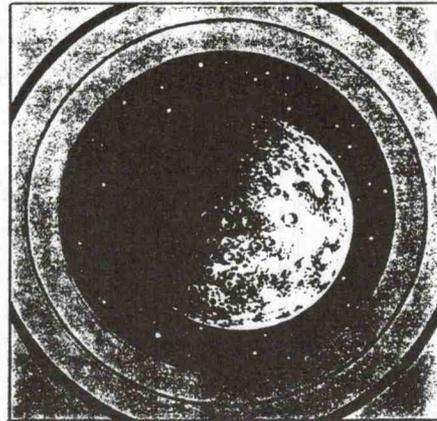


Fig. 2

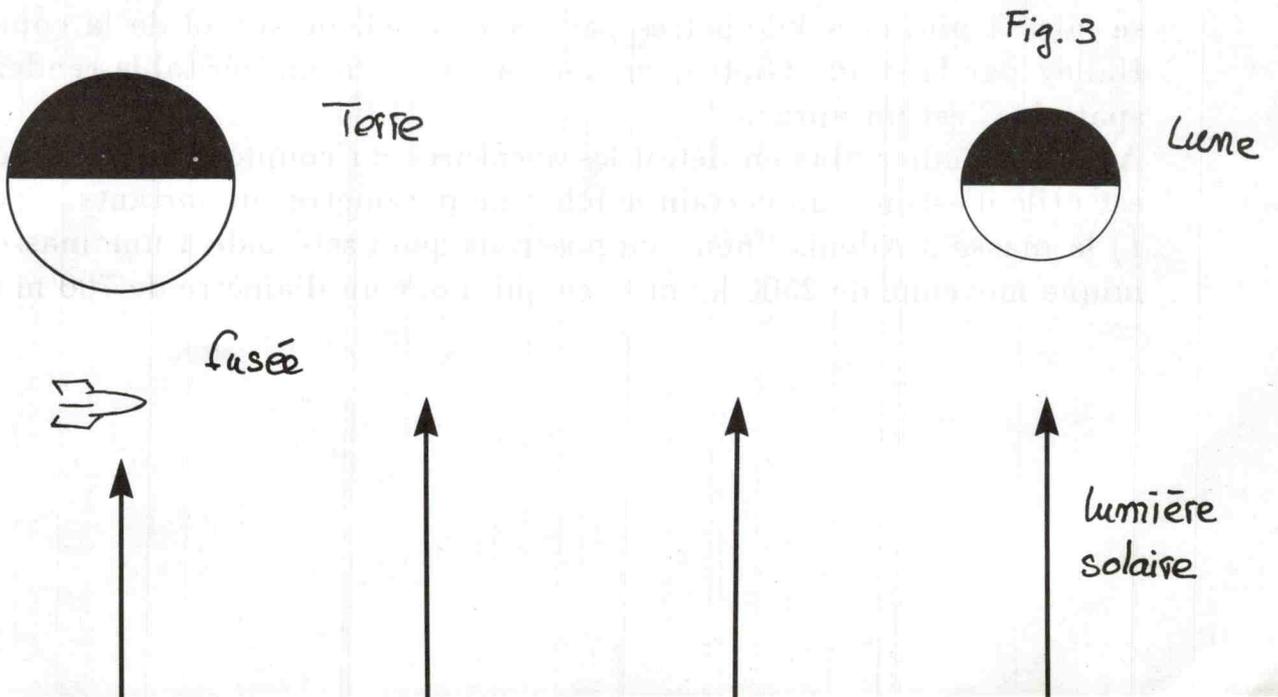


Fig. 3

réussies de l'album (au moins du point de vue du physicien). Le cours donné par Tournesol est tout à fait correct. A noter la forme sphérique prise par le whisky quand, en l'absence de pesanteur, les forces de tension superficielle reprennent tous leurs droits (voir les aventures de l'astronaute Joe Allen et de son jus d'orange, Fig. 5).

La rencontre avec Adonis

Adonis est bien un astéroïde de la classe des "earth grazers", c'est à dire susceptible de s'approcher périodiquement de la Terre. On peut même envisager son passage entre la Terre et la Lune (bien qu'un tel événement soit extrêmement peu probable). Il est cependant très surprenant de voir le professeur Tournesol le reconnaître au premier coup d'oeil. Adonis n'est évidemment pas un objet cartographié. Tout au plus dispose-t-on d'un ordre de grandeur de ses dimensions à partir de son éclat et d'un albedo supposé. L'image donnée par la lunette de la fusée (Fig. 6) est donc la première jamais obtenue avec autant de détails ! Le fait qu'elle soit sur fond lunaire permet par ailleurs d'estimer la distance d'Adonis (en admettant pour celui-ci le diamètre de 700 m indiqué par Tournesol). Adonis sous-tend en effet un diamètre apparent un peu supérieur à celui de la Lune (disons de 20 %) soit

$$\frac{d_A}{D_A} = 1,2 \frac{d_L}{D_L} \quad (4)$$

où $d_{A,L}$ et $D_{A,L}$ sont respectivement les diamètres et distances d'Adonis et de la Lune ; $d_A = 700$ m, $d_L = 3500$ km ; D_L n'est pas connue avec précision. On peut supposer $D_L \approx 300\,000$ km ce qui correspond à environ une heure de vol. On en déduit alors $D_A = 50$ km.

La sortie du capitaine Haddock

C'est l'épisode le plus "loufoque" du vol. Remarquons tout d'abord que la fusée et Adonis ont une vitesse relative nulle (ou presque). Adonis est pourtant sur son orbite, la fusée sur sa trajectoire. La rencontre aurait dû se faire à plusieurs kilomètres par seconde (cf. le survol de la comète de Halley par la sonde Giotto) or nous assistons à un véritable rendez-vous spatial. C'est un miracle !

Avant d'étudier plus en détail les aventures du couple Adonis-Haddock il est utile d'estimer un certain nombre de paramètres importants :

1) la masse d'Adonis ; nous supposons que l'astéroïde a une masse volumique moyenne de 2500 kg.m^{-3} ce qui, pour un diamètre de 700 m donne

Fig. 4



Fig. 5

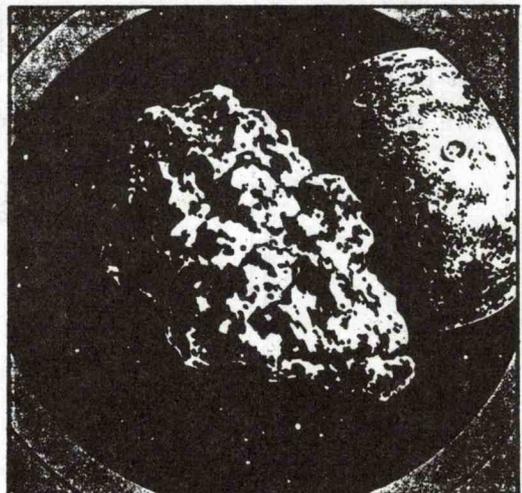


Fig. 6

$$M_A \approx 4,5 \cdot 10^{11} \text{ kg} \quad (5)$$

2) l'attraction gravitationnelle exercée par Adonis à la distance R

$$g_A = \frac{GM_A}{R^2} \approx 3 \cdot 10^{-5} / (R \text{ en km})^2 \text{ m.s}^{-2} \quad (6)$$

soit environ $3 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ à 1 km.

3) la vitesse de libération d'Adonis à la distance R

$$V_\ell(R) = \sqrt{\frac{2GM_A}{R}} \approx 0,25 / \sqrt{(R \text{ en km})} \text{ m.s}^{-1} \quad (7)$$

4) la vitesse à laquelle est décrite une orbite circulaire de rayon R

$$V_{orb}(R) = V_\ell(R) / \sqrt{2} \quad (8)$$

soit une période orbitale

$$T_{orb}(R) \approx 10 (R \text{ en km})^{3/2} \text{ heures} \quad (9)$$

A la lumière de ces nombres, la lutte épique pour vaincre "la redoutable" attraction exercée par Adonis a de quoi faire sourire. Il faut au contraire piloter tout en douceur pour effectuer les différentes manoeuvres nécessaires à la récupération du capitaine. La mise à feu du moteur principal de la fusée (Fig. 7) apparaît donc totalement disproportionnée.

La figure 7 nous montre également un capitaine ayant parcouru une bonne moitié de son "orbite", à une distance typique d'Adonis qu'on peut évaluer (à partir des dimensions de l'astéroïde) à 2 km environ, ce qui représente un temps de parcours d'à peu près 14 h, visiblement en décalage avec la chronologie de l'histoire !

Enfin, il faut signaler que les aventures du capitaine Haddock autour d'Adonis risquent fort d'être perturbées par les effets de marée dus à la Terre. Les formules (7) à (9) ci-dessus ne s'appliquent (dans le repère lié à l'astéroïde) qu'à la condition que le champ de gravité terrestre varie peu sur les dimensions de l'orbite. Dans le cas contraire et en particulier si

