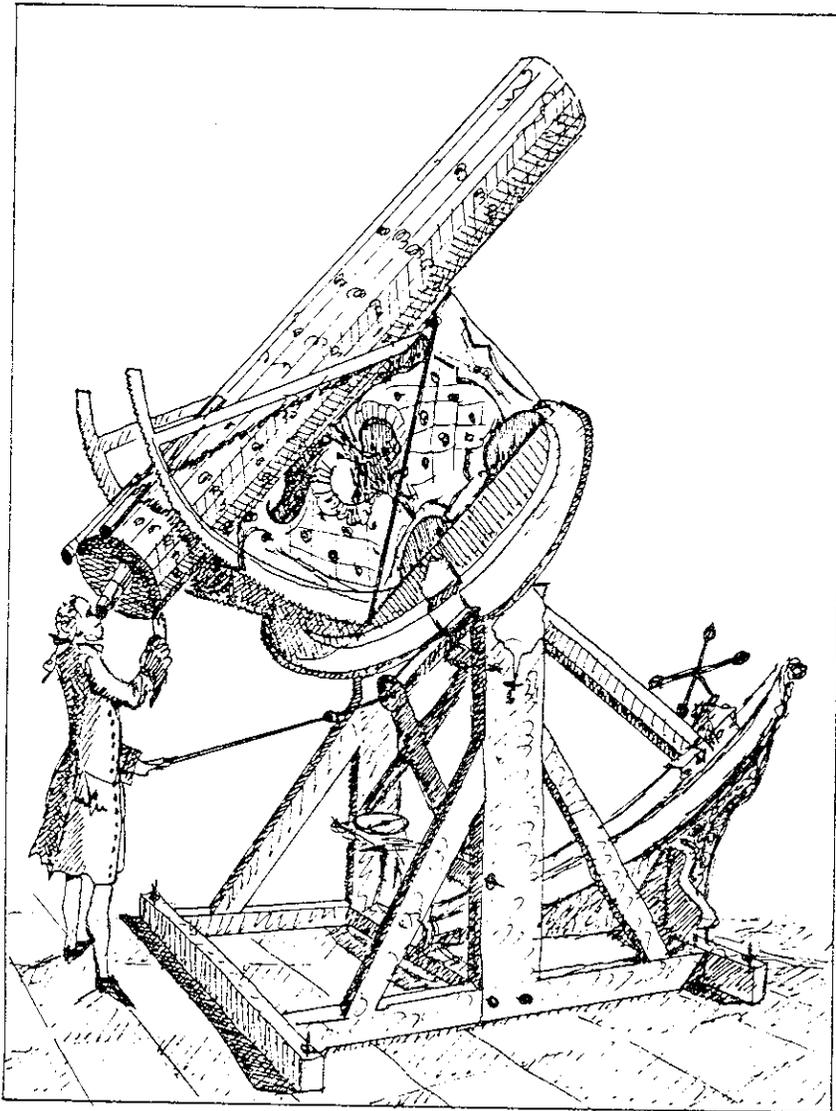


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°36 - printemps 1987

LES CAHIERS CLAIRAUT

n° 36 Printemps 1987

	page
Dernières nouvelles du système solaire	3
La chronique du CLEA	10
Une année avec la comète de Halley en grande section de maternelle	15
Le système des raies des quasars (suite et fin)	21
Sphère céleste	27
Les potins de la Voie lactée	31
Lectures pour la Marquise	32
Stages CEMEA	34
Fascicule bibliographique	34
Courrier des lecteurs	35
Après trois cents ans (suite)	37
Les boucles de Vénus	42
Le communiqué annuel du secrétariat du CLEA	44

EDITORIAL

La dernière Assemblée Générale du CLEA, dont notre infatigable secrétaire a déjà rédigé le compte rendu (on le lira page 10), nous semble devoir confirmer une réelle vitalité de notre association. Nombreuses actions de formation et de diffusion de l'Astronomie entreprises dans les académies, trois universités d'été en chantier, un nouveau fascicule paru (fascicule bibliographique complémentaire, voir page 34), deux autres en projet (si l'histoire de l'astronomie vous intéresse, prenez vite contact avec le secrétaire...).

Cependant le tassement du nombre des abonnés aux Cahiers nous inquiète. Il serait nécessaire de faire une plus grande publicité, et vous pouvez nous aider. Le secrétaire peut vous adresser des tracts publicitaires à diffuser largement autour de vous, sur simple demande de votre part. Il en est de même pour l'affiche du CLEA (dessinée par Daniel Bardin). N'hésitez pas à passer commande. Merci à l'avance de votre collaboration.

Réelle vitalité du CLEA, disions-nous... Elle se traduit aussi par vos contributions à la rédaction des Cahiers. Nous publions dans ce numéro des contributions d'astronomes professionnels (la fin de l'article de Patrick Boissé sur les Quasars, le texte de la conférence d'André Brahic du 25 janvier, la chronique "potins de la Voie lactée" tenue par Lucette Bottinelli), une expérience passionnante en maternelle, relatée par l'institutrice qui l'a réalisée, Madame Cluzel, des exercices pratiques proposés par Jean Ripert et Jean-Paul Rosensthiel, la suite du feuilleton sur Newton, de K. Mizar... Et nous gardons en réserve pour le n° 37 (et peut-être le n° 38) un joli texte de Cecilia Iwanizsewska (notre chère "correspondante" de Torun!) des articles pratiques proposés par Daniel Bardin, Jean Ripert, Daniel Toussaint, un reportage sur l'astronomie en Finlande, par Jacques Vialle, un texte philosophique de Serge Douailler sur l'enseignement de l'Astronomie... et tous ceux que vous allez nous proposer... A vos plumes! Et merci !

La Rédaction.

Dernières nouvelles du système solaire

NDLR - L'assemblée générale du CLEA, le 25 janvier 1987 s'est terminée par le feu d'artifice de la conférence d'André Brahic. La rédaction des Cahiers aurait souhaité en donner un exact reflet. Force a été de constater que le texte écrit, même s'il a été revu par le conférencier, même s'il peut être illustré de quelques photos, ne peut rendre ce qui a fait le charme et la force de l'exposé oral. André a commenté des dizaines de diapos, documents remarquables qui auraient suffi, à eux seuls, à soulever l'enthousiasme des auditeurs. Il y ajoutait ce qui fait son talent exceptionnel de chercheur, d'enseignant et d'orateur, une flamme dont le texte écrit ne peut malheureusement rendre l'éclat.

L'objet système solaire

Inventaire actuel du système : neuf planètes, cinquante quatre satellites, huit mille astéroïdes répertoriés sur quinze mille suspects, un réservoir presque inépuisable de comètes.

1986 a été une année importante par la riche moisson d'informations récoltées : exploration du système d'Uranus, rencontre de la comète de Halley. Se rappeler que de telles explorations supposent une longue préparation, une persévérance de l'effort intellectuel, financier et technique pendant de longues années. La sonde Voyager 2 qui a visité Uranus en 1986 avait été envoyée en 1977 mais les travaux la concernant remontent à 1964.

Fin octobre 1986, un colloque international s'est réuni à Heidelberg pour un premier bilan sur la comète de Halley. En novembre, c'est un véritable congrès de planétologie qui s'est tenu à Paris, ce qui montre le rang honorable qu'occupe l'astronomie française dans ce domaine. De très nombreux pays consacrent des efforts dans ces recherches ; alors qu'aux USA la politique actuelle n'est pas en faveur de l'accroissement des crédits de recherche, d'autres pays, le Japon par exemple, entrent dans la course. Les efforts devront se poursuivre, en n'oubliant pas que le travail effectué en 1987 ne portera ses fruits qu'après 1995...

Les recherches sur le système solaire mobilisent ainsi une foule de scientifiques en raison des buts poursuivis qui sont multiples. Plaçons en premier celui des origines du système solaire. La principale difficulté provient du fait qu'on ne connaît justement que lui comme système de planètes. Comment s'est-il constitué ? Immense puzzle dont on découvre peu à peu certaines pièces mais on en ignore beaucoup d'autres et même leur nombre.

Autre question passionnante, celle de l'existence de la vie hors de la Terre. On semble bien pouvoir nier cette existence sur les autres planètes du système solaire. Il faudra donc chercher ailleurs, ce qui accroît l'intérêt de la découverte, toujours à venir, d'autres systèmes planétaires.

En restant dans le système solaire, l'étude des planètes des satellites, des astéroïdes et des comètes offre aux physiciens un merveilleux laboratoire, avec des conditions très diverses dont beaucoup sont peu ou pas du tout réalisables sur Terre. Toutes études qui sont d'un intérêt technologique et industriel évident.

Ne pas négliger enfin l'intérêt culturel de l'exploration du système solaire, de même qu'il est culturellement indispensable de bien connaître son pays ou sa commune. Sans oublier l'apport de cette connaissance à la lutte nécessaire contre l'obscurantisme astrologique. Pour les astronomes, mais pas seulement pour eux, il y a aussi l'excitation de la découverte, ce qui n'est pas rien.

Ce qui est devenu familier

Depuis que les premières sondes spatiales ont commencé à nous apporter leurs révélations, nous sont devenus familiers des résultats qui, lors de leurs découvertes, ont pu surprendre. Ainsi, l'idée doit être

désormais bien acquise de la grande diversité des aspects des planètes et des satellites. Si les chercheurs ne manquent pas d'imagination pour concevoir une grande variété de modèles répondant à telle ou telle situation, la nature fait encore mieux. Depuis Galilée, les quatre gros satellites de Jupiter se ressemblaient dans les télescopes, aux périodes près de leurs révolutions ; tout à changé avec Voyager, chaque satellite nous a réservé des surprises.

Revoyons les voisins. Mercure est beaucoup plus cratérisé qu'on ne le supposait ; il ressemble à la Lune par sa surface mais non par sa composition interne, il est plus dense, il a un champ magnétique. Vénus : on connaît maintenant sa période de rotation ; on a commencé sa cartographie grâce à des échos radar à travers ses épais nuages. Notre planète bleue et son compagnon : la photo prise par Voyager qui réunit sur un même cliché la Terre et la Lune nous offre pour la première fois la vision d'une sorte de "planète double".

L'histoire de l'exploration de la Lune est exemplaire, elle comporte toutes les phases : envoi d'une sonde tournant autour de l'astre (première vision de la "face cachée"), sonde se posant sur la Lune, débarquement d'un équipage humain et retour vers la Terre de matériaux prélevés sur la Lune.

A cette dernière phase près, l'exploration de Mars est bien avancée. On y a repéré les traces d'anciens fleuves, on y connaît le plus grand volcan éteint. Les robots posés sur Mars ont pu analyser le sol : aucune trace de vie là où l'on espérait trouver ne serait-ce qu'un lichen...

Nous revoyons toujours avec plaisir les photos ^{de Jupiter} prises par les sondes Voyager en 1979 : l'atmosphère turbulente de la planète, la permanence de la tache rouge, ce gigantesque tourbillon d'un diamètre supérieur à celui de la Terre ; les quatre satellites galiléens si différents l'un de l'autre, Callisto le plus cratérisé, Ganymède avec ses curieuses structures, Europe l'objet le plus lisse du système solaire, enfin Io avec ses volcans en activité. On reviendra sur les anneaux pour les comparer avec ceux de Staurne et d'Uranus.

Les photos de Saturne ont été prises en 1981. L'atmosphère de la planète montre aussi des turbulences mais moindres que sur Jupiter. Quant aux dix-sept satellites repérés (on est persuadé qu'il y en a d'autres, au moins vingt-quatre), c'est encore la grande diversité : Mimas et son gigantesque cratère, Encelade plus cratérisé d'un côté que de l'autre, Japet si sombre, Titan et son atmosphère d'azote qui fait soupçonner la présence sur son sol de l'azote liquide...

L'exploration d'Uranus

Ce fut, le 24 janvier 1986, le premier grand événement de l'année (Cf Cahiers Clairaut n°33). Pourtant, la sonde Voyager 2 avait déjà rempli le contrat pour lequel elle avait été lancée, la visite de Jupiter puis de Saturne. La NASA sut profiter des positions pas trop dispersées des grosses planètes pour que Voyager 2 poursuive son périple vers Uranus. Mieux, ses techniciens surent remédier à une panne dans le système propre d'orientation de la sonde, un axe un peu "grippé" ; ils remarquèrent qu'il suffisait de demander seulement des mouvements plus lents.

Il fallait aussi affronter deux difficultés particulières pour cette rencontre avec Uranus. Alors que les passages auprès de Jupiter et de Saturne avaient été en quelque sorte préparés par les passages des sondes Pioneer, pour Uranus c'était vraiment une première visite. De plus, du fait de la position du plan équatorial d'Uranus presque perpendiculaire au plan de l'écliptique, la visite de la planète et du système de ses satellites serait forcément très brève.

Sans reprendre tous les détails déjà publiés dans le Cahier 33 (été 1986 d'après le séminaire du 17 février), rappelons à grands traits les surprises de la rencontre. Mesure de la période de rotation de la planète et découverte d'un champ magnétique important qui n'avait pu être décelé auparavant, l'axe magnétique étant incliné de 55° sur l'axe de rotation. Par le mouvement des nuages on constate que la planète tourne plus vite près des pôles qu'à l'équateur : période de 17 h à 26° de latitude, période de 15 h à 44° de latitude. Par les mesures du champ magnétique, le noyau de la planète tourne avec une période de 17 h 12 mn.

Dix satellites nouveaux ont été découverts qui s'ajoutent aux cinq antérieurement connus. Ces nouveaux satellites ont des diamètres de 15 à 130 km et sont en général non sphériques. Tous sont sombres ou même très sombres ; leurs densités sont faibles (1,5 à 1,7). Les cinq "anciens" offrent encore une grande diversité : Obéron très cratérisé, Titania présente des cratères à fond plat, Umbriel est le plus sombre, Ariel présente de profondes vallées d'effondrement. Les photographies de Miranda ont été particulièrement réussies avec une résolution de sept cents mètres ; on y découvre des structures géologiques complexes révélant une activité passée intense.

Les anneaux

Il est évidemment instructif de rapprocher les photos des trois systèmes d'anneaux connus. Une structure simple et fine des anneaux de Jupiter. Un système de dix anneaux bien nettement confinés autour d'Uranus, avec la singularité supplémentaire de l'inclinaison de certains de ces anneaux sur le plan équatorial de la planète.

Anneaux très différents des structures qui entourent Saturne et donnent aux photos l'aspect de disques microsillons. Avec des structures radiales encore inexplicables qui apparaissent et disparaissent du fait sans doute des rotations différentielles.

Les anneaux ou fragments d'anneaux soupçonnés autour de Neptune seront, à coup sûr, encore différents. Attendons 1989 et espérons que Voyager 2 fonctionnera encore bien à cette époque pour les photographier.

La comète de Halley

En 1950, trois points étaient acquis au sujet des comètes : le noyau est un solide très petit, la queue est au moins en partie due à l'action du vent solaire, enfin il y a un immense réservoir de comètes, le nuage de Oort, une sphère homogène autour du Soleil jusqu'à cent mille unités astronomiques (plus d'une année de lumière). Dans ce nuage, quelques centaines de milliards de comètes soumises à l'attraction du Soleil ou aux perturbations dues au passage d'étoiles voisines provoquant soit leur échappée au système solaire soit leur approche du Soleil, soit simplement un changement de leur orbite.

En 1986, pour profiter du passage de la comète de Halley à son périhélie le 9 février, cinq sondes avaient été lancées, deux japonaises, deux soviétiques, une européenne, Giotto, qui s'est approchée à six cents kilomètres du noyau (Cf Cahier n°32, printemps 86, l'article d'Eric Gérard).

Là encore, pour la comète comme pour Uranus, des surprises :
- Alors qu'on s'attendait à voir un noyau brillant il est très sombre, il n'y a pas d'objet plus sombre dans le système solaire. Tant et si bien que les cameras automatiques avaient été programmées pour viser la partie la plus brillante alors elles ont placé les jets de matière au centre de l'image le noyau sombre étant sur le côté.
- Le noyau est plus gros que prévu, on s'attendait à un diamètre de l'ordre du kilomètre, on découvre un ellipsoïde avec un grand diamètre de quinze kilomètres et les autres diamètres de sept.

- La surface du noyau, photographiée en noir et blanc (des photos qui ne sont pas encore publiques) montre un relief plus ou moins tourmenté ; on y observe des cratères (qui ne sont pas des traces d'impact mais plus probablement des "cicatrices" d'éjections explosives), des falaises,...
- Une grande variabilité de son aspect qui peut s'expliquer par l'explosion de poches de gaz entraînant l'éjection de plusieurs tonnes de matériaux par seconde.
- La queue de poussières s'incurve normalement selon la loi newtonienne alors que la queue de plasma est droite avec des turbulences qui révèlent celles du vent solaire derrière l'obstacle qu'est pour lui le noyau de la comète (un peu comme pour le courant d'une rivière en aval d'une pile de pont).

Des photographies de la comètes prises en 1910 avaient été exploitées en 1983 grâce à des techniques modernes. Elles permettaient une première évaluation de la période de rotation propre du noyau, soit environ 2,2 jours. Les photographies prises par les sondes pendant leur brève visite à proximité confirment cette valeur. Par contre l'observation suivie pendant un an, à partir d'observations terrestres, de l'atmosphère révèle une fluctuation régulière de la quantité de lumière diffusée avec une période de 7,4 jours. On peut interpréter cette période comme marquant le retour face au Soleil d'une zone active. Ce qui pose un problème : comment expliquer ces deux périodes 2,2 et 7,4 jours ? On peut imaginer plusieurs mouvements, rotation propre, précession, nutation. 7,4 jours serait la période de la précession. Et si cette précession devait se confirmer, cela impliquerait l'existence d'un noyau central rigide.

Toutes ces découvertes sont passionnantes. Mais la comète de Halley n'est qu'une comète particulière, il serait imprudent à partir de cet unique exemple, d'en tirer une théorie générale des comètes. D'autres observations d'autres comètes sont à réaliser, avec la difficulté de programmer une sonde alors que, pour les observateurs terrestres, les apparitions des comètes sont généralement inattendues. Les comètes qu'on attend, dont l'orbite est connue, sont le plus souvent moins actives donc moins intéressantes. On aimerait suivre une comète "fraîche", n'étant encore jamais venue près du Soleil et dont on suivrait l'évolution quand elle s'en approcherait...

Deux questions

Un auditeur demande quelle est la possibilité d'envoyer sur Mars une sonde habitée. Adré Brahic fait remarquer que l'envoi d'une sonde automatique sur Mars coûte environ un milliard de dollars. Envoyer seulement un homme coûterait cent fois plus cher ; ce n'est ni techniquement ni financièrement insurmontable (la guerre du Viet Nam a coûté au moins aussi cher aux USA). Mais ne serait-il pas plus instructif, scientifiquement, d'envoyer cent sondes automatiques ? Pour l'heure, les robots font mieux que les hommes et pour un coût moindre ; par exemple, un robot peut mieux pointer un télescope en impesanteur qu'un astronaute. Sans parler des problèmes humains de survie dans la solitude et dans le confinement pendant les très longs mois du voyage.

Autre question sur les découvertes permettant de soupçonner l'existence d'autres systèmes planétaires. C'est évidemment la grande découverte astronomique des prochaines années à venir. Les photos du ciel en infrarouge réalisées par le satellite IRAS révèlent l'existence de matière sombre autour de l'étoile Béta Pictoris, alors ...

BULLETIN DE DERNIERE HEURE

Au moment de rédiger la conférence, André Brahic nous fait remarquer que chaque jour "il se passe quelque chose dans l'étude du système solaire". Que ce soit par l'étude sur ordinateurs des modèles théoriques conçus par les astronomes, que ce soit grâce au dépouillement des documents accumulés par les sondes, soit toujours par les observations faites depuis la Terre. La place manque, dans ces Cahiers, pour donner toutes les nouvelles récentes. Voici seulement quelques exemples.

L'EAU SUR MARS - Les photos du sol martien montrent des lits de rivières asséchées, des complexes "fluviaux", des traces d'écoulements violents faisant penser à des bras de mer (imaginez le détroit de Gibraltar asséché). Toutes ces données font penser que, dans le passé, l'eau a coulé sur Mars, d'autres liquides, la lave par exemple, n'aurait pu donner le même résultat. Or la pression et la densité de l'atmosphère actuelle de la planète ne permettent la présence d'eau que sous forme solide (glace aux pôles ou mélanges de glaces et de rochers) ou sous forme gazeuse observée dans l'atmosphère. On est donc conduit à penser que l'atmosphère a évolué il y a peut-être un milliard d'années. Très récemment, pour la première fois, une équipe franco-américaine a découvert de l'eau lourde sur Mars grâce au télescope franco-canadien de Hawaï ; observation trop récente pour en mesurer toutes les implications mais elle semble confirmer qu'il y avait plus d'eau sur Mars dans le passé et qu'une grande partie s'en est échappée.