$$\Delta g \simeq \frac{2 GM_T R}{D^3} \geq g_A = \frac{GM_A}{R^2} \quad (10)$$

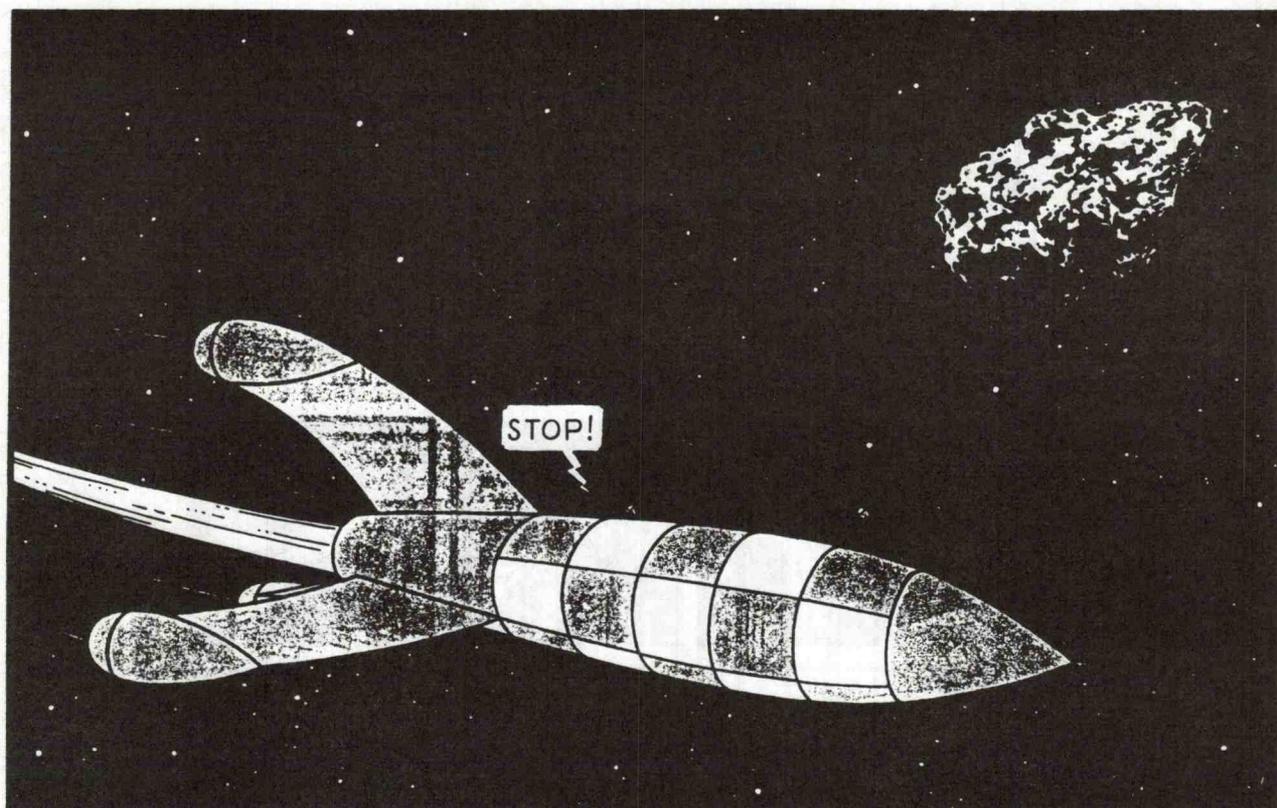


Fig. 7

l'orbite de rayon R est instable (Δg_T représente la variation du champ de gravité terrestre sur le rayon de l'orbite, D la distance à la Terre et M_T sa masse).

La condition (10) peut s'écrire

$$\frac{R}{D} \geq \left(\frac{M_A}{2 M_T} \right)^{1/3} \quad (11)$$

ce qui à 100 000 km de la Terre interdit toute orbite de rayon supérieur à 3,5 km. Accordons le bénéfice du doute au capitaine Haddock dont le rayon de l'orbite semble voisin de 2 km.

Le retournement

La manoeuvre de retournement s'effectue par la mise à feu d'un moteur latéral. Quoi de plus normal si ce n'est qu'il faudrait songer à allumer un moteur opposé pour stopper la rotation de la fusée ! Signalons par ailleurs que l'accélération subie par l'équipage, si elle est bien latérale en tout début de manoeuvre (Fig. 8), doit avoir une composante centrifuge croissante jusqu'à l'allumage (nécessaire) du moteur opposé.

Sur la Lune

La figure 9 nous présente le paysage lunaire imaginé par Hergé. Remarquons d'abord que le ciel est bien noir comme il se doit en raison de l'absence d'atmosphère. Le relief par contre est sans doute un peu trop vif. Les montagnes lunaires ont des formes arrondies en raison de l'érosion causée par le bombardement permanent des micrométéorites. Ne soyons cependant pas trop exigeants en reprochant à Hergé des défauts dans la représentation

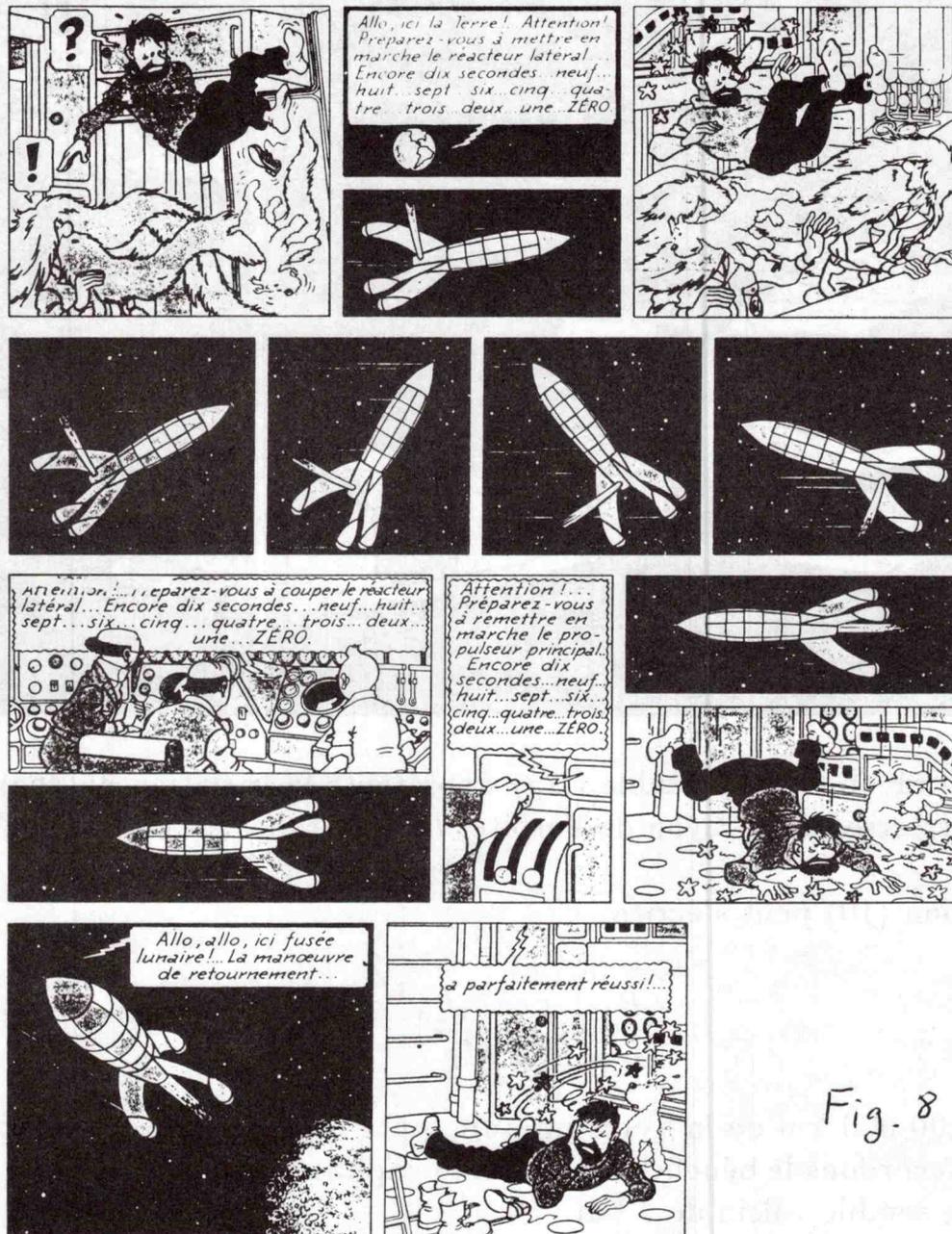


Fig. 8

d'un paysage lunaire, quinze ans avant Apollo ! Plus intéressante est l'image qu'il donne de la Terre. Notons toujours l'absence de nuages, mais surtout deux graves erreurs. La première est que nous découvrons une Terre quasi pleine, alors que la fusée s'est posée au moment du premier quartier lunaire comme l'indiquent à la fois les images de la Lune montrées au cours du vol et le fait que les ombres soient longues à l'endroit où se trouve la fusée, le cirque Hipparque (cf. pages 18 et 20) un cratère au centre de la face visible de la Lune. Il faudrait donc une "demi-Terre".

La deuxième erreur concerne la position de la Terre. Rappelons d'abord que vue d'un point donné de la Lune, la Terre est (à quelques degrés près) fixe dans le ciel. Des environs du centre de la face visible, où s'est posée la

fusée, elle doit apparaître très proche du zénith. Il s'en faut de beaucoup sur la figure 9 !

L'impact de la météorite

L'impact d'une météorite capable de créer un cratère de plusieurs mètres de diamètre (Fig. 10a) est suffisamment rare sur la Lune pour ne pas signaler la chance ou malchance extraordinaire de Tintin et du capitaine. Il s'agit d'ailleurs plutôt ici de malchance car les débris projetés (Fig. 10b) ont vraisemblablement une vitesse voisine du kilomètre par seconde (la vitesse d'impact typique d'une météorite sur la Lune est de plusieurs km.s^{-1}) et constituent donc de redoutables projectiles. Espérons que les scaphandres sont doublés d'un gilet pare-balles !

La chute de la caisse

L'attentat contre Tintin et le professeur Tournesol (sur lesquels on laisse tomber une lourde caisse — cf. page 28 et 29) suggère un bref commentaire sur les temps comparés de chute libre sur la Terre et la Lune. Ils sont $\sqrt{6}$ fois plus longs sur cette dernière, tant que la résistance de l'air peut être négligée sur Terre. Dans le cas de la caisse, qui tombe d'une hauteur qu'on peut évaluer à 25 m, les temps de chute libre terrestre et lunaire sont respectivement de 2,2 et 5,5 secondes. Trois secondes de plus pour réagir sur la Lune, Tintin avait tout son temps !

La présence de glace dans la grotte

La présence de glace sur un satellite sans atmosphère n'est possible que si sa température est suffisamment basse pour que le temps caractéristique de sublimation de la glace soit supérieur à l'âge du Système Solaire. C'est le cas sur certains satellites de Jupiter ou Saturne. A la surface de la Lune, la température pendant le jour lunaire est beaucoup trop élevée pour permettre à la glace de subsister. Dans une grotte, à l'abri de la lumière solaire, c'est peut-être possible quoique assez incertain.