LES ASTEROIDES - Le satellite IRAS qui a photographié le ciel en infra-rouge a découvert environ quinze mille astéroïdes. Parmi ceux-ci il y en a plus de trois mille qui ont reçu une dénomination et dont les orbites sont connues alors que, depuis la Terre, on en a observé plus de six mille mais certaines orbites sont mal connues. Des théoriciens pensent qu'il y en a quelques centaines de milliers.

On a accumulé les données par tous les moyens de la détection à distance. Il faut aller explorer de près ces objets, "briques" initiales de la constitution des planètes.

PLUTON - Que les inquiets se rassurent la planète Pluton n'est pas en train de s'effondrer sur elle-même comme certains ont pu le croire en confrontant ce qu'on a dit de sa masse au cours des années qui ont suivi la découverte de cette planète lointaine. A la découverte on lui attribuait une masse de l'ordre de celle de la Terre, trente ans plus tard, ce n'était plus que 20% de la masse terrestre, aujourd'hui on penserait moins de 1%. La planète ne se dissipe pas mais les mesures sont de plus en plus précises, en particulier grâce à la découverte du satellite Charon. On a pu observer des éclipses mutuelles de la planète et de son satellite : le diamètre de Pluton serait de onze cents kilomètres, plus petit que celui de la Lune. Avec Charon, c'est plutôt un couple de planètes, un couple beaucoup plus serré que le couple Terre-Lune et les effets de marée y sont certainement importants : à étudier...

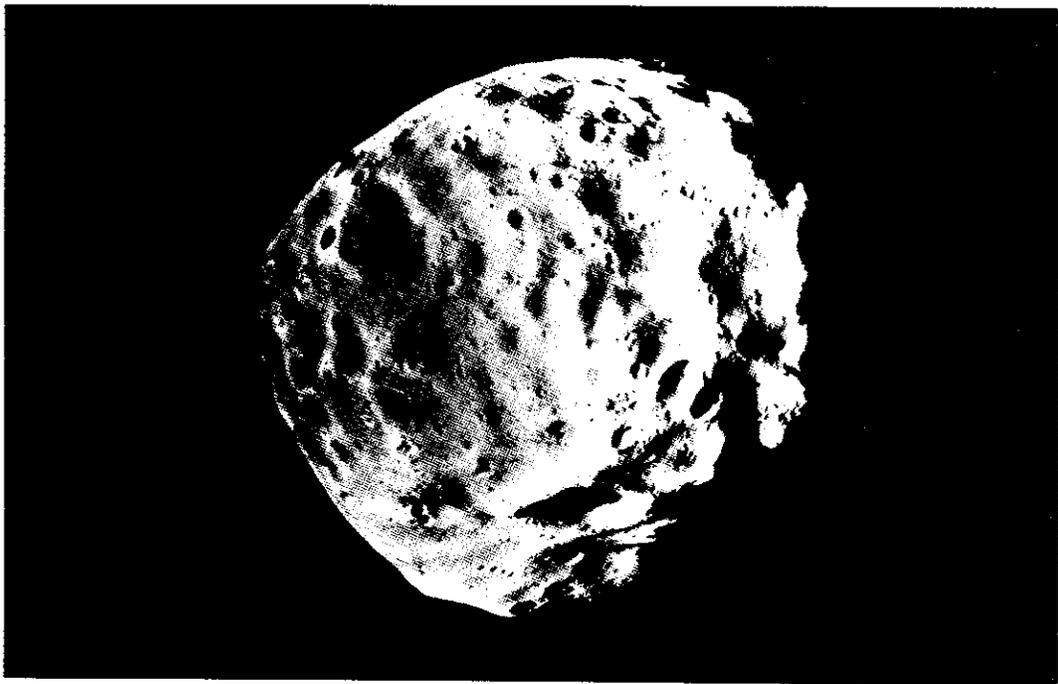
LA COMETE DE HALLEY - Revenons sur les éjections de matière du noyau, de 10^{28} à 10^{30} molécules par seconde ; dès que la matière est éjectée le rayonnement ultra-violet du Soleil casse les molécules, on n'observe plus que des radicaux libres (une aubaine pour les chimistes !). On se demande quelles sont les molécules mères. Pour la première fois on a trouvé H_2O et CO_2 et H_3O .

Il y a là toute une chimie compliquée à étudier.

Aussi plusieurs catégories de poussières. Certaines avec des compositions en hydrogène, oxygène et azote compatibles avec les abondances solaires, ce qui confirmerait la composition primitive des comètes. D'autres poussières,



Photo de la comète de Halley le 10 mars 1986 à l'observatoire européen austral.



Le satellite Phobos de la planète Mars photographié par la sonde Viking 1
(dimensions: 21 x 19 km)

des chondrites carbonées contiennent plus de carbone que les chondrites terrestres et semblent comparables à certains météorites. Il y a aussi des poussières avec excès d'éléments minéraux (magnésium, calcium, fer,...).

L'interaction du vent solaire avec les comète est très instructive. Il y a une zone où il n'y a que le vent solaire, une zone riche en particules cométaires, une zone intermédiaire. Toutes ces zones ont été observées. Le vent solaire contourne une cavité derrière la comète. Le vent solaire semble aussi freiné par les particules éjectées du noyau. On trouve encore des poussières à 300 000 kilomètres du noyau mais il y en a plus que prévu au voisinage du noyau.

Quant à la température du noyau elle est plus élevée qu'on ne l'attendait, entre 50 et 100°C. Le matériau constitutif du noyau serait plus réfractaire qu'une glace. Le dégazage se ferait par sources locales à débit brusque presque explosif...

A suivre, il y a trop à dire.

André Brahic



Lits de rivières à la surface de la planète Mars

La chronique du CLEA

- Assemblée générale du dimanche 25 janvier 1987

L'assemblée générale annuelle du CLEA est ouverte le dimanche 25 janvier 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 Douai à Hyères, de Quimper à Strasbourg, du Mans à Limoges et même de Rome. Des collègues empêchés soit par leurs obligations professionnelles soit par les maladies de saison ont envoyé des messages d'amitié ainsi que des témoignages sur leurs activités dans le cadre du CLEA (voir plus loin). Messages de nos Présidents d'honneur, Jean Claude Pecker et Evry Schatzman, d'amis lointains Cecilia Iwaniszewska (Torun), Derek McMally (Londres) et plus près en France Jean Astruc, Jean Chapelle, Jeanine Chappelet, Martine Laffaire, Francis Laianne, Claude Maluski, André Richardot, Andrée Richelme, ... Que nous pensons ceux que nous n'avons pas cités.

L'assemblée approuve l'ordre du jour proposé qui contraindra les intervenants à s'en tenir strictement à l'horaire pour permettre à tous de s'exprimer.

Rapport général

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

1 - Fonctionnement de l'association Il est toujours facilité par la tenue du fichier sur l'Apple du CLEA ; quelques petits problèmes dus à un logiciel défaillant : avec l'aide précieuse de Jacques Dupré, un nouveau logiciel doit éviter tout incident.

La période mai-juin des échéances de réabonnement a encore présenté des difficultés ; près de 500 lettres de rappel ont dû être envoyées aux retardataires. Système à réformer.

Le bilan financier pour l'exercice 1986 s'établit de la façon suivante :

<u>BILAN FINANCIER 1986</u>	
<u>Recettes</u>	<u>Dépenses</u>
abonnements simples 22 995	Tirages CC (32,33,34,35) 36 136,70
abonnements cotisations 64 720,70	Retirages anciens CC 11 447
total des recettes CLEA 87 715,70	Circulaires 1 233,60
frais de stages 6 000	Frais postaux 18 541,54
Subvention rect. Versailles 20 000	Frais de stages 9 436
Diverses 4 455,50	Fournitures 2 650,47
Total 118 171,20	Diverses 8 616
Versements stagiaires	Total dépenses CLEA 88 121,31
Formiguères 86 176 155,10	Séjour Formiguères 86 145 596,75
Total des recettes 294 326,30	Acompte Formiguères 87 33 450
	Total des dépenses 267 168,06
<u>Compte spécial Formiguères 86</u>	
<u>Recettes</u> : total des versements des stagiaires	176 155,10
<u>Dépenses</u> - Séjour Picpéric Premier acompte (nov 1985)	37 500
Second acompte (mai 86)	37 500
Solde (203t 86)	80 846
	155 846
Remboursements divers (désistements, trop perçu)	10 042
Frais divers (matériels déplacements)	14 958,75
Total des dépenses	180 846,75

Le compte spécial Formiguère 86 fait apparaître un déficit de 4 691,65 qui n'est pas réel. En effet, une erreur de facturation du Picpéric est en voie de rectification par un remboursement de 5 000 F trop perçus. Enfin de compte, bénéfice de 308,35 F.

La situation de nos comptes au 23 décembre 1986 était la suivante:
Caisse d'Epargne : 78 351,86 F ; ccp : 41 612,75 F

2 - Projets - Cette fortune relative sera prochainement entamée par l'achat d'un Starlab ; le CLEA avait antérieurement reçu une subvention du rectorat de Versailles à cette fin. Grâce aux efforts d'Alain Dargencourt relayés par Michèle Gerbaldi, l'acquisition de l'instrument est proche. Il sera utilisé dans la région parisienne selon des modalités qui seront précisées ultérieurement et publiées dans les Cahiers.

Autre projet en cours : remise à jour du Fascicule 5 pour la formation des enseignants "Documentation et bibliographie" ; préparation d'un Fascicule 7 "Relativité" et d'un Fascicule 8 "Histoire de l'Astronomie".

3 - Cotisations et abonnements 1987 - Données, l'évolution des effectifs des adhérents au CLEA et des abonnés aux Cahiers Clairaut depuis 1984 :

1984	750 Cotisants	1208 abonnés
1985	700 cotisants	1044 abonnés
1986	581 cotisants	952 abonnés

Il faut trouver des remèdes au tassement de ces effectifs par une plus active publicité auprès des enseignants. Mais aussi en réformant notre système d'abonnements dans lequel l'échéance survient en fin d'année scolaire ; pour les abonnements souscrits par les établissements ou les bibliothèques, il serait également préférable que la période d'abonnement coïncide avec l'année civile. Le secrétariat propose et l'assemblée approuve le nouveau système suivant :

Année 1987 (régime transitoire) : l'abonnement pour la dixième année des Cahiers comportera les numéros 37 (été), 38 (automne), 39-40 (numéro double, hiver).

Année 1988 : abonnement pour les 4 numéros annuels 41 (printemps), 42(été),43(automne),44(hiver).

D'autre part, la date de l'assemblée générale sera changée ; pour éviter les risques de mauvais temps en janvier, la prochaine assemblée aura lieu en octobre 1987, à une date pas trop voisine des journées de l'UdP, de l'APMEP et de l'APISP.

TARIFS adoptés pour 1987 : Abonnement simple 60 F (soutien 80 F) ; cotisation simple 25F ; abonnement et cotisation couplés 80 F (soutien 100 F) ; le numéro des Cahiers : 15 F ; supplément pour service par avion 20 F ; abonnement simple pour deux ans : 120 F ; abonnement et cotisation pour deux ans : 160 F ; N-B : pour les réabonnements en retard ayant entraîné l'envoi d'une lettre de rappel, majoration des tarifs précédents de 10 F.

4 - Modification des statuts - Pour éviter toute réclamation de la part de certains services officiels, l'assemblée adopte la modification suivante à l'article 12 et dernier des statuts:

Ancienne rédaction : "Art 12 - Dissolution : en cas de dissolution proposée par les deux tiers au moins des membres présents à l'assemblée générale, un ou plusieurs liquidateurs sont nommés par celle-ci et l'actif s'il y a lieu est dévolu conformément à l'article 9 de la loi du 1^{er} juillet 1901 et au décret du 16 août 1901." Addition proposée entre les mots "dévolu" et "conformément" : "à une ou plusieurs associations d'astronomes amateurs ou professionnels".

5 - Vote - Le rapport général, les comptes, les nouveaux tarifs et les modifications aux statuts sont adoptés par l'assemblée générale à l'unanimité.

6 - Renouvellement du Conseil du CLEA - A l'issue de l'assemblée, 90 votants ont approuvé à l'unanimité la composition suivante du Conseil (entre parenthèses le nom de l'académie dans laquelle certains Collègues sont représentants du CLEA ou le nom de l'association avec laquelle ils assurent la liaison) : Agnès Acker (Strasbourg) ; Daniel Bardin ; Lucette Bottinelli ; André Brahic ; Jean-Pierre Brunet (Toulouse) ; Jean Chapelle (Clermont-Ferrand) ; Frédéric Dahringer (Bretagne) ; Alain Dargencourt ; Françoise Delmas ; Christian Dumoulin (inter IREM) ; Marie-France Duval (Marseille) ; Jean-Luc Fouquet ; Jean Gagnier (Poitiers) ; Michèle Gerbaldi ; Hubert Gié ; Lucienne Gouguenheim ; Raymond Hernandez (Dijon) ; Jean-Louis Heudier (Nice) ; François Joly (Bordeaux) ; Jean-Claude Herpin (UdP) ; Francis Minot (APMEP) ; Christian Mossler (Lille) ; Georges Paturel (Lyon) ; Jean-Claude Pecker ; Henri Reboul (Montpellier) ; Andrée Richelme (Grenoble) ; Jean Ripert ; Alain Rivière ; Jean-Paul Rosenstiehl (Le Mans) ; Béatrice Sandré ; Nicole Sanglerat (CEMEA) ; Liliane Sarrazin (Limoges) ; Evry Schatzman ; Françoise Suagher (Besançon) ; Daniel Toussaint (Reims) ; Victor Tryoen ; René Vento (APISP) ; Jacques Vialle ; Catherine Vignons (Paris) ; Gilbert Walusinski.

Les membres du Conseil seront prochainement appelés à renouveler le Bureau.

Les exposés de la matinée

===== - Françoise Suagher présente la vidéo-cassette "Les terres du ciel" qu'elle a réalisée dans le cadre de l'Association Astronomique de Franche-Comté avec Jean-Paul Parisot et Jean-Pierre Marchand. Exposé conçu pour un public de non initiés mais joignant rigueur scientifique et facilité d'écoute. Le document est périodiquement mis à jour. Plan: la Lune, les planètes et leurs satellites, les astéroïdes, les comètes.

Caractéristiques techniques : cassette VHS 1/2 pouce, durée 30 minutes. Acquisition possible 590 F franco ; location pour une semaine 340 F, deux semaines 490 F. S'adresser à M. Jacques Tison, 37 rue des Deux Princesses, 25000 Besançon.

- Robert Mochkowitch (IAP) propose ensuite une lecture scientifique de quelques diapos reproduisant des passages de deux livres de Hergé, "On a marché sur la Lune" et "L'Etoile mystérieuse". Son idée a été de rechercher dans ces bandes dessinées les questions de physique et d'astronomie qui se posent. Pour relever souvent beaucoup de vraisemblances et parfois des erreurs. La rédaction des Cahiers souhaite que Mochkowitch revienne sur ce sujet dans un article des Cahiers.

- Suzanne Débarbat (Observatoire de Paris) nous avait rendu compte en 1985 de l'exposition de l'Observatoire "Longueur et Temps - De la vitesse de la lumière à la définition du mètre" où nombre d'enseignants avaient conduit leurs élèves. Elle annonce une nouvelle exposition "La mesure du ciel - De la plaque photographique aux techniques spatiales" qui est associée au Symposium de l'UAI que l'Observatoire de Paris a la charge d'organiser à l'occasion du centenaire de l'entreprise internationale dite Carte du ciel.

L'exposition se tiendra dans la belle salle Cassini. Ses thèmes passeront en revue l'histoire de la mesure des positions stellaires et leur rôle dans les développements de l'astronomie. La représentation du ciel dans le passé sera illustrée par des globes, des instruments anciens, des cartes. Des instruments du 18^{ème} et du 19^{ème} siècles seront exposés avec les documents qu'ils ont permis d'établir. L'entreprise "Carte du ciel" sera présentée de son origine 1887 à son terme avec les promoteurs de l'astrométrie photographique, les cuivres, les planches, les méthodes de mesure des clichés, les procédés de réduction, les machines à graver et enfin la MAMA, machine à mesurer automatique implantée à l'Observatoire et en cours d'achèvement. Pour les techniques actuelles et pour les objets de plus en plus faibles, les instruments sont de plus en plus grands ; ils seront représentés par des maquettes, le télescope de 3,60 m de Hawaï ainsi que des documents du Centre de Données stellaires de Strasbourg. Est également prévue une animation sur ordinateur. Une maquette de la sonde Hipparcos qui doit être lancée par Ariane illustrera l'avenir de ces recherches.

On nous a demandé d'associer au centenaire de la Carte du ciel le tricentenaire des Principia de Newton ce qui se fera par présentation de documents.

L'exposition ouvrira probablement pour cinq semaines dès la mi-mai. Informations sur répondeur de l'Observatoire de Paris, tél 43 20 12 10.

- Anne-Marie Louis et René Arhel nous présentent des diapos qu'ils ont rapportées de leur voyage à La Réunion en février 86 pour observer la comète. Ils en ont profité pour photographier les constellations australes ; ils nous initient un peu aux changements d'orientation qui troublent nos habitudes boréales. Superbes arcs en ciel sur les vagues. Lever de la Lune et de Jupiter. Enfin quelques belles images de l'éruption volcanique à laquelle ils ont assisté.

- Didier Buty montre des photos prises au T 60 du Pic du Midi au cours de deux missions (fin juillet et décembre 86) pour comparer trois pellicules du commerce Agfa, Ekta, Fuji. Il a promis d'en rendre compte dans un article des Cahiers.

- Daniel Bardin, en l'absence de Marie-France Duval qui regrette de n'avoir pu venir à Orsay rend compte de l'activité CLEA à Marseille. Accueil des élèves à l'observatoire : 4 000 élèves en 85-86 dont 1300 au cours de séances pour l'observation de la comète ; 600 élèves au 1^{er} trimestre 86-87. Acquisition en novembre 86 d'un mini planétarium GOTO EX 3 en voie d'installation à l'observatoire ; une subvention est demandée pour acheter une coupole gonflable. Stages 1) accueil des élèves des collèges et des lycées pour une semaine 4 ou 5 fois par an ; 2) dans le cadre PAF deux stages d'une semaine par an ; 3) aide aux PAE scientifiques ; 4) école d'été du 23 au 30 août 87 au château de Montelon (coût 1650 F + voyage) - Un cours a lieu tous les mercredi après-midi pour les enseignants de math et de physique. Projet : un grand planétarium qui manque encore à Marseille. Mais par ailleurs, l'aide rectorale à ces actions a tendance à diminuer...

- Nicoletta Lanciano (Rome) nous montre des diapos illustrant le travail d'une semaine à la campagne pour petits et grands (de 7 à 70 ans) : bénéficie de l'isolement à la campagne, on dépose ses montres, le temps est seulement réglé par les phénomènes naturels. Prendre conscience de ce qu'est l'horizon, non pas la ligne idéale telle qu'on le figure dans les livres mais la ligne observée avec le dessin des collines environnantes ; repérer le lever du Soleil et de la Lune. Se représenter les ombres à trois dimensions. L'observation durant toute une nuit permet de repérer neuf constellations du zodiaque et de se représenter l'écliptique. Comme Nicoletta nous l'avait montré l'an dernier (cf CC n° 33 et 34), son souci est toujours de placer enfants et adultes dans une véritable situation de recherche.

La pause

===== - L'interruption du déjeuner permet aux participants de converser librement et de se restaurer grâce aux victuailles excellentement préparées principalement par Béatrice Sandré mais aussi par Nicole Toussaint et Catherine Vignon. Il faut aussi saluer toute l'équipe qui a préparé puis rangé le matériel, en particulier Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Alain Rivière. Merci également à Francette Delmas qui a tenu la caisse des repas et l'urne des votes.

Le compte rendu de l'assemblée ne peut donner, -sècheresse inévitable de l'écrit -, toute la saveur du climat amical de ces agapes. Le travail en commun pour la promotion de l'enseignement de l'astronomie favorise l'amitié entre participants : astronomie cordiale !

Les exposés de l'après-midi

===== - Daniel Toussaint (Reims) - Le CLEA a été présent aux journées de l'UdP à Reims en animant un atelier avec A-M.Louis, C.Piguet et P.Petitjean. Un starlab est en commande. Un stage PAF pour l'Aube a été proposé par E.Plé et D.T, accepté en théorie mais n'aura sans doute pas lieu faute de moyens financiers. Par contre les clubs dans les collèges de l'Aube se multiplient. D'autre part, le planétarium de C.Mathieu tourne dans les collèges.