La durée du séjour sur la Lune

La fusée de Tintin reste plusieurs jours posée sur la Lune. Peut-on savoir précisément combien ? Oui, car on a vu qu'à son arrivée c'est le début du jour lunaire (le premier quartier en un point situé près du centre de la face visible). Quand elle part la nuit lunaire s'apprête à tomber. Il s'est donc écoulé un temps très voisin d'une demi-lunaison soit quatorze jours (peut-être un peu moins si on tient compte du fait que la fusée est arrivée

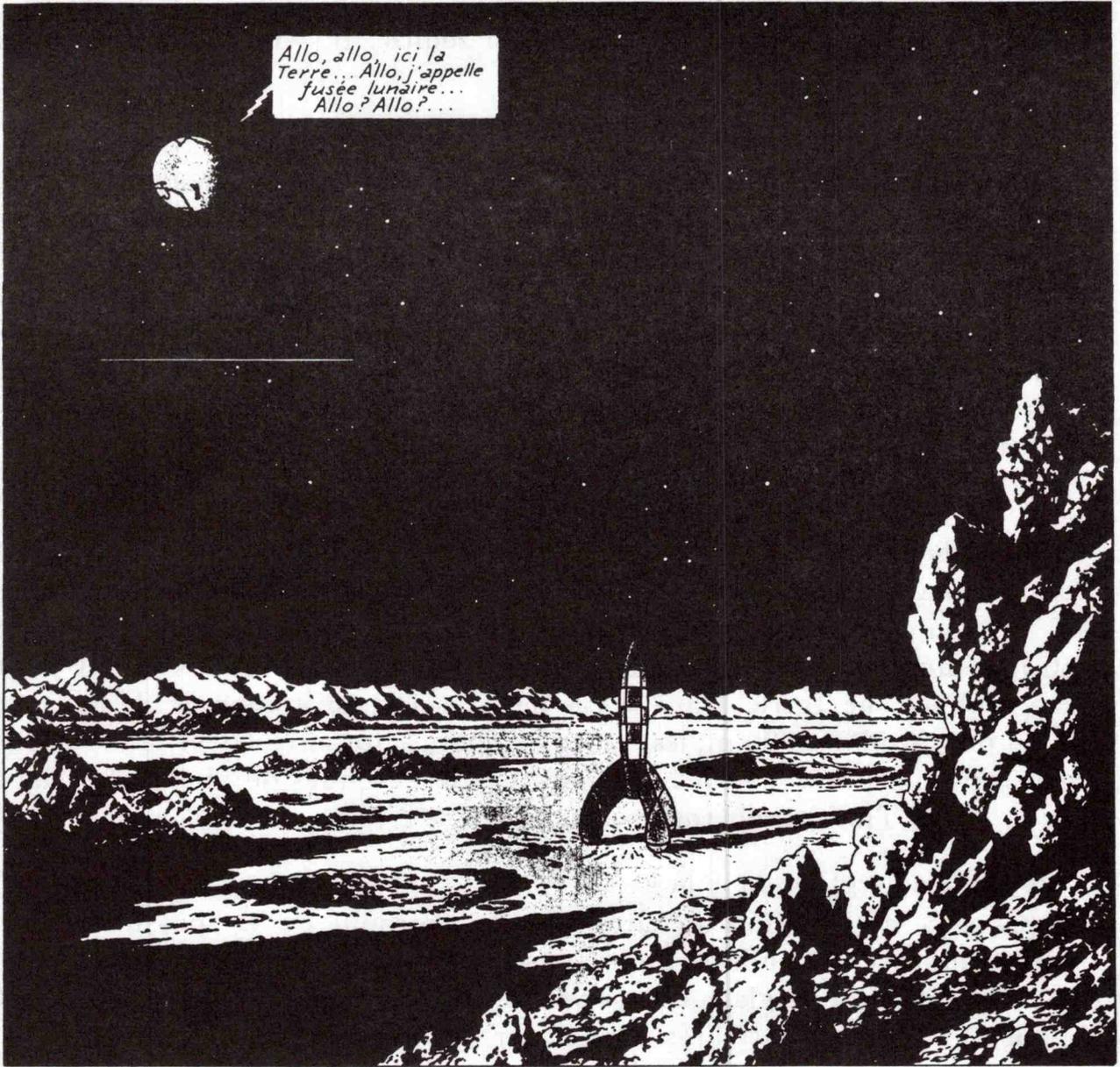


Fig. 9

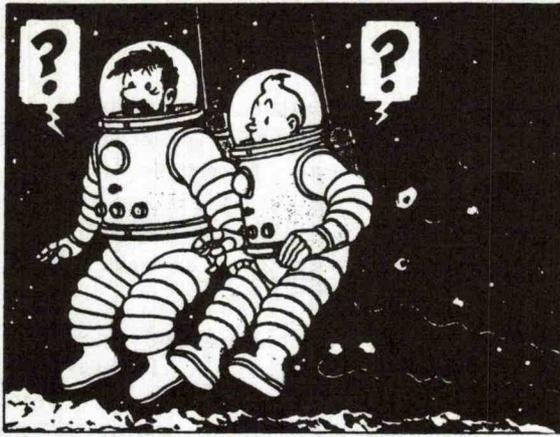


Fig. 10a

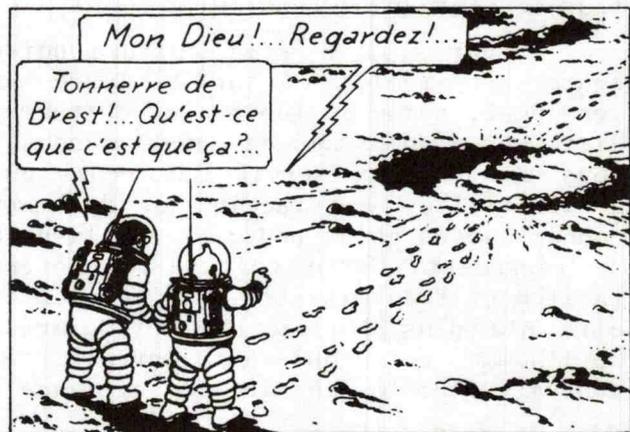


Fig. 10b

un peu après le début du jour lunaire et qu'elle part un peu avant la tombée de la nuit).

Nous terminons ici la discussion des aventures lunaires de Tintin avant d'aborder "L'Etoile Mystérieuse" dans un prochain numéro des Cahiers Clairaut. D'ores et déjà, si des collègues souhaitent me faire parvenir leurs remarques, critiques ou suggestions, ils peuvent le faire en m'écrivant à :

Robert MOCHKOVITCH
Institut d'Astrophysique de Paris
98 bis, bd Arago, 75014 PARIS

(à suivre)

Menaces sur le futur

N.D.L.R. - Sous le titre "Point de vue : LA FRANCE ET LA CULTURE SCIENTIFIQUE", Le Monde daté 16 décembre 1987 a publié l'article "Menaces sur le futur" de notre ami et président d'honneur Jean-Claude Pecker. Le Monde rappelait que Jean-Claude Pecker venait de démissionner de la présidence du programme "Culture scientifique et technique" qui avait été lancé il y a plusieurs années par le ministère de la recherche. Cet article explique la raison de son geste et l'importance de la culture scientifique en France. Nous remercions Le Monde de nous avoir aimablement autorisés à reproduire cet article.

Parler de culture n'est pas si simple. Fait-on référence à "ce qui reste quand on a tout oublié" (Edouard Herriot) ? A ce qui reste d'un passé où se sont formées notre civilisation, notre langue et ses oeuvres ? A ce qui a fait ce que nous sommes ? Dans une certaine mesure, une culture se nourrit de sa diversité, de ses originalités, de son particularisme. Propre aux uns ou aux autres, elle est française ou francophone ; basque ou corse, occidentale ou orientale. Par une meilleure connaissance de sa propre culture et des autres, on vise à construire, dans la compréhension mutuelle, un monde où les valeurs spirituelles, mieux communiquées, instaure-raient un climat de confiance, de paix et d'harmonie, ce dont nous avons tous le plus grand besoin.

Et puis, il y a la culture universelle, somme de ce que l'homme, au cours des siècles et sur la Terre entière, a accumulé dans son devenir permanent, somme de toutes les cultures, dans ce qu'elles ont de non contradictoires ; une somme de connaissances, aussi, qui fait que tous, sur Terre, nous savons nous servir des roues ou des charrues, des automobiles ou de l'électricité, des vaccins ou des engrais, dans un échange universel de connaissances et de pouvoirs sur la nature, dans la mesure où les techniques se répandent. Cette culture-là confère une maîtrise commune sur le réel, facilement transmissible - la science et la technique sont celles de tous, - elle n'a plus d'adjectif particularisant. C'est la culture des pouvoirs de l'homme, celle qui fait l'avenir, celle qui - langage commun entre tous-pourrait être le lien le plus efficace entre les peuples.

Comment affronterons-nous cet avenir où les robots seront légion, où les techniques les plus pointues mettront les pays industrialisés à la tête de toutes les puissances, tout comme à la merci des abus des docteurs Folamour ? Comment la France entend-elle répondre aux grands espoirs et aux grandes craintes de demain ?

Chez nous, les affaires marchent bien, trop bien peut-être, conduites par le sentiment égoïste des intérêts particuliers. Le budget de 1988 est presque un budget sans impôts (en tout cas pour ceux qui ont de l'argent), et les industries prospèrent ; à courte échéance, tout semble rose. Mais l'avenir lointain ne dépend pas du succès plus ou moins grand des privatisations ni des bénéfices des grosses entreprises. Il dépend d'abord de ce que deviendra notre jeunesse. Il dépend de l'esprit avec lequel celle-ci abordera les nouveaux rivages. En gens soucieux de faire plus de bénéfices, de faire fortune, même sur le dos des autres ? Ou en gens soucieux de l'ensemble du destin solidaire de l'humanité, conscients de l'inévitable unité du vaisseau Terre, qui entraîne sans distinction nantis et miséreux, Blancs, Noirs et Jaunes, industriels et non-développés ? Les jeunes Français seront-ils réellement conscients du monde physique, biologique et humain dans lequel ils vivront ou ne s'intéresseront-ils qu'au Dow Jones ?

Il est impératif qu'ils soient formés à l'enthousiasme créateur, loin des intérêts mesquins à courte vue. Mais qui les formera ?

La culture scientifique et technique doit s'acquérir dès l'école. Mais aujourd'hui les maîtres sont très seuls dans une société qui a du mal à considérer leur tâche comme essentielle, trop peu convaincue qu'elle est de la nécessité de toute culture. De plus l'école peut donner une méthodologie, préparer les esprits, mais elle ne peut plus y suffire. Les progrès

de la connaissance scientifique sont trop rapides et leurs applications trop difficiles à prévoir.

Pourtant, c'est ce côté rapide et imprévisible qui lui donne le caractère d'un absolu besoin de société. Nos gouvernants auront à prendre des décisions concernant le nucléaire, la destruction de la couche d'ozone, la dissémination de l'information, le danger de telle ou telle pollution, les opérations génétiques. Problèmes d'éthique certes, mais aussi (et surtout) de connaissance. L'homme de demain devra savoir comprendre pour pouvoir maîtriser. Or, on en est loin, très loin, de plus en plus loin.

Diverses entreprises de diffusion de la culture scientifique et technique se sont développées dans ce pays, souvent avec plus de lenteur et de timidité qu'ailleurs, mais par des opérations qui auraient pu montrer la voie. Modèle en son genre, le Palais de la Découverte imaginé par Jean Perrin, prix Nobel de physique et homme engagé, conscient de ses responsabilités. Installé dans des locaux trop exigus, avec des budgets ridicules et un personnel compétent mais démuné, le Palais continue de nos jours à jouer efficacement son rôle.