- Jean Ripert (Toulon) rend compte, diapos à l'appui, de l'inauguration récente (le 23 janvier) de l'Observatoire du Pic des Fées de la SAHA (Société Astronomique Hyéroise d'Amateurs). Sur un terrain bien situé ont été installés une salle de réunion, une bibliothèque, une grande terrasse d'observation, des locaux techniques (labo photo), un coin pique-nique et surtout trois coupoles (n°1 Célestron 8 ; N°2 télescope 200, n°3 télescope 300). Les élèves de Quatrième de Brignoles ont été les premiers en octobre 86 à bénéficier d'une séance de planétarium starlab. Un magnifique équipement bien servi par une équipe dynamique.

- Jean-Marie Poncelet (Strasbourg) - L'équipe d'animation du planétarium de l'Observatoire de Strasbourg a organisé la deuxième école d'été du 6 au 13 juillet 86 au col de Steige ; elle a réuni une centaine de participants dont 70 stagiaires. Pour les enseignants, les frais de séjour et de voyage ont été pris en charge par le rectorat. Cours assurés par Agnès Acker et Jean-Paul Parisot, ateliers animés par ceux-ci ainsi que Christian Dumoulin, Gérard Jasniewicz et J-P.Poncelet. Observations le soir dans la mesure où le temps l'a permis

Activités du planétarium : "Le petit robot et les planètes" pour les petits, "Au clair de la Lune" pour les grands. A.Acker prépare pour le printemps un programme sur "le temps en astronomie" ; en parallèle sera projeté un montage audiovisuel par J-P.Rieb et J-M.Poncelet sur l'horloge astronomique de la cathédrale. Dans les sous-sols de la salle méridienne de l'observatoire, on aménage actuellement une immense salle d'animation scientifique qui présentera des panneaux didactiques (PAE, NASA...), des expériences interactives, etc. L'animateur est G.Jasniewicz thème d'ouverture en avril : le temps.

- Varanne (Orléans-Tours) Une semaine de classe verte a été organisée. Cadre PAF, trois jours complets pour les enseignants de physique. Cadre IREM, deux fois un jour à Montargis, deux fois deux jours en mars. L'AEAC poursuit la publication de son bulletin "Le point le Lagrange".

- Paul Badin (Angers) présente les publications des BT (Bibliothèque du Travail) éditées par l'ICEM (pédagogie Freinet). Il souhaite la collaboration des membres du CLEA soit pour la préparation de nouveaux BT d'astronomie soit pour l'expérimentation en classe des BT en préparation. S'adresser à Paul Badin, 6 quai Port Boulet, La Pointe Bouchemaine, 49000 Angers.

- Jean-Yves Marchal (Epinal) anime un club dans le cadre MJC d'Epinal. Il cherche des contacts avec les scolaires, se préoccupe de trouver des soutiens financiers pour les déplacements des scolaires. Il anime aussi une radio locale et envisage d'organiser un festival de l'image.

- Paul Simon Président de la Société Astronomique de France : pour commémorer le centenaire de la Société, celle-ci organise à Paris, du 20 au 24 juin 1987, un symposium sur la contribution scientifique des astronomes amateurs. Avec le concours de la British Astronomical Association, de la Société Belge d'Astronomie, de l'American Association of Variable Star Observers. Au programme : contribution des amateurs aux observations ou à la popularisation de l'astronomie.

- Frédéric Dahringer - Trois stages PAF d'un mercredi 16 h au samedi 12 h, en internat au centre nautique de Guerledon. Stages organisés sur le modèle des écoles d'été : initiation, se familiariser avec les instruments, observer. Le lycée Kerneuzec de Quimperlé a acheté un planétarium GOTO, deux télescopes (115 et 150) et cinq lunettes qui peuvent être prêtés à des établissements voisins (ce matériel va commencer à tourner en février dans les Côtes du Nord chez des Collègues ayant suivi le stage de décembre).

Autres activités régionales

===== Notes communiquées par des collègues présents le 25 janvier ou n'ayant pu assister à l'assemblée générale.

- Clermont-Ferrand - Jean Chapelle est animateur en astronomie à l'IRESPT de l'Université. Interventions dans les écoles, collèges et lycées avec un planétarium GOTO EX 3. Stage PAF. Quatre demi journées à l'école normale.

- Grenoble - Andrée Richelme a organisé deux stages PAF de cinq jours (initiation pour 25 stagiaires) de deux jours (pratique et utilisation du starlab). Le starlab circule dans les cinq départements de l'académie grâce au bénévolat car nous n'avons pu obtenir un demi-poste de professeur pour encadrer cette animation. La municipalité de Grenoble étudie le projet d'un grand planétarium ; il y a de l'espoir. En 87-88, deux stages PAF prévus et un stage CRDP de quatre jours pour enseignants de toutes disciplines.

- Le Mans - J.-P. Rosenstiehl et P. Le Fur ont organisé deux journées sur le thème "Espace et Astronomie" (cadre PAF) au Mans et ont touché une vingtaine de collègues. Trente personnes se sont inscrites pour un cours suivi tous les 15 jours le mardi dans le cadre Club d'astro de l'Université du Maine. Les mêmes animateurs se retrouvent à la MJC de La Flèche auprès d'une centaine de personnes toutes les trois semaines.

- Montpellier - Henri Reboul anime deux groupes (12 personnes chacun) du stage astro PAF à Montpellier et Béziers. Projet avec la MAFPEN pour l'an prochain. En dehors des enseignements de cosmologie et d'astrophysique en 2^{ème} et 3^{ème} cycle universitaires, nous avons diversifié notre action dans les options de DEUG A 2^{ème} année. Fonctionnent actuellement : une option "astrophysique" (70 inscrits), une option "Terre et Univers" (interdisciplinaire créée cette année en collaboration avec les géophysiciens (40 inscrits).

- Nice - Jeanine Chappellet nous envoie un bilan impressionnant des activités autour du planétarium du Collège Valéri : aide aux PAE, séances du planétarium, ateliers. Stages CPR (2 jours) pour animateurs de classes de neige, conférences, animation dans le Haut pays niçois. En particulier, le 12 juin 86 séance promenade autour du planétarium pour les membres du CLEA.

- Poitiers - le stage de mars 86 a réuni plus de 60 collègues. J. Gagnier et J. Vialle, à la demande de l'IPR de physique, ont évalué un projet de stéliarium. En 87, stage à La Rochelle.

- Toulouse - Jean-Pierre Brunet, empêché de venir le 25 janvier par une fâcheuse grippe, nous envoie un rapport éloquent sur le PSI (Planétarium Starlab Itinérant); son utilisation est remarquable dans l'académie, grâce en particulier aux documents d'accompagnement et aux séances d'animation organisée dans le cadre PAF du Centre Culturel Scientifique Technique et Industriel.

- Relations CLEA-APISP - L'APISP est une association qui regroupe des professeurs ayant en charge l'enseignement des sciences physiques dans les collèges. La collaboration entre CLEA et APISP s'est concrétisée récemment lors des journées nationales de l'association, les 4, 5 et 6 novembre 86 dans le cadre de la Cité des Sciences de La Villette. Plusieurs membres du CLEA ont animé un atelier d'astronomie qui a regroupé une cinquantaine de Collègues. D'autre part, Jean Heidmann a réglé l'ensemble des 250 participants aux journées avec une conférence sur le thème de la recherche de la vie extra-terrestre.

Pour tout renseignement : APISP Commission "Astronomie" 8 avenue Jules Isaac, 13100 Aix en Provence

Abonnés ! Lisez attentivement la dernière page de ce cahier, un message qui vous concerne.

Une année avec la comète de Halley en grande section de la Maternelle

NDLR - Notre collègue Jacqueline Cluzel enseigne à Clamart (Hauts de Seine) dans une "grande section" de Maternelle. Pendant toute une année scolaire, elle a centré les activités de ses élèves sur la comète de Halley. Des notes qu'elle a prises au cours de ce travail et qui montrent l'étendue et la variété des travaux inspirés par la comète, nous tirons de larges extraits. Comment ne pas admirer les capacités dont ses jeunes élèves ont su faire preuve ?

Origine et déroulement de l'expérience

OBJECTIFS - Vivre avec les enfants un événement de l'histoire cosmique de l'homme. La comète de Halley est une horloge, un trait d'union entre le passé et le futur, un symbole de retour et d'espérance. Avec les scientifiques, la presse, la télévision, nous faisons connaissance avec cette amie et l'Univers d'où elle vient...

POURQUOI ? C'est au mois de juin 1985 qu'en élaborant nos projets pour l'année scolaire à venir notre conseillère pédagogique a demandé si l'une d'entre nous serait intéressée par le retour de la comète de Halley. J'ai aussitôt accepté, probablement parce que j'en avais beaucoup entendu parler, par ma mère qui, l'avait vue lors de son passage de 1910. Elle faisait partie de mon patrimoine merveilleux et j'avais très envie de le faire partager avec mes enfants.

COMMENT ? Je m'étais procuré, aux "portes ouvertes" de l'Observatoire de Meudon, un poster de la comète photographiée et embellie de superbes couleurs. Je l'ai affiché dans la classe dès la rentrée. Pendant une semaine, aucune réaction. Puis Jérôme a demandé : "C'est quoi, ça, sur le tableau?" J'ai répondu en posant une autre question : "A votre avis, qu'est-ce que c'est ?"

- C'est la nuit ! C'est une étoile filante ! C'est dans le ciel ! C'est un arc-en-ciel ! C'est de la neige qui tombe !

C'était trop beau pour que l'on ne creuse pas tout de suite dans cette direction. J'ai vidé la bibliothèque de notre ville de tous les ouvrages d'astronomie. Au Palais de la Découverte, j'avais acheté des documents des posters, des cartes du ciel. Nous pouvions trouver des réponses à nos questions.

D'OU VIENT-ELLE ? Elle vient de très loin dans l'Univers. Un mot difficile qu'il faut expliquer. C'est le ciel et plus loin que le ciel, c'est le monde des étoiles du Soleil et de la Lune.

QUI EST-ELLE ? Les savants pensent, mais ils n'en sont pas certains (les enfants acceptent bien cette incertitude de l'adulte), que les étoiles étaient serrées les unes contre les autres, elles formaient un énorme nuage et puis il y a eu une explosion, le Big Bang qui a fait éclater les étoiles, elles se sont écartées. Des nuages de poussières et de gaz se sont mis à tourbillonner, le centre très chaud s'est condensé en étoiles, les parties plus légères se sont écartées et refroidies, elles sont devenues froides et glacées, ce sont des comètes.