Au cours des années 70, La Villette et sa cinquantaine d'hectares furent, par volonté gouvernementale, voués à la compléter par 100 000 mètres carrés de sciences et de techniques ouvertes à tous. La première tranche du programme initial, la Cité des sciences et de l'industrie (CSI) fonctionne, mais difficilement : là aussi, le budget de fonctionnement ne suit pas l'effort initial d'investissement ; et les compléments nécessaires (voies nouvelles d'accès par exemple) sont retardés. Sine die ?

Paris, c'est Paris, mais ce n'est pas la France. En 1984, un programme national est lancé : constituer un réseau de centres régionaux pour encourager les initiatives locales et relayer les efforts parisiens (expositions itinérantes ou moyens audiovisuels dont la réalisation peut relever de la vocation de la CSI). Mais les centres créés licencient du personnel ; si les autorités locales et régionales les aident parfois (pas toujours !), les postes d'animateurs mis à leur disposition par le ministre de l'éducation nationale ou celui de la culture sont de moins en moins nombreux. Les initiatives sont ainsi fortement découragées.

Pourtant, un Conseil national de la culture scientifique et technique, créé avant mars 1986 (est-il besoin de le préciser ?), a défini une politique claire et insisté auprès des autorités de tutelle (ministères chargés de la recherche, de l'éducation nationale, de la culture) sur l'importance de l'enjeu politique et économique en la matière. Il a également précisé les conditions d'efficacité de son programme : ouverture dans toutes les régions à toutes les composantes de la population ; ouverture sur une science non figée à tel instant d'un présent éphémère, mais sur une science qui vit, sur des idées qui naissent, sur la technique en devenir. Cette politique implique dans sa totalité les collectivités scientifique et industrielle. Des pratiques culturelles nouvelles sont nécessaires pour faire face à une évolution rapide : l'adaptation à des besoins en rapide mutation, à des publics très divers, à une parfaite diffusion sur le territoire, bref à la vie, doit être constante. L'audace doit être favorisée, puis évaluée. Et pour cela une politique d'envergure, dont les engagements financiers soient stables et portent sur plusieurs années, est une nécessité. L'Etat doit se montrer explicitement volontariste, favorisant une large diffusion des idées et des techniques, stimulant la compréhension, préparant le public à intégrer le tout dans sa vie quotidienne ; sa politique ne doit pas faire de la culture scientifique et technique une sorte de ghetto réservé à des initiés. Il doit l'intégrer à une politique culturelle générale ambitieuse.

Rien n'est plus urgent que l'avenir

C'est dans cet esprit que le Conseil national- que j'ai eu l'honneur de présider par délégations successives de MM. Curien et Devaquet - a poursuivi ses travaux, conscient de ce que cet enjeu transcende toute politique au jour le jour de même que toute division entre la droite et la gauche, conscient aussi du besoin d'une politique culturelle capable de permettre à la France d'entrer avec confiance dans le XXI^{ème} siècle, et d'y faire bonne figure.

Parce que je vois s'enliser les efforts poursuivis, je ne désire plus assumer l'absence d'activité de ce Conseil paralysé : manque de directives gouvernementales, budgets trop serrés et systèmes de gestion trop lourds ; M. Jacques Valade, ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur, a reçu de ma part une lettre dans ce sens.

La politique actuelle me semble lourde de menaces : au jour le jour, on règle la rentrée scolaire ou l'on répond à des étudiants en médecine en grève... De tout cela, l'avenir semble dramatiquement absent.

Sans doute pense-t-on que ce problème, concernant l'an 2000, n'a pas le caractère d'urgence qui imposerait des décisions rapides. Mais ne voit-on pas que ce silence n'a que des effets désastreux ? Le respect public pour la fonction enseignante et pour la recherche n'est pas entretenu. De ce fait, ne voit-on pas que s'usent les bonnes volontés, que se découragent chercheurs et enseignants encore trop rares à diffuser les éléments de leur culture, qu'on empêche par là même de nouveaux animateurs de se joindre à eux ? Il n'y a rien de plus urgent que l'avenir ! Le drame, c'est qu'on ne peut parler de culture scientifique en termes de profit et que l'avenir de la nation ne se privatise pas ...

La culture scientifique doit permettre aux industries privées françaises de se développer ; à elles de le comprendre et d'aider les organismes concernés, estime-t-on dans les sphères gouvernementales. Certes, le principe est sain, mais il ne faut pas se faire d'illusions : on ne mesurera jamais l'aide fournie aux disciplines fondamentales et à leur diffusion en termes de rendement immédiat. Les industriels réserveront leur aide aux branches intéressant directement leur domaine de développement. Et dans vingt ou cinquante ans notre pays souffrira de cette politique à courte vue.

Sur ce chapitre, la démission de nos gouvernants, plus soucieux d'équilibres budgétaires ou de stabilité politique, est grave, qui refuse de reconnaître le caractère de service public nécessaire à la diffusion de la culture scientifique et technique dans son ensemble, sans rentabilité immédiate et pour jouer l'avenir. L'horizon électoral serait-il le seul qu'il faille regarder ? N'y a-t-il pas, au-delà, des siècles auxquels il faut se préparer ?

Certes, je le répète, pour certains, les affaires vont bien et la télévision sourit chaque jour par les dents blanches de nos commentateurs préférés. Mais ne sommes-nous pas en train, tels les empereurs romains qui ne voulaient pas voir l'avenir, de distribuer au peuple du pain et des jeux du cirque supposés maintenir le calme et susceptibles d'éviter à tout prix que l'on se mette à réfléchir ?

Jean-Claude Pecker

Professeur au Collège de France

FASCICULE "RELATIVITE"

Le CLEA vient d'éditer un nouveau fascicule, consacré à la Relativité, réalisé par R. Gouguenheim. Le sujet de la Relativité restreinte y est traité de façon extensive, avec un grand choix d'exercices d'application. Ce fascicule peut être obtenu auprès du secrétariat du CLEA: G. Walusinski 26 Bérengère, 92210 St Cloud. Joindre à la commande un chèque de 45 francs à l'ordre du CLEA.

Lectures pour la Marquise et pour ses amis

L'intérêt très relatif d'un bilan de dix années de lectures astronomiques comme celui du précédent Cahier, c'est qu'il est déjà dépassé, périmé, obsolète comme disent les "branchés". Rien que pour ce Cahier 41, parviendrai-je à vous présenter correctement ces bons livres nouveaux qui sont venus sur ma table pour les étrennes ? Je commence par le meilleur.

Aux confins de l'Univers

Faut-il croire au big bang ? Nouvelle encyclopédie des sciences et des techniques. Ouvrage coordonné par Jean Schneider. 382p. Edition Fayard-Fondation Diderot 1987 (195F) - niveau II et III.

Les auteurs de cet ouvrage collectif, le sujet passionnant entre tous, les diverses manières dont il est abordé, circonscrit, discuté, tout cela en fait un livre exceptionnel que vous aurez besoin de consulter souvent et qui, j'en suis persuadé, marquera l'histoire de la cosmologie.

Les auteurs, le plus simple est de reproduire le sommaire :

Jean Schneider - Présentation

Rémi Hakim - Histoire brève de la cosmologie et de ses instruments

Pierre Léna - L'observation en cosmologie

Rémi Hakim - Quelle physique pour la cosmologie ?

Jean-Pierre Luminet - Géométries de la variété univers

Lucette Bottinelli, Lucienne Gouguenheim - Le difficile arpentage de l'univers

Richard Schaeffer - Contenu physique et structuration de l'univers

Béatrice Barbuy - L'âge des étoiles et des éléments

Hubert Reeves - Histoire thermique et nucléosynthèse primordiale

John Ellis - L'univers très primordial

Robert Brout, François Englert - Cosmologie quantique

Enrique Alvarez - Y a-t-il place pour d'autres modèles ?

Jean-Claude Pecker - La cosmologie de la grande explosion est-elle contournable ?

Hubert Reeves - La flèche du temps en cosmologie

Jacques Demaret - Le principe anthropique

Jean Greisch - Discours des origines, origine des discours

Comme par hasard, vous avez relevé des noms connus, des auteurs d'articles parus dans nos Cahiers. Jean Schneider lui-même, qui a eu la charge de coordination de l'ensemble - et ce n'était pas une petite affaire -, vous vous rappelez sa belle conférence L'objet Univers lors de notre assemblée 1985 (cf CC n°29). Ici maître d'oeuvre, il a su réunir des compétences, leur répartir les sujets tout en leur laissant la liberté de les traiter de la manière qui leur convenait le mieux. Cela n'évite pas quelques redites qui loin d'être fâcheuses sont souvent les bienvenues. Dans la visite d'un monument, il y a souvent intérêt à l'admirer sous divers angles ou à différentes heures du jour, il ya des sujets qui prennent tout leur relief à être introduits de plusieurs façons.

Le sujet a toujours été captivant. A chaque époque on l'a traité selon les moyens dont on disposait. Ainsi, les légendes anciennes avaient leurs charmes. De ce point de vue, il est heureux qu'on n'ait pas attendu de disposer de données fiables pour imaginer la structure de l'Univers. "Il est impossible de contempler le spectacle de l'Univers étoilé sans se demander comment il s'est formé " écrivait Poincaré en 1911, ajoutant que "si nous étions curieux sans impatience, il est probable que nous n'aurions jamais créé la Science". J'invite les collègues à se reporter souvent à ses "Leçons sur les hypothèses cosmogoniques" pour comparer avec le livre d'aujourd'hui. Les vieux mythes légendaires étaient aussi éloignés des idées de Poincaré que celles-ci des théories actuelles. En trois quarts de siècle, les perspectives se sont élargies de telle façon que le contraste est saisissant.

Evolution dans les moyens exploratoires; dans les méthodes auxquelles recourra la théorie. Poincaré savait pourtant bien que la géométrie euclidienne n'est pas la seule possible, il touchait presque à la Relativité. Aujourd'hui, Relativité générale et physique quantique apportent un outillage conceptuel d'une extraordinaire efficacité, les problèmes cosmologiques ont trouvé leur cadre.

Trois faits acquis fixent le programme des théoriciens : 1) l'expansion de l'Univers, ce qui suppose un bon arpentage jusque dans ses confins accessibles ; 2) la proportion dominante des éléments légers, hydrogène et hélium qui peuvent être transformés en éléments lourds dans les étoiles, mais eux, comment ont-ils été formés et pourquoi en si grande abondance ? ; 3) l'existence du rayonnement isotrope qui baigne l'Univers et correspond au rayonnement d'un corps noir à 3 K, ce qu'on appelle le rayonnement fossile.

Le modèle du "big bang", de l'explosion primordiale (?) a la faveur de la majorité des spécialistes. Il est vrai que le scénario qu'il permet d'écrire cadre bien avec les données de l'observation, même si des difficultés subsistent en particulier pour ce qu'il est convenu d'appeler l'Univers très primordial. Et puis il faut aussi laisser du jeu au doute scientifique, ne peut-on imaginer des modèles différents ? Il est sain de se méfier de l'unanimité.