LA COMETE DE HALLEY - Autrefois les comètes faisaient très peur, on ne savait pas d'où elles venaient ni ce qu'elles étaient. Nous consultons des documents : des épées, des têtes de sorcières... Mais un savant qui s'appelait Edmund Halley a observé cette comète et découvert qu'elle revenait tous les 76 ans. Il est mort avant de l'avoir revue. Pour le remercier de son travail, on a donné son nom à la comète.

LE CHEMIN DE LA COMETE - Les comètes ont un chemin dans l'Univers, toujours le même, elles reviennent toujours au même moment comme les anniversaires. Dans de nombreux documents nous avons trouvé le chemin de la comète à travers les constellations.

LES CONSTELLATIONS - Ce sont des groupes d'étoiles auxquels les anciens ont donné des noms. Sur la carte du ciel, nous regardons les constellations. Hémisphère nord, hémisphère sud, deux mots à expliquer ; la correspondance que nous aurons avec des amis de la Réunion nous aidera beaucoup. Nous essayons de reconnaître les constellations que nous pourrions voir dans le ciel étoilé. Nous fabriquons au fond de la classe un grand tableau avec le chemin de la comète qui traverse les constellations. Nous sommes au début de décembre et nous nous servons de ce tableau comme d'un calendrier géant en y plaçant une "étoile" (une garniture de sapin de Noël) pour figurer la comète. Ainsi, le 21 novembre, elle était entre le Triangle et la Baleine.

Nous en profitons pour faire, à notre façon, un peu d'astrologie. Dans le ciel, nous avons "nos" étoiles, ce sont les constellations du zodiaque. Presque tous les enfants connaissent leur constellation, nous allons apprendre leur forme dans le ciel. Nous fabriquons des tableaux avec nos constellations et sur chaque tableau nos prénoms ; il y a deux Capricornes, deux Béliers ; très rapidement, les enfants savent reconnaître leur constellation et celles des autres enfants. Quand nous fêtons les anniversaires, chaque enfant emporte un cahier en cadeau où ses amis ont dessiné sa constellation.

Nous avons utilisé deux livres : "Un zoo dans le ciel" et "Les légendes du Soleil, de la Lune et des étoiles".

LE SOLEIL EST UNE ETOILE - Une notion difficile : le Soleil, lumière du jour, est une étoile, lumière de la nuit. Pour l'expliquer, nous utilisons un projecteur. Quand on est loin, la lumière du projecteur est perçue comme un point lumineux, mais si nous nous approchons, la lumière nous aveugle, nous ne voyons plus rien autour de nous. Quand le Soleil est levé, les autres étoiles sont encore là mais nous ne les voyons plus.

Le Soleil est notre étoile mais c'est aussi l'étoile d'autres planètes.

LE SYSTEME PLANETAIRE - La Terre tourne autour du Soleil, d'autres planètes tournent aussi autour du Soleil. Nous apprenons leurs noms, leurs places, leurs tailles. Nous fabriquons une maquette du système solaire (voir plus loin le bricolage). Chaque planète suit son chemin qui a la forme d'un ovale appelé ellipse (nous apprenons à dessiner des ellipses avec une ficelle, voir bricolage).

LES SAISONS - L'hiver se termine, nous avons pu observer plusieurs transformations de la nature qui nous entoure, la fin de l'été, l'automne, l'hiver. Nous nous servons d'un globe lumineux pour figurer le Soleil, une boule de polystyrène traversée par un bâton pour figurer la Terre "inclinaison" sur le plan de son chemin. Alternativement les enfants sont le Soleil ou la Terre et nous observons en nous arrêtant à des moments précis pour expliquer la place de la lumière sur la boule-Terre. C'est difficile et nous avons recommencé plusieurs fois, changé les participants.

LA LUNE ET SES VISAGES - Là encore nous nous servons d'un projecteur. Cette fois la boule de polystyrène représente la Lune. Nous avons observé directement les formes de la Lune, inscrit les changements sur notre calendrier. Nous revenons à la boule éclairée pour comprendre les divers aspects. Finalement nous fabriquons un tableau des phases de la Lune. La Lune tourne autour de la Terre, c'est son satellite.

Ainsi avons-nous posé les notions fondamentales du langage astronomique. Ces notions sont difficiles, nous aiderons à leur compréhension par des réalisations concrètes, des activités manuelles, corporelles, musicales,...

Le Big Bang à la Maternelle

COMPRENDRE des situations dans lesquelles des objets sont groupés en tas serrés (des allumettes, des billes,..) puis faire "éclater" le tas. Avec des billes de grosseurs différentes, constater que plus les objets sont petits plus ils vont loin...

LES MOUVEMENTS - Les enfants savent tourbillonner, tourner très vite. Faire tourbillonner des rubans, faire tourner des toupies. Musiques de rondes. Un petit tas de peinture en poudre sur une feuille encollée ; nous soufflons avec un séchoir ; idée du tourbillon. Images de galaxies.

Bricolage et mathématiques

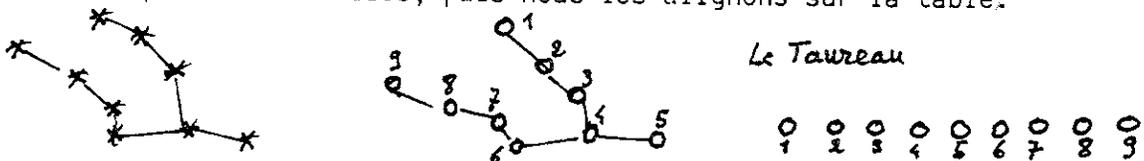
Le bricolage pose souvent des problèmes mathématiques qu'il faut absolument résoudre pour réaliser un projet.

REALISATION D'UN CIEL ÉTOILE - Nous avons envie de reproduire en relief la carte du ciel rapportée d'une visite au Palais de la Découverte. Les étoiles et leur multitude nous ont posé les premières le problème du nombre. Peut-on compter les étoiles ? Les enfants sont très partagés, elles sont loin, on ne les voit pas bien. Sur la carte, peut-on les compter ? Là encore la classe est divisée.

C'est le moment pour la maîtresse de savoir jusqu'où chaque enfant possède la comptine des nombres. Nous sommes en décembre, tous les enfants sauf deux savent compter jusqu'à dix, cinq enfant buttent sur onze, trois autres sur seize et continuent ensuite, cinq dépassent cinquante.

Les enfants qui comptent le plus loin sont sollicités pour dénombrer les étoiles sur la carte. Leur disposition éparpillée est un handicap : "Tu sais, Maîtresse, si elles étaient rangées, on y arriverait mieux".

Nous avons vu que la comète traversait les constellations qui sont formées d'étoiles brillante. Pouvons-nous les compter ? Le Taureau a neuf étoiles, le Lion aussi, le Sagittaire vingt, le Capricorne onze... Là encore nous constatons la difficulté de dénombrer les étoiles du fait qu'elles ne sont pas alignées. Pour nous aider, nous utilisons des pions que nous posons à la place des étoiles, puis nous les alignons sur la table !



Petit à petit nous nous habiturons à compter les étoiles sans utiliser les jetons mais en utilisant des points de repère mais certains enfants auront toujours recours aux pions.

LE SYSTEME SOLAIRE - Sur notre livre d'astronomie, nous avons regardé les planètes qui gravitent autour du Soleil. Elles sont neuf, elles n'ont pas toutes la même taille, elles sont à des distances différentes du Soleil. Elles se déplacent sur des chemins qu'on appelle leurs orbites et qui sont des ellipses.

Mais qu'est-ce qu'une ellipse ? "C'est un rond !" Nous vérifions avec un compas, ce n'est pas un cercle, c'est un ovale. Nous apprenons à tracer une ellipse en plantant deux clous sur une planche, nous les entourons d'une ficelle tendue par le crayon ; il y a un passage difficile lorsque la ficelle s'aligne avec les clous. Si nous changeons la distance entre les deux clous, que se passe-t-il ? Si on les rapproche, "l'ovale est plus rond", "si on les éloigne, l'ellipse est plus allongée."

Sur un grand carton rigide nous traçons neuf ellipses sur lesquelles nous figurons les planètes par des disques plus ou moins gros que nous colorions. Les enfants remplacent les disques par des boules de polystyrène plus ou moins grosses, la Terre en bleu, Mars en rouge, Mercure en brun... Les enfants s'amuse beaucoup avec ce système solaire. Ils commentent: "Mercure est la plus proche du Soleil, Pluton la plus éloignée", "la Terre est sur la troisième orbite, Mars sur la quatrième ... nous abordons la notion de nombre ordinal. "Tu vois, Maîtresse, on est bien, sur la Terre, ni trop loin ni trop près du Soleil, juste ce qu'il faut !"

Au Palais de la Découverte

PREMIERE VISITE - Les enfants admirent le bâtiment. Dans le grand escalier, on reconnaît les sondes spatiales puis on visite la section astronomie. Une maquette perfectionnée du système solaire, bien plus perfectionnée que celle que nous avons construite en classe, nous permet de revoir nos connaissances (à l'étonnement d'autres visiteurs plus âgés mais moins savants que mes élèves).

La maquette des saisons retient longuement notre attention ; un interrupteur nous permet d'arrêter le déroulement du cycle à divers moments de l'année ; les enfants retrouvent ce que nous avons vu en classe avec des moyens plus rudimentaires. On s'assied devant la grosse Lune éclairée par un projecteur et selon l'éclairage on reconnaît les phases.

De retour en classe, on réalise des dessins des planètes qui sont de plus en plus beaux, de plus en plus précis grâce à ce que nous avons vu.

SECONDE VISITE : le planétarium. Visite en famille cette fois, seize enfants et quatorze adultes. Les enfants retrouvent les constellations qu'ils reconnaissent bien. Ce qui les frappe : on voit les étoiles pâlir quand le Soleil se lève.

De retour en classe, on raconte ce qu'on a vu, on fait des dessins pour indiquer la course du Soleil en hiver et en été.

Echanges et rencontres

Nous entrons en correspondance avec les élèves de la classe des grands de l'école Herbine Lebert à Ste Clotilde de la Réunion. En particulier pour parler de la comète mais les échanges porteront sur tous les sujets. Echange de cadeaux ; nous recevons ananas, mangues, bananes mignonnes, coraux. Les enfants de Clamart échangent leurs photos avec leurs amis de la Réunion. Malheureusement, il y a eu un cyclone en Réunion lors du premier passage de la comète ; ils ne peuvent l'observer qu'à son deuxième passage.