Les deux derniers chapitres donnent leur place à des réflexions plus philosophiques. Un fait : l'Univers est assez vieux, notre système solaire assez vieux aussi et notre Terre assez vieille pour que l'évolution des vivants ait eu le loisir d'aller, au moins provisoirement, jusqu'à cet animal étrange qui défie l'équilibre en se tenant sur ses pattes postérieures et qui prétend inventer des théories physico-mathématiques expliquant ou tout au moins décrivant l'Univers dans son histoire et dans son état. Comment ne pas s'en étonner, s'en réjouir ? Quelle chance nous avons !

Pas question que je vous donne un aperçu même sommaire de chaque chapitre les auteurs ne sont pas des bavards, leurs textes sont denses et pour le non spécialiste que je suis méritent souvent relecture. Encore moins question d'attribuer des rangs d'excellence, dont on peut bien penser qu'ils se moquent, d'ailleurs participer aux progrès de la cosmologie est en soi une faveur qui vaut toutes les récompenses.

Nous, les lecteurs, n'épuiseront pas ce livre en une fois. La bibliographie, le glossaire, l'index seront des outils précieux. Surtout, dans votre bibliothèque, gardez le livre à portée de la main.

Le message du photon voyageur

par Evry Schatzman. 186 p. éd Belfond/Sciences
1987 (89 F) - niveau II -

Voici une réussite d'un autre genre : un panorama de l'astrophysique vivante par l'auteur sans doute le mieux placé pour en dominer tous les aspects. De la vulgarisation de haut niveau qui s'interdit, certes, tout recours aux expressions mathématiques mais qui recherche la clarté par le choix judicieux des mots. Schatzman évite ceux qui pourraient faire image et provisoirement séduire mais, après réflexion, entraîner vers de fausses compréhensions. Choix recherché de l'expression qui marque une vulgarisation sortant de l'ordinaire.

L'auteur réussit de façon parfaite à éveiller notre curiosité - sans laquelle on ne lirait pas plus avant - puis à l'entretenir en exposant posément "comment fonctionne l'astrophysique" puis en précisant ses objectifs. J'attire l'attention sur les pages plus difficiles (83 à 96) qui concluent les programmes des recherches à venir : " Grâce au Télescope Spatial et aux futurs télescopes géants au sol, le moment est proche où nous pourrons

enfin observer sinon des galaxies en formation, du moins des galaxies formées de fraîche date". De fraîche date me ravit, vivement demain !

Dans le chapitre "L'astrophysique et ses fantasmes" Schatzman analyse les pseudo arguments des astrologues et autres observateurs d'OVNI. Pour s'étonner, concernant les théories cosmologiques, du refus obsessionnel qu'il a souvent remarqué chez beaucoup de la Relativité ; "Cette attitude est d'autant plus étonnante que la mécanique classique n'est en rien évidente et que les lois du mouvement ont mis près de vingt siècles à être élaborées". En 1935, on pouvait passer un certificat de "mécanique rationnelle" en ignorant jusqu'au nom de Einstein.

Tout en revendiquant sa place à la vie affective, Schatzman plaide toujours éloquemment pour la rigueur de la pensée rationnelle. Faire admettre à tous, demande-t-il, même aux pouvoirs publics, que l'acquisition du savoir n'est pas une menace. Ce qui me paraît la meilleure conclusion de ce livre que vous lirez vite et relirez avec plaisir. Il y a aussi deux annexes, l'une pour nous rappeler que l'astrophysique ne peut servir à démontrer l'existence de Dieu et un texte savoureux de Philippe Véron sur "L'astronomie devant l'imposture".

Les trous noirs

par Jean-Pierre Luminet. 332 p. - éd Belfond/Sciences 1987 (98F) niv II

Dans la même collection que le précédent et publié un mois auparavant, le livre de Luminet propose une approche qui me paraît assez complémentaire. Après une première partie théorique qui fixe le cadre "gravitation et lumière" la seconde "Cadavres exquis" traite de l'évolution stellaire, naines blanches, supernovae, pulsars. Cadavres exquis, je comprends que l'auteur ait été tenté par l'expression, à la réserve près que ce ne sont pas des cadavres et qu'ils ne sont exquis que par le goût qu'en ont les spécialistes ; passons. La troisième partie traite précisément des trous noirs, la quatrième de leur rôle en cosmologie, trous noirs primordiaux, étoiles X, trous noirs géants. Exposés plus difficiles mais d'autant plus passionnants.

Luminet fait tout au long de son exposé un effort de clarté, y compris dans les schémas. S'il s'abandonne à quelques audaces de langage comme celle déjà citée ou "la lumière assassinée" (3^{ème} partie), c'est surtout dans les titres et cela n'encombre pas le texte. Il a choisi, par ailleurs, d'excellentes citations en épigraphe. Quand Kepler écrivait "Où il y a la matière, il y a la géométrie", il ignorait et la Relativité générale et les géométries non-euclidiennes. Quant à la citation de Jean Perrin "La science remplace du visible compliqué par de l'invisible simple", dans la mesure où je crois avancer dans la compréhension des théories aussi bien physiques que mathématiques, j'en goûte mieux la profondeur.

Bref, ce livre de Luminet est fort instructif. Il débouche sur la proposition-question "le plus grand trou noir possible n'est-il pas l'Univers lui-même ?" Pourquoi pas un "big crunch" dans quarante milliards d'années il n'est pas trop tard pour y penser...

Nostalgie de la lumière

Monts et merveilles de l'astrophysique par Michel Cassé.
Préface de Hubert Reeves. 200 p. éd Belfond/Sciences 1987 (98 F) - niveau I

Dans la même collection que les deux ouvrages précédents, collection dirigée par Jean Audouze et je ne sais s'il maintiendra la cadence, voici un autre panorama de l'astrophysique actuelle. Dans un sens, double emploi avec celui de Schatzman mais le sujet est tel qu'il peut être abordé de bien des manières. Seulement, ici, on est tenté de comparer les deux styles. Là où Schatzman s'interdisait les expressions imagées de crainte des déviations trompeuses, Cassé les cultive avec prédilection un peu comme son préfacier. Vous l'avez deviné par le titre, "Nostalgie de la lumière" à croire

que ce rayonnement des étoiles a voyagé si longtemps qu'il nous parvient usé, qu'il raconte des souvenirs comme une vieille dame. Le livre est riche, trop riche pour mon goût, d'usages perfides des mots. Si "nébuleuse planétaire" fut une dénomination malencontreusement choisie par ses premiers observateurs, parler à leur sujet de "suaires d'étoiles" ne me paraît pas indispensable.

Bref, question de goût. Là où j'étais charmé et captivé par Schatzman, et d'une autre façon par Luminet, je suis un peu rebuté par Cassé. Pour vous, lecteur, il en sera peut-être autrement, il y a heureusement mille façons de lever la tête au ciel.

L'infini, l'Univers et les mondes

par Giordano Bruno, traduit de l'italien, présenté et annoté par Bertrand Leverageois. 176 p. éd Berg international 1987 (95 F) - niveau III -

Pour les amateurs en histoire de l'astronomie, et plus généralement l'histoire des idées, voici pour la première fois la traduction de l'oeuvre maîtresse de Giordano Bruno. Comment ne pas ouvrir un tel livre sans penser au 17 février 1600, le jour fatal où Bruno, "dépouillé de ses vêtements et lié à un poteau, fut brûlé vif". Cinq dialogues sur la question "l'Univers est-il fini ou infini ?" Bruno avait certes beaucoup d'audace à se poser la question alors que les connaissances scientifiques pour y répondre étaient encore plus incomplètes que de nos jours. Etait-ce une raison suffisante pour l'assassiner ? Remember.

Le ciel, ordre et désordre

par Jean-Pierre Verdet. 200 p. Collection Découvertes-Gallimard 1987 - niveau I -

Il y a le ciel des astronomes plus riche peut-être en formules et théories qu'en étoiles. Il y a aussi le ciel des légendes, des traditions et des coutumes qui résultent souvent de l'observation la plus naturelle et qui sont transmises, non sans déformation, d'une époque à la suivante. Il y a donc beaucoup à dire sur les constellations, sur l'Etoile du Berger, sur la Lune et tout ce qu'elle inspire, sur les comètes et les pluies de pierres. Jean-Pierre Verdet a réuni une vaste documentation qu'il commente simplement. La présentation de la collection, avec ses photos en couleurs, ajoute à l'attrait de ce petit livre.

Ce que je regrette de n'avoir pas lu

Notre collègue Vigouroux m'écrit qu'il a lu La Méridienne par Denis Guedj, éd Seghers, collection "Etonnants voyageurs" sur les mesures de Delambre. Mais il regrette que le récit manque de précisions astronomiques.

En librairie ou sur catalogue, je relève des titres en attendant que des collègues nous disent ce qu'ils en pensent :

- Cosmos et contexte par Mario Novello, préface de Y.Choquet-Bruhat. 128p. éd Masson 1987.
- Kepler's physical Astronomy par B.Stephenson. 217 p. éd Springer 1987.
- Exploring the southern sky, a pictorial atlas from the European Southern Observatory. 300 p, 267 illustrations dont 90 en couleurs. éd Springer 1987. C'est certainement très beau mais le prix est élevé : 398 F.
- Dictionnaire de l'astronomie par Philippe de La Cotardière. 316 p. éd Larousse 1987, 55 F.

G.W.

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

UN TRES GRAND TELESCOPE POUR L'EUROPE : le VLT

Une décision essentielle pour le développement de l'astronomie française a été prise en décembre 1987 dans le cadre de l'Observatoire Européen du Sud dénommé **ESO** (**E**uropean **S**outhern **O**bservatory). Cette décision engage l'Europe (les huit états membres de l'ESO sont les suivants : Belgique, Danemark, République Fédérale Allemande, France, Italie, Pays-Bas, Suède, Suisse) dans la construction d'un télescope optique géant équivalent à un télescope ayant un miroir de 16 m de diamètre qui sera le plus grand au monde; on peut comprendre pourquoi cet instrument est dénommé **VLT** ("**V**ery **L**arge **T**elescope").

Il s'agit là effectivement d'une nouvelle génération de grands télescopes dont le diamètre est dans la gamme 10-15 m, qui fait suite à la génération des "quatre mètres" mise en service dans les années 1975. Ce n'est pas un hasard si l'ESO vient tout juste de célébrer le 25ième anniversaire de sa création. Celle-ci a permis aux astronomes européens d'accéder à de grands télescopes avec en particulier, la mise en service en 1976 du télescope de 3,60 m de l'ESO installé à 2400 m d'altitude sur le site de La Silla au Chili (à environ 600 km au Nord de Santiago). L'élaboration de projets de très grands télescopes -la génération des 10-15m- a commencé effectivement à cette époque et ces très grands télescopes entreront en opération vers les années 1990-1995; en astronomie aussi, l'avenir se prépare bien à l'avance !...

Depuis la première conférence organisée en 1977 par l'ESO sur les grands télescopes du futur, la définition du projet européen (télescope de 16m de diamètre) s'est élaborée autour des trois possibilités suivantes : (1) un miroir segmenté unique de 16m de diamètre, (2) un système de 4 miroirs monolithes de 8m de diamètre associés sur une monture unique, système appelé MMT ("**M**ulti-**M**irror **T**elescope), (3) réseau linéaire de 4 télescopes indépendants de 8m de diamètre avec des montures séparées. La solution du réseau linéaire a été adoptée en 1983-1984 car elle offre une grande flexibilité et une large richesse d'utilisation; par exemple, elle permettra en particulier un développement très poussé des observations interférométriques dans le visible et l'infrarouge. La communauté européenne pourra probablement disposer dès la fin de 1993, d'un premier très grand télescope à miroir unique de 8m de diamètre, sans accuser un lourd retard sur la mise en service prévue vers 1990 du premier grand télescope - le Keck Telescope- de 10m de diamètre installé sur le site de Hawaii. La définition technique d'un télescope s'accompagne d'un choix tout aussi décisif qui est celui du site. Les études entreprises depuis 1983 au Chili par l'ESO, ont révélé un site exceptionnel (grand nombre de nuits claires et faible teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, facteur essentiel pour l'astronomie infrarouge) au sommet du Cerro Paranal à 2700m d'altitude, qui pourrait être le site du futur VLT.

Combien coutera le VLT ? le coût prévu est de 1,2 milliards de francs. Il est intéressant de noter pour comparaison que le Space Telescope dont le miroir a seulement un diamètre de 2,4m, est considérablement plus coûteux; le Keck Telescope (10m) et le VLT (16m) ont des coûts respectivement 25 fois et 8 fois moins élevés environ que celui du Space Telescope... mais bien sûr, les observations au sol ne peuvent se substituer entièrement aux observations dans l'espace; les deux approches sont nécessairement complémentaires.

Lucette Bottinelli

LA CHRONIQUE DU CLEA

Assemblée générale du 21 novembre 1987

L'assemblée générale du CLEA est ouverte le samedi 21 novembre 1987 à 10 heures sous la présidence de Lucienne Gouguenheim, dans l'amphi G3 du bâtiment 450 de l'Université de Paris-Orsay. Plus de cent vingt collègues y ont participé, venant de toutes les régions de France, de Lille à Marseille, de Quimper à Strasbourg, du Mans à Limoges. Cependant des collègues ont exprimé leurs regrets d'être empêchés de participer à la réunion en raison généralement de leurs obligations professionnelles ; ils ont alors bien voulu adresser des messages d'amitié aux présents ainsi que des témoignages sur leurs activités dans le cadre du CLEA (voir plus loin). Des messages de sympathie et d'encouragement ont été reçus de nos Présidents d'honneur, Jean-Claude Pecker et Evry Schatzman ainsi que d'amis lointains, Cecilia Iwaniszewska (de Torun) qui préside la commission enseignement de l'UAI, et Nicoletta Lanciano de Rome. Si nous ne pouvons citer tous les amis qui nous ont écrit, citons au moins A-M. Levasseur Regourd qui nous avait parlé de la comète il y a deux ans et qui nous adresse un joli album d'images sur l'astronomie qu'elle a réalisé pour instruire les enfants gourmands de chocolat "Poulain". Citons aussi Victor Tryoen, fidèle entre les fidèles des écoles d'été et qui manque une AG du CLEA pour la première fois.

Rapport général

=====
présenté par Gilbert Walusinski, secrétaire-trésorier du CLEA.

Le travail du secrétariat est considérablement facilité par l'aide que lui apporte Jacques Dupré en tenant le fichier informatisé et qui édite les étiquettes pour l'envoi de chaque numéro des Cahiers ou pour relancer les abonnés retardataires (oui, incroyable, n'est-ce pas ? mais il y en a). Jacques participe également à la livraison des Cahiers et pour la sortie du numéro double, il ne fallait pas moins de deux paires de bras pour manipuler les 1800 exemplaires de l'imprimerie au routeur puis à Meudon.

Le stock des Cahiers est en effet emmagasiné à Meudon et à Orsay. A Meudon, un rayonnage supplémentaire a été acheté par le CLEA pour disposer de façon accessible les bientôt quarante numéros de notre collection.

BILAN FINANCIER : il concerne les recettes et les dépenses du CLEA du 1/1/87 au 31/10/87 ; une année de dix mois seulement du fait de l'avance de l'assemblée ; en tenir compte pour comparer les données qui vont suivre avec celles données dans le compte rendu de l'assemblée du 25 Janvier 87 (CC 36, p.10).

Recettes	Dépenses
abonnements simples 38 947,09	Tirages 36,37,38 27 116
abonnements-cotisations 79 392	retirages, circulaires 8 503,30
subvention Ac Versailles 20 000	fascicules nouveaux abonnés 13 000
Université d'été 87	frais postaux 11 791,36
versements stagiaires 148 890	matériel bureau papeterie 1 825,19
remboursement Picpéric 10 462	achat Starlab 67 548,61
versement CNFA (Starlab) 5 251,34	achat ordinateur 19 309,27
vente Apple 6 000	Université d'été
recettes diverses 1776,30	arrhes (2 ème versement) 28 450
total des recettes 305 198,73	frais de fonctionnement 15 358
	remboursement aux stagiaires 77 785
	Ecole d'été de Marseille 2 000
	Université d'été 88
	voyage pour réservation 946,40
	arrhes (1 er versement) 20 000
	Total des dépenses 293 633,13

Remarques sur les données comptables : Les recettes paraissent en augmentation sur l'année 86 : 305 198,73 F au lieu de 294 326,30 F ; mais il faut tenir compte qu'en 1987, 418 abonnés ont souscrit pour deux ans.

Les dépenses sont également en augmentation, 293 633,13 F au lieu de 267 168,06 F ; pourtant le tirage de trois numéros des Cahiers seulement a été payé, le tirage du numéro double ne sera payé qu'en décembre. Tenir compte de deux dépenses importantes, Starlab et ordinateur, investissements utiles entre tous .. Tenir compte également d'un versement aux stagiaires

de Formiguères (voir plus loin le bilan de l'Université d'été).

L'achat du Starlab nous a contraints à prélever l'argent qui avait été déposé sur le livret CLEA de la Caisse d'Epargne. La subvention qui nous avait été allouée par l'Académie de Versailles à cet effet se montait à 70 000 F. Pour l'achat nous avons déboursé 67 548,61 somme sur laquelle le CNFA nous a retourné 5 251,34 F. Au total, le Starlab nous aura coûté 62 297,27 F. Il reste donc sur le montant de la subvention la somme de 7 802,73 F qui ne sera pas de trop pour les frais d'utilisation et d'entretien de l'appareil.

Bilan financier de l'Université d'été 87 : montant total des recettes : 159 352 F (dont versements des stagiaires 148 890 F et remboursement du Picpéric en trop perçu 10 462 F). Montant total des dépenses 155 043 F (dont deux versements d'arrhes au Picpéric 33 450 F en 86 et 28 450 en 87, dépenses de fonctionnement 15 358 F et enfin les remboursements aux stagiaires 77 785 commentés plus loin). La différence 4 309 F représente le bénéfice financier que le CLEA retire de l'organisation de l'Université d'été ; on peut estimer qu'il n'a rien de scandaleux. Voici maintenant l'explication des remboursements aux stagiaires : pour la première fois, l'Education Nationale a accordé une subvention à l'Université d'été en versant directement au Picpéric les frais de séjour complets pour 25 stagiaires ; il a paru plus équitable de répartir la somme entre tous les participants, lesquels avaient antérieurement versé le montant total de leur séjour au CLEA ; d'où ces remboursements figurant aux dépenses. Il faut signaler ici que de nombreux stagiaires, lorsqu'ils ont reçu le chèque du CLEA qui n'était donc qu'un écho de la subvention Education Nationale, en ont retourné tout ou partie au CLEA. Une façon sans doute de manifester leur satisfaction du séjour au Picpéric en y joignant parfois la surprise d'avoir bénéficié d'une "largesse" de Dame Education Nationale peu coutumière de tels gestes. En tout cas le trésorier remercie chaleureusement les Collègues et ouvre dans son beau et nouveau livre de comptabilité une colonne "dons".

En fin de compte, au 31 octobre 1987 (ou si vous préférez au 19871031), l'état de la trésorerie du CLEA était le suivant :

caisse d'épargne :	23 351,86 F
ccp :	159 919,89
Total	183 271,75 F

Bilan des abonnements et cotisations : En octobre, environ 450 lettres de rappel ont été envoyées aux abonnés retardataires qui n'avaient donc pas reçu le n° 38 ; elle a été bien reçue en général, les collègues s'excusant de leur oubli. Certains pensent même que cela n'arrivera plus avec l'abonnement coïncidant maintenant avec l'année civile.

Voici le tableau des cotisants CLEA et des abonnés Cahiers Clairaut depuis 1984 :

1984	750 cotisants	1208 abonnés n°25-28
1985	700 cotisants	1044 abonnés n°29-32
1986	581 cotisants	952 abonnés n°33-36
1987	596 cotisants	910 abonnés n°37-40

On peut légitimement espérer qu'au 1^{er} janvier 1988, on aura retrouvé les 950 abonnés. Le système des abonnements et cotisations pour deux ans a connu un certain succès : sur 910 abonnés, 418 ont souscrit pour deux ans, sur 596 cotisants, 286 ont déjà souscrit pour 1988. Dans l'ensemble, la diminution du nombre des abonnés paraît s'arrêter. Un effort de publicité reste à faire pour dépasser l'objectif des mille abonnés, objectif modeste. La publication du numéro double des Cahiers, numéro bilan, devra être l'occasion d'initiatives variées dans des secteurs de l'enseignement où nous ne sommes pas connus.

Il paraît raisonnable de reconduire les tarifs actuels : abonnement simple 60 F ; abonnement et cotisation 80 F ; doublement pour abonnements et cotisations pour deux ans. Prix de vente au numéro 15 F. En rappelant encore une fois que l'abonnement coïncide avec l'année civile, soit 1988 = n° 41 printemps à 44 hiver.

En conclusion, la Présidente soumet à l'approbation de l'assemblée le comptes 1987 : ces comptes sont adoptés à l'unanimité des présents.