Autre rencontre, cette fois avec les grands d'un Cours Moyen de Clamart qui travaillent aussi sur la comète. Les petits expliquent aux grands ce qu'ils ont réalisé

La rencontre de la sonde Giotto avec la comète ayant donné lieu à une émission trop tardive pour les enfants à la télévision, une maman l'a enregistrée ; la classe peut ainsi revivre cet événement ; grand soulagement, la sonde Giotto n'a pas explosé !

Un chercheur du CNRS, retour de Madagascar, nous rend visite et raconte ce qu'il a vu. En particulier un soir, les astronomes ont observé la comète et il n'y avait pas de queue. Grosse déception des enfants. Est-ce un crocodile qui l'a mangée ? Pour l'expliquer, voici Estelle qui est coiffée avec une "queue de cheval"; de profil, on voit bien sa queue de cheval, de face on ne la voit plus. La visite de l'astronome a enthousiasmé les enfants, tous l'embrassent quand il part.

L'art et la comète

ETUDE D'OEUVRES D'ART - La tapisserie de Bayeux et le passage de la comète de 1066 ; les enfants s'intéressent au décor général et notent la représentation de la queue de la comète "en rateau". Sur la nativité de Giotto, ils prennent les chameaux pour des Chevaux ; "la comète ressemble plus à la nôtre que celle du roi anglais".

UN CIEL DE GATEAUX - Chaque jeudi, il y a un atelier cuisine. Avec de la pâte sablée, les enfants découpent la Lune, la comète, le Soleil, des enfants en ribambelle, des étoiles.

DES POEMES - Je lis des textes de Prévert, de Desnos, de Maupassant, d'Aragon, l'hymne au Soleil du pharaon Akhenaton. Puis nous cherchons des rimes pour écrire un poème :



"Comète arc en ciel
Tu glisses dans le ciel
Tu viens du berceau des étoiles
Avec ton écharpe de voile
Belle princesse du mystère
Es-tu née avant notre Terre
Dans ta course as-tu vu
Des planètes inconnues ?"

Un poème pour Maman :

Petite comète où est ta maman
L'as-tu perdue dans la nuit brune
Fait-elle la lessive sur la Lune
Ou le ménage au firmament ?
Moi, je sais bien où est la mienne
Quand elle n'est pas dans la maison
Elle est dans mon coeur tout au fond
Près d'une fleur de marjolaine."

Nous avons également fait une chanson sur l'air de Cadet Rousselle avec le refrain :

Ah Ah oui vraiment
Notre comète est belle enfant !
Son noyau est en chocolat
Sa queue est en barbabapa
On a envie de la manger
comme un gros esquimau glacé
Quand elle rencontrera la Terre
Elle n'éclat'ra pas dans les airs
Elle aura salué les planètes
C'est avec nous qu'elle f'ra la fête

Giotto l'a bien photographiée
En plus il n'a pas explosé
En passant derrière le Soleil
Elle a deux queues c'est une merveille!
Halley a dit qu'elle revenait
Tous les 76 ans s'il vous plait
Quand elle reviendra voir la Terre
Nous serons grands pères et grands mères

Quelques réflexions faites par les enfants ou leur famille

Si les enfants ont accepté facilement que le Soleil est une étoile, il n'en a pas été de même pour les familles. Je cite une maman : "Jean me soutient que le Soleil est une étoile. Il est si têtu que j'ai failli lui donner une fessée. En plus il prétend que c'est vous qui l'avez dit en classe."

En classe j'avais dit mon affection toute particulière pour Aldébaran. A la maison, Christophe dessine la constellation du Taureau, il ne se souvient plus du nom de l'étoile, il demande à sa maman qui cherche dans ses souvenirs, elle dit "c'est peut-être Jupiter" ; consternation de Christophe "comme si Jupiter était une étoile !"

A propos du temps ; j'explique : quand la comète reviendra vous serez des grands pères et des grands mères. Ils acceptent avec des rires puis la sentence tombe comme un couperet "Et puis toi, tu seras morte".

Jacqueline Cluzel

LES SYSTEMES DE RAIES D'ABSORPTION DES QUASARS (suite)

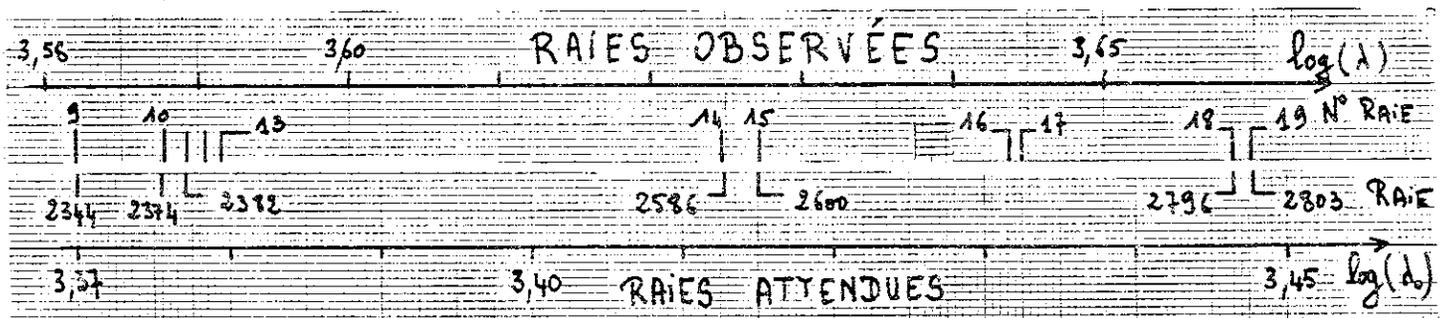
L'identification des raies détectées dans le spectre de Q1209+107 (voir précédent N°) est la suivante:

- raies en émission: il s'agit dans l'ordre de H (1215), N⁴⁺ (1240), Si³⁺ (1399) et C³⁺ (1549)

- raies en absorption: les 8 premières ne peuvent être regroupées et appartiennent donc à des systèmes différents; pour les autres, les auteurs donnent:

N°	Identification	Z _a	N°	Identification	Z _a
9	Fe ⁺ (2344)	0,6295	15	Fe ⁺ (2600)	0,6295
10	Fe ⁺ (2374)	0,6297	16	C ³⁺ (1548)	1,8434
11	Fe ⁺ (2382)	0,6302	17	C ³⁺ (1550)	1,8433
12	Mg ⁺ (2796)	0,3930	18	Mg ⁺ (2796)	0,6293
13	Mg ⁺ (2803)	0,3929	19	Mg ⁺ (2803)	0,6294
14	Fe ⁺ (2586)	0,6295			

On obtient ces résultats facilement en recherchant systématiquement les doublets de C³⁺ et Mg⁺ par exemple. Une autre façon d'opérer consiste à porter sur une échelle logarithmique les longueurs d'onde mesurées d'une part et attendues (sans décalage) d'autre part; en faisant glisser ces deux échelles l'une sur l'autre, on recherche la position relative qui donne simultanément plusieurs coïncidences (la multiplication par (1+Z) se traduisant alors, graphiquement, par une translation de log(1+Z)). Le schéma ci-dessous reproduit la position correspondant au système à Z_a=0,629 (raies 9,10,11,14,15,18 et 19).



Cette méthode est bien appropriée à la recherche de systèmes ne présentant pas, dans le domaine spectral observé, de doublet aisément identifiable.

DISTRIBUTION DES DECALAGES ET NATURE DES OBJETS INTERPOSES.

Une fois le problème de la reconnaissance des systèmes de raies résolu, la principale question qui se pose concerne la nature des objets responsables des raies d'absorption? S'agit-il de nuages de gaz éjectés par le quasar, de galaxies ou de nuages intergalactiques intersectés par la ligne de visée ?

Avant de présenter les éléments de réponse apportés jusqu'à maintenant, une première constatation s'impose lorsqu'on examine l'ensemble des données disponibles actuellement (relatives à environ 50 QSOs): les systèmes qui apparaissent dans le spectre d'un quasar donné ont toujours un décalage inférieur ou égal à son décalage d'émission. Cela indique très clairement que le redshift croît de façon monotone avec la distance car des objets situés au delà du quasar ne sauraient modifier le spectre de la lumière perçue de la part de celui-ci. L'interprétation cosmologique du redshift (expansion de l'univers) trouve donc là un argument supplémentaire en sa faveur.

La distribution statistique observée pour les redshifts d'absorption a été analysée en détail: elle s'avère compatible avec ce qu'on attendrait de la part d'objets répartis au hasard dans l'espace. On note toutefois une tendance à trouver plusieurs systèmes groupés avec des écarts ΔZ impliquant des vitesses relatives ΔV inférieures à 2000 Km/s ($\Delta V = c \Delta Z / (1+Z)$ pour de faibles ΔZ). Ceci n'est pas sans rappeler la distribution des galaxies fréquemment associées en amas dont la dispersion de vitesse interne est précisément de l'ordre de grandeur mentionné. Quantitativement, dans l'intervalle $1 < Z < 2$ par exemple, on dénombre en moyenne 2 doublets 1548-1551 Å de C^{3+} . On peut alors se demander, en admettant que les galaxies soient effectivement responsables de la formation des raies, combien de systèmes sont attendus en moyenne dans un domaine de redshift donné. Ce nombre est directement proportionnel au produit $n \cdot S$ ou n désigne le nombre de galaxies par unité de volume et S la surface projetée de celles-ci. n et S peuvent être estimés en observant les galaxies proches: dans notre environnement "proche" n est de l'ordre de $0,01 \text{ Mpc}^{-3}$ et la valeur de S correspond approximativement à la surface d'un disque de rayon 15 kpc. A un redshift Z quelconque, l'utilisation d'un modèle cosmologique permet d'extrapoler pour obtenir $n(Z)$ à partir de $n(Z=0)$; pour ce qui est de S , on peut admettre que les dimensions sont indépendantes du temps donc de Z (mais c'est une hypothèse discutable, comme nous le verrons plus loin). Le résultat obtenu est le suivant: le nombre de doublets C^{3+} observés est de 10 à 20 fois supérieur à ce que l'estimation précédente laisserait attendre. Toutefois, nous avons admis que les limites de visibilité optique des galaxies coïncident avec celles des régions occupées par le gaz ionisé qui produit les raies d'absorption. Cela n'est en rien évident car la lumière enregistrée sur les plaques est celle des étoiles; la matière qui nous intéresse ne se manifeste quant à elle, par aucune émission perceptible. Pour l'hydrogène atomique par exemple, on sait à partir des observations de la raie à 21cm, que l'extension du gaz est nettement supérieure à celle des étoiles dans les galaxies spirales. Les elliptiques, en revanche, s'avèrent en moyenne très pauvres en gaz. Aussi est-il difficile d'apprécier si le désaccord constaté suffit à remettre en question l'idée selon laquelle les objets absorbants sont bien des

galaxies. Si en fin de compte il s'avérait que cette hypothèse est valable cela signifierait que les galaxies sont en général entourées de halos gazeux dont le diamètre est environ 4 fois plus grand que le diamètre optique; pour l'instant, aucune indication n'a été trouvée permettant d'affirmer qu'il en est ainsi dans les galaxies proches.