Rapport de la Présidente

=====
Lucienne Gouguenheim présente le sommaire du Cahier double 39-40 Hiver 87-88 qui clôt l'année 87 pour les abonnements et fait le bilan de dix années de travail du CLEA. Sur la suggestion des collègues Gagnier et Vialle, de La Rochelle, onze fascicules thématiques ont été composés à partir d'articles parus dans la collection des Cahiers. Les couvertures ont été dessinées par Georges Paturol et sont unanimement appréciées par l'assistance. Un de ces fascicules au choix sera envoyé aux nouveaux adhérents en cadeau de bienvenue ; à choisir sur la liste suivante :

- | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 - Construction d'un instrument. | 2 - L'astronomie à l'école élémentaire. |
| 3 - Réalisation d'une observation. | 4 - Les potins de la Voie Lactée. |
| 5 - L'astronomie au collège. | 6 - Construction d'une maquette. |
| 7 - Astronomie et informatique. | 8 - Articles de physique. |
| 9 - Articles d'astrophysique. | 10 - Histoire de l'astronomie. |
| 11 - Interprétation d'un document d'observation. | |

La Présidente tient à remercier les participants de l'Université d'été qui ont restitué au CLEA tout ou partie de l'aide modeste que leur avait accordée l'Education Nationale. Elle est aussi heureuse de donner la parole à Jean Ripert, vice-président particulièrement actif.

Jean Ripert Présente aux applaudissements de l'assemblée son TRANS SOLUTE : un transparent animé qui montre les mouvements relatifs du Soleil, de la Lune et de la Terre. Il est vendu en "kit" par le CLEA au prix coûtant de 50 F (chèque à l'ordre du CLEA). Une réalisation simple et d'un usage facile en classe disposant d'un rétroprojecteur.

Jean Ripert rend compte des réunions méditerranéennes Science-Jeunesse qui ont eu lieu à Antibes en septembre. Avec Victor Tryoën ils ont assuré trois jours d'exposition au cours desquels ils ont pris de nombreux contacts, en particulier avec des collègues d'Algérie intéressés par l'astronomie. Ceux-ci ont découvert les traces d'un ancien cratère de météorite dont Jean présente les photos que ces Collègues algériens lui ont données.

Daniel Bardin, en l'absence de Marie-France Duval empêchée, rend compte de l'école d'été d'astronomie organisée par l'équipe de Marseille et à laquelle il a pu participer, même si sa participation presque simultanée à l'Université de Formiguères en fut forcément réduite. Cette école d'été des Marseillais à eu lieu à Marmande ; elle les encourage à poursuivre leur effort en s'arrangeant pour que les dates des diverses écoles d'été de se bousculent pas.

Le groupe de Marseille continue à recevoir de nombreux groupes scolaires. Des cours aux enseignants ont lieu le mercredi. Tout cela malgré la réticence du rectorat à accorder les heures de coordination nécessaires. Le Conseil Général des Bouches du Rhône a accordé une subvention de cent mille francs qui permettra l'achat d'une coupole gonflable et d'un projecteur d'étoiles.

Daniel Bardin rend également compte de ses missions au T 60 du Pic du Midi. Il nous présente des photos du spectrographe qu'il a réalisé et monté sur le T 60 avec son équipe ainsi que de beaux documents réalisés au Pic. Il doit retourner au Pic à Noël pour y déposer le spectrographe qui sera ainsi à la disposition de tous les utilisateurs du T 60.

En conclusion des premières interventions, le secrétaire rappelle que si les écoles ou universités d'été d'astronomie ont connu un succès constant depuis l'inaugurale à Lanslebourg en 1977, ce n'est dû à un hasard mais au travail et au dévouement d'une équipe organisatrice qui a su s'entourer d'anciens stagiaires devenus à leur tour animateurs. Il soumet au vote de l'assemblée le texte suivant qui est adopté à l'unanimité :

"De Lanslebourg en 1977 à Formiguères en 1987, il y a eu onze écoles d'été du CLEA, toujours animées par la même équipe d'Orsay : Lucienne Gouguenheim, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi, Jacques Dupré, Francette Delmas. Parmi les stagiaires de 1977 devenus animateurs trois d'entre eux ont participé activement à toutes les écoles d'été suivantes : Daniel Bardin, Daniel Toussaint, Victor Tryoën.

L'assemblée générale du CLEA du 21 novembre 1987 vote ses félicitations à tous ces Collègues Astronomes et Enseignants pour leur travail et leur constance. Elle décide en conséquence de les nommer membres d'honneur du CLEA."

Le moment cinétique à travers l'Univers

Avant de donner la parole à Hubert Gié pour sa conférence, Lucienne Gouguenheim rappelle l'aide compréhensive qu'elle a toujours trouvée auprès de lui, aussi bien en 1976 lorsqu'il était rédacteur en chef du Bulletin de l'Union des Physiciens qu'en 1987 alors qu'il est Inspecteur Général de l'Education Nationale.

Les lecteurs des Cahiers auront lu dans le Cahier 39-40 le texte de cette conférence sur "Le moment cinétique à travers l'univers".

La pause du déjeuner permet d'apprécier les talents de cuisinière de Béatrice Sandré, première organisatrice du repas avec l'aide de Lucette Bottinelli, de Martine et Alain Rivière et de Catherine Vignon. Les convives ont admiré -avant de s'en délecter- les trois gâteaux d'anniversaire du CLEA : pensez à leur taille, nous étions 120 convives. On a aussi beaucoup bavardé entre amis. Et c'était un repas à 35 F! Le CLEA est une bonne adresse et pourtant Béatrice n'est pas inscrite dans le guide des grands chefs, une injustice flagrante.

o o
o

Suite des interventions

=====

Françoise Suagher rend compte des activités du CLEA à Besançon grâce à l'animation de Jean-Paul Parisot : un stage de neuf jours, un autre d'une journée pour les enseignants de Première et Terminale A avec participation des géographes. Interventions au CPR : résultats médiocres avec les mathématiciens et les physiciens, excellents avec les historiens et géographes.

Françoise présente ensuite des diapositives sur les phénomènes atmosphériques lumineux. Elle cherche une documentation plus complète sur les halos, les mirages, les nuits claires, les nuages noctiléscentés. Elle propose de créer une commission CLEA des phénomènes lumineux lui écrire : Françoise SUAGHER, 18 chemin de Canot, 25000 BESANCON.

Eliane Legrand : à Strasbourg, l'activité astronomique est toujours grande sous l'impulsion d'Agnès Acker qui intervient dans un nouveau DEUG préparatoire aux métiers de l'enseignement (instituteurs et animateurs) : ouverture à l'esprit scientifique. Réunion avec les responsables des écoles normales de Sélestat et de Strasbourg ; préparation d'un cycle de 15 à 20 heures sur l'astronomie au quotidien. Au planétarium, succès de la séance "le petit robot et les planètes" pour les petits ; autre séance "voyage à travers le temps". Edition d'éphémérides. Organisation d'un local d'animation, la crypte aux étoiles pour laquelle le rectorat dégage un demi poste d'animateur ; la première exposition qui y est présentée a pour thème le temps : montage sur l'horloge astronomique de la cathédrale, expériences sur la lumière, hologrammes, etc. Enfin, la troisième école d'été aura lieu à Steige durant la première semaine de juillet 1988 et comportera la construction d'un radiotélescope sous la direction d'un spécialiste de Nancy. Encore académique en 88, l'école d'été sera interacadémique en 1989.

Daniel Toussaint : SCCA (Science et Culture en Champagne-Ardenne) organise au planétarium de Reims un cycle pour les élèves de Première et Terminales, un mercredi par mois, participe à un cycle de formation pour 15 élèves-maîtres à l'Université ; le GCU a contacté le SCCA pour animer un camp de vacances en juillet dans le Verdon.

CSCA (Coordination Scientifique Champagne-Ardenne) a réuni les fonds pour l'achat d'un Starlab.

AAA (Association Ardennes Astronomie présidée par C.Mathieu) a organisé à Sedan une rencontre franco-belge d'amateurs ; mille personnes ont visité l'exposition organisée à cette occasion.

Dans l'Aube, le stage proposé à la MAF n'a pas été retenu faute d'un nombre suffisant d'inscrits.

L'UdP de Reims a fait une enquête sur les besoins des collègues en formation continue, l'électronique vient en premier, l'astronomie aussitôt après. Une des raisons de l'introduction de l'électronique dans les programmes est que cela constitue une façon de résister aux pressions de "Sciences et Techniques industrielles". Le CLEA pourrait de même faire valoir la nécessité de résister à un groupe de pression au moins aussi dangereux, celui des astrologues !

Hubert Gié : en ce qui concerne les programmes, ne pas oublier qu'ils sont toujours trop chargés. Une nouvelle rédaction est en cours pour les Premières S et les Terminales. Je souhaite recevoir les propositions des collègues.

Gérard Vidal intervient au nom de la commission pédagogique de l'APISP pour se réjouir de la collaboration avec le CLEA. Je souhaite en particulier des articles pour le Bulletin de l'APISP qui prépare une brochure sur l'astronomie pratique.

Frédéric Dahringer : dans l'académie de Rennes, PAF 87-88, deux stages d'initiation (deux fois 25 stagiaires) du mercredi au samedi, un stage de niveau 2 (25 stagiaires) ; les stagiaires sont entièrement pris en charge en internat par le MAFPEN.

Jean Chapelle (Clermont-Ferrand) : stage pour les enseignants du secondaire ; intervention à l'Ecole Normale de Chamalières ; interventions dans les écoles, collèges et lycées avec un planétarium GOTO EX 3 ; animation de l'AAAA (Association des Astronomes Amateurs d'Auvergne).

Jean-Pierre Brunet

continue à "faire tourner" le PSI (Planétarium Starlab Itinérant) et intervient dans le MAFPEN avec le PSI et pour l'histoire des sciences.

Jacques Vialle et Jean Gagnier ont noué des relations fructueuses avec le CDDP de La Rochelle. Lucette Mayer a animé deux séances d'astronomie nocturne à l'Ecole Normale. En avril, le CLEA intervient pour une journée avec les instituteurs. J.V et J.G. souhaitent que le CLEA ait des correspondants en relation avec chaque CDDP et CRDP. Quant à eux, ils pensent déjà aux stages académiques de 88 et 89.

Roger Marical (Rouen) a écrit qu'il ne pouvait venir à Orsay ce samedi, joignant à sa lettre une belle photo de la Comète Bradfield réalisée le 12 novembre 1987. Avec Eric Mandon, il anime depuis 1984 un stage d'astronomie pour le MAFPEN de Rouen.

Henri Reboul (Montpellier), en plus de son enseignement à l'Université des Sciences a pu organiser trois sortes de stages dans le cadre du MAFPEN : 1) deux groupes de 12 stagiaires (mathématiques et physique), un à Montpellier, l'autre à Narbonne comprenant chacun quatre jours ; 2) un nouveau stage pour les professeurs de Physique et de philosophie sur l'histoire du système du monde ; 3) il est relayé par F.Gleizes pour un stage à l'école normale de Montpellier d'une durée de dix jours.

Suzanne Débarbat (Observatoire de Paris) rend compte du succès de l'exposition "La mesure du ciel, de la plaque photographique aux techniques spatiales" qui a eu lieu du 16 mai au 10 juillet et a été rouverte pour les scolaires en septembre : 1) les observations visuelles ; 2) les débuts de la photographie astronomique ; 3) l'entreprise de la carte du ciel ; 4) les techniques modernes (la MAMA, machine automatique à mesurer pour l'astronomie). Il y a eu plus de 4500 visiteurs.

J'avais, à la précédente réunion du CLEA fait appel à votre collaboration pour la mise au point d'un jeu-questionnaire "La mesure du ciel" qui a été proposé aux visiteurs : un nouvel exemple de la coopération fructueuse entre enseignants et astronomes qu'il faut mettre à l'actif du CLEA.

L'Observatoire de Paris a édité une "Brève histoire de la Carte du Ciel".

Anne-Marie Louis a participé aux rencontres préparatoires pour le premier "salon de la crédulité". Une affaire sérieuse qui prend de l'ampleur et qui est patronnée par d'importantes personnalités dont MM Pecker et Schatzman. En 1988 aura lieu un festival "Science et Illusion". Elle appelle les collègues physiciens à se joindre à elle aux journées UdP 88 dans un groupe sur "Sciences et pseudo-sciences".

° °

Lucienne Gouguenheim remercie les collègues (présents ou absents) de leurs communications qui témoignent des activités très diverses du CLEA. Elle est heureuse de présenter notre conférencière, Madame Suzy Collin qui va nous parler des quasars, sujet qu'elle étudie particulièrement et sur lequel elle a écrit avec Grazina Stalinska un excellent petit livre signalé dans nos Cahiers. Lucienne rappelle que Suzy Collin a été parmi les premiers astronomes à soutenir le CLEA en faisant un cours lors de la première école d'été à Lanslebourg 1977.

° °

Au terme de l'assemblée générale et après la belle conférence de Suzy Collin et une nouvelle collation préparée par les gastronomes du CLEA, 80 votants ont élu ou réélu le Conseil du CLEA qui se trouve donc constitué pour l'année 1988 par :

Agnès Acker (Strasbourg), Daniel Bardin (Marseille), Lucette Bottinelli (Meudon), André Brahic (Meudon), Jean Chapelle (Clermont-Ferrand), Frédéric Dahringer (Rennes), Françoise Delmas (IAP), Christian Dumoulin (IREM Limoges), Marie-France Duval (Marseille), Jean-Luc Fouquet (La Rochelle), Jean Gagnier (La Rochelle), Michèle Gerbaldi (IAP), Hubert Gié (Paris), Lucienne Gouguenheim (Meudon), Maryse Jonas (Cahors), Raymond Hernandez (Auxerre), Jean-Claude Herpin (UdP), Jean-Louis Heudier (CERGA), François Joly (Bordeaux), Francis Minot (APMEP et CEMEA), Christian Mossler (Douai), Georges Paturel (Lyon), Jean-Claude Pecker (IAP), Henri Reboul (Montpellier), Andrée Richelme (Grenoble), Jean Ripert (Toulon), Jean-Paul Rosenstiehl (Le Mans), Béatrice Sandré (Orsay), Nicole Sanglerat (ANSTJ), Liliane Sarrazin (Limoges), Evry Schatzman (Nice), Françoise Suagher (Besançon), Daniel Toussaint (Aix-en-Othe), Victor Tryoen (Flayosc), René Vento (APISP), Jacques Vialle (La Rochelle), Catherine Vignon (Paris), Gilbert Walusinski (Saint-Cloud). Alain Dargencourt (Paris), Alain Rivière (Paris).

Le courrier des lecteurs

MISE EN GARDE

Le CLEA, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, se consacre exclusivement à l'enseignement de l'astronomie par les stages qu'il organise et par ses publications. Le CLEA n'est pas relié au minitel.

Si, par mégarde, vous tapez 36 15 CLEA, vous tomberiez sur un organisme "la clé des astres" qui vous proposerait moyennant finances de dresser votre horoscope.

Nous ne pouvons que déplorer la similitude des sigles mais soyez bien assurés que le CLEA n'a rien à voir avec les marchands d'illusions.

Chronique du CLEA (suite)

Comme il est de règle après une assemblée générale et le renouvellement du Conseil de l'association, celui-ci a procédé par correspondance à la réélection du Bureau, renouvelé sans changement :

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker, Evry Schatzman.

Présidente : Lucienne Gouguenheim.

Vice-Présidents : Agnès Acker, Alain Dargencourt, Hubert Gié, Jean Ripert, Catherine Vignon.

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

ACTIVITES REGIONALES

NICE 1 - Jean-Louis Heudier nous donne de bonnes nouvelles de ses activités qui s'organisent autour d'une association PARSEC (Promotion, Art, Science et Communication) et Astrorama un centre d'animation dans les écoles, collèges et lycées dans un site bien choisi au-dessus d'Eze. PARSEC gère également les visites du CERGA. Son adresse : 2 passage du Petit Parc, 06000 Nice.

NICE 2 - Jeanine Chappelet, animatrice du planétarium du Collège Valeri nous adresse le programme d'une exposcience qu'elle organise les 25,26 et 27 mars 1988, exposition qui fera une très bonne place à l'astronomie.

ORSAY - Le premier stage habituel d'orsay a eu lieu, le mercredi, du 7 octobre 1987 au 20 janvier 1988 ; soit douze séances, quatre pour des conférences, trois pour des groupes de travail, cinq pour des ateliers. Le deuxième stage, celui du lundi a commencé le 18 janvier et se poursuit jusqu'à Pâques.

ACTIVITES CEMEA - Jeanine Chappelet nous communique le programme des activités du groupe Ciel en 1988 :

Stages : 1) Activités astronomiques et météorologiques en classe et en centre de loisirs (9/14 août)
2) Découverte du ciel (17/25 août) ; 3) Astronomie, maquettes et instruments de mesure (17/25 août)
4) Découverte de l'astronomie et d'une région, le Pays Basque (début août).

Des journées de réflexion avec P. Bourge sur l'animation d'un planétarium (début avril).

Une série d'articles sur les instruments anciens dans Astro-Ciel.

Participation à des stages régionaux à Orléans, Bordeaux, Poitiers, Reims, en Tunisie et à l'Observatoire d'Aniane.

Animation d'un atelier d'astronomie aux journées APMEP par Francis Minot et Gérard Frizet.

PARMI NOS LETTRES - Merci à tous ceux qui en renouvelant leur abonnement ajoutent des voeux amicaux. Imiter ceux d'entre vous qui ajoutent des remarques ou suggestions sur le contenu des Cahiers ou qui nous envoient des articles.

LA FIGURE DE LA TERRE, une exposition du Palais de la Découverte du 1^{er} mars au 31 mai 1988.

Liste des ouvrages analysés dans les Cahiers Clairaut (1 à 39/40)

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

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



COMITÉ DE LIAISON ENSEIGNANTS ASTRONOMES

LE RAPPEL DU SECRETARIAT DU CLEA

Puisque c'est un rappel, il ne s'adresse pas aux abonnés ayant répondu sans tarder au communiqué annuel paru à la dernière page du Cahier 39-40. Qu'ils soient remerciés d'avoir ainsi simplifié le travail du secrétariat.

Par contre, ce rappel vous concerne, cher abonné retardataire.

Vérifiez que l'étiquette sur la bande d'expédition du présent Cahier 41, le premier de la onzième année, porte, après votre numéro d'abonné, la mention "dernier numéro de votre abonnement 40". Alors ne tardez plus à remplir la fiche de réabonnement ci-dessous en y joignant la chèque ou le virement établi au nom du CLEA. Le trésorier vous remercie de faire diligence.

Faute de quoi, vous seriez privé du Cahier 42 à paraître en juin.

RAPPEL DES TARIFS

Abonnement simple (n°41 à 44) pour 1988 60 F (Soutien 80 F)

Cotisation au CLEA pour 1988 25 F

Abonnement (n°41 à 44) et cotisation 1988 80 F (soutien 100 F)

On peut s'abonner et cotiser pour deux ans : doubler les tarifs précédents

Fiche d'adhésion au CLEA et d'abonnement aux Cahiers Clairaut

Mr Mme Mlle

Numéro d'abonné

NOM (en capitales)

prénom

ADRESSE

CODE POSTAL

- désire cotiser au CLEA en 1988 en 1989
- s'abonne aux Cahiers Clairaut (n°41 à)
- désire recevoir la collection complète des Cahiers parus (n°1 à 40) 420 F

Une étape de la physique, la Relativité restreinte

par Roger Gouguenheim

Fascicule n°7 pour la formation des maîtres en Astronomie
(274 pages - 45 F)

La dernière publication du CLEA. Mais n'oubliez pas les autres :

liste complète, page 3 de la couverture.

Publications du CLEA

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

Sont encore disponibles ceux de Digne 1978 (25 F), Grasse 1979 (35 F), Sophia-Antipolis 1982 (50 F), Grasse 1983 (58 F), Formiguères 1984 (65F), Formiguères 1985 (100 F), Formiguères 1986 (100 F).

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

1. L'observation des astres et le repérage dans l'espace et le temps (20F)
2. Le mouvement des astres (25 F)
3. La lumière messagère des astres (25 F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (25 F)
5. Renseignements pratiques et bibliographie pour l'astronomie (25 F)
- 5 bis. Complément au fascicule 5 (25 F)
6. Univers extragalactique et cosmologie (30 F)
7. Une étape de la physique : la Relativité restreinte (45 F)

LE TRANS-SOLUTE

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

LES CAHIERS CLAIRAUT, bulletin trimestriel du CLEA

Abonnement simple 1988 (n°41 à 44) : 60 F (soutien 80 F)

Cotisation simple au CLEA pour 1988 : 25 F

Abonnement et cotisation au CLEA 1988 (n°41 à 44) : 80 F (soutien 100 F)

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

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

Collection complète des Cahiers (n° 1 à 40) : 420 F

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

Les commandes de comptes rendus, de fascicules ou des TRANS-SOLUTE ainsi que les abonnements, réabonnements ou cotisations sont à adresser au secrétaire du CLEA, Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST SAINT-CLOUD (tél (1) 47 71 69 09)

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

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Imprimerie HAUGUEL, 92240 Malakoff

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