L'importance du désaccord mentionné doit encore être relativisée car il dépend en fait des raies choisies pour détecter et dénombrer les systèmes. La plupart des raies identifiées ne sont pas très au delà des limites de détection et on conçoit que le choix d'une transition particulière influe (via l'abondance de l'élément concerné, la force de cette transition, l'état d'ionisation de la matière...) sur les résultats statistiques finalement obtenus. Ainsi, pour les systèmes présentant le doublet 2796-2803 Å de Mg^+ , le nombre observé vaut 4 fois la valeur attendue ce qui correspond à des dimensions seulement deux fois supérieures à celles optiques.

Il faut également souligner le fait que des résultats obtenus à partir de raies différentes ne se rapportent, en général, pas au même domaine de redshift. En effet, le domaine spectral accessible au sol est sévèrement limité d'une part à 3100 Å par l'atmosphère qui absorbe très efficacement l'ultraviolet et d'autre part vers 6500 Å par la sensibilité des détecteurs qui décroît rapidement au delà. Dès lors, une raie donnée de longueur d'onde λ_0 ne permet d'échantillonner qu'un domaine relativement étroit ($(3100/\lambda_0)-1 < Z < (6500/\lambda_0)-1$). Par exemple, pour les deux doublets les plus communément utilisés de C^{3+} et Mg^+ les intervalles correspondants sont $1,0 < Z < 3,2$ et $0,11 < Z < 1,32$. Nous avons déjà mentionné quelques raisons permettant de comprendre la différence constatée entre les nombres de doublets Mg^+ et C^{3+} . Néanmoins, cet écart pourrait aussi être dû en partie à ce que les premiers systèmes correspondent à des galaxies plus proches de nous et donc vues à un âge plus avancé. Si une telle évolution cosmologique (variation systématique avec Z) de la taille des halos gazeux était effectivement présente la contradiction ne serait plus alors qu'apparente. Il resterait alors à expliquer pourquoi à $Z \approx 0,7$ (décalage moyen pour les doublets Mg^+ observés) et à $Z \approx 2$ (pour C^{3+}) l'extension du gaz ionisé est respectivement 2 et 4 fois celle des étoiles.

Pour mieux comprendre la nature des objets absorbants il est nécessaire d'obtenir davantage d'informations sur des systèmes de faible redshift ($Z \approx 0,5$)-domaine dans lequel, n et S étant déterminés de façon directe, il est facile de comparer le nombre de systèmes observé avec celui attendu de la part des galaxies. C'est avec les systèmes identifiés par leur doublet C^{3+} - de loin les plus fréquemment rencontrés- que cet objectif peut être atteint le plus aisément en observant le spectre de quelques dizaines de QSOs entre 1550 et 2500 Å. Un tel programme nécessite l'emploi d'un observatoire hors atmosphère fonctionnant dans

l'UV; sa réalisation par le télescope spatial (en principe mis en orbite dans les années à venir par la navette) est déjà prévue. On pourrait penser que pour dénombrer les systèmes proches il est plus simple de rechercher des raies visibles telles celles du doublet $3934-3969\text{Å}$ de Ca^+ plutôt que des raies ultraviolettes; il n'en est rien car cette espèce est trop peu abondante pour être détectée même lorsque les raies de Mg^+ ou C^{3+} sont fortes.

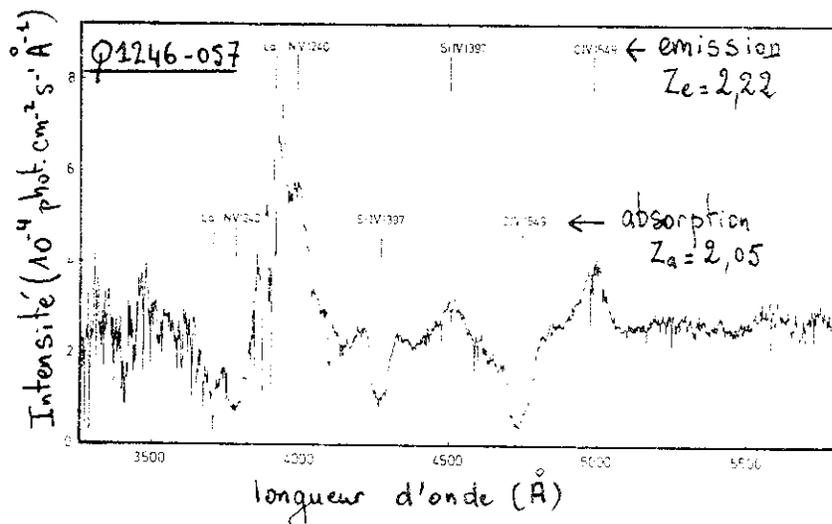
LES SYSTEMES DE FAIBLE DECALAGE: VOIR LA GALAXIE INTERPOSEE.

Un autre moyen permettant de préciser l'origine des systèmes consiste à étudier en détail des cas précis bien choisis pour rechercher directement la galaxie contenant le gaz où se forment les raies. Pour que ce test soit concluant il faut que a) l'image obtenue révèle la présence d'une galaxie, très proche de la ligne de visée du quasar (distance projetée inférieure à 50 - 60 kpc), b) que le redshift de cette galaxie (déterminé à partir de ses raies d'émission) coïncide avec celui du système d'absorption. Ces objectifs ne sont accessibles que pour des systèmes de faible décalage, c'est à dire identifiés par leur doublet Mg^+ . Au delà, des galaxies normales deviendraient indétectables. De plus, lorsque Z augmente, les objets absorbants potentiels deviennent de plus en plus difficile à séparer de l'image du quasar car, à distance projetée constante, l'écart angulaire décroît. Pour fixer les idées, précisons que la turbulence atmosphérique impose une limite inférieure de quelques secondes d'arc pour la taille des images et que 10kpc vus à $Z=0,25$ correspondent environ à $3''$. Plusieurs essais de ce type ont été entrepris et jusqu'à maintenant deux cas concluants ont pu être mis en évidence. L'entrée en service du télescope spatial devrait également permettre un progrès considérable de ces observations; avec ses 2m de diamètre, il fournira des images, non dégradées par l'atmosphère, d'une grande finesse (résolution de quelques $0,01''$), ce qui permettra un examen détaillé de l'environnement immédiat du quasar. De plus, comme on l'a vu précédemment, le spectroscopie du télescope spatial devrait permettre d'identifier de nombreux systèmes faiblement décalés et apportera ainsi de nouveaux candidats (rares à l'heure actuelle) pour ce genre d'étude.

L'HYPOTHESE D'UNE ORIGINE INTRINSEQUE DES SYSTEMES.

Une autre façon d'expliquer la présence des raies d'absorption réside dans l'existence de nuages de gaz éjectés par le quasar le long de la ligne de visée et dans la direction de l'observateur. Cette hypothèse, qu'on peut qualifier d'intrinsèque puisqu'elle met en jeu de la matière associée au quasar lui même, a connu une grande faveur lorsque les premiers systèmes de raies furent découverts. Aujourd'hui, elle a été largement abandonnée, du moins en ce qui concerne la majorité des systèmes de raies étroites. Les raisons de ce retournement sont

multiples. D'abord, lorsque les décalages d'absorption, Z_a , et d'émission, Z_e , sont très différents, la vitesse d'éjection nécessaire est très grande (voisine de c); il paraît alors impossible de concilier un mouvement d'ensemble quasi-relativiste avec une dispersion de vitesse interne, déduite de la largeur des raies, aussi faible que 10 à 20 Km/s. De plus, on voit mal comment le mécanisme d'éjection pourrait reproduire la distribution uniforme observée pour la vitesse relative des nuages par rapport aux QSOs; il semble plutôt qu'un tel phénomène devrait se traduire par une déficience de systèmes associés à de grandes vitesses d'éjection ou par l'existence d'une valeur typique. Enfin, les conditions physiques au sein du gaz telles qu'elles peuvent être déduites de l'analyse des raies, apparaissent assez voisines de celles régnant autour de notre propre galaxie; il est hautement improbable qu'un évènement aussi énergétique que l'éjection à quelques $0,1c$ n'ait pas laissé de traces spécifiques (présence d'éléments très fortement ionisés par exemple...). Ainsi, malgré certaines difficultés, l'hypothèse d'une origine galactique des raies reste pour l'instant la plus vraisemblable. Elle présente l'avantage d'être la plus naturelle, de conduire à un ordre de grandeur grossièrement correct pour le nombre de systèmes et de bien rendre compte de la distribution des redshifts observés. Ceci étant, il reste possible que certains systèmes à $Z_a \approx Z_e$ soient dus à des nuages éjectés par le QSO car les vitesses requises sont alors beaucoup plus réalistes. Il existe du reste une classe de systèmes dont nous n'avons pas parlé jusqu'à maintenant - dits à raies d'absorption larges (plusieurs fois 100Å typiquement)- et toujours observés à Z_a proche de Z_e pour laquelle l'interprétation intrinsèque est très probablement correcte. Le spectre d'un quasar présentant un système de ce type est représenté dans la figure ci-dessous.



LES SYSTEMES SANS RAIES DE METAUX: DES GALAXIES AVORTEES ?

Revenons maintenant aux raies qui n'ont pu être identifiées dans le spectre de Q1331+170 et 1229+107. Il est remarquable que toutes soient situées à

une longueur d'onde inférieure ou égale à celle de la raie Ly α en émission; la même constatation est d'ailleurs faite pour la grande majorité des quasars. D'où l'idée qu'il s'agit simplement de raies Ly α (1215 \AA) sans raies d'éléments métalliques associées (en astrophysique, tout élément autre que H ou He est dit métallique). Cette interprétation est également fondée sur le fait qu'on peut parfois trouver, associées aux plus fortes d'entre elles et au même redshift, d'autres raies de l'hydrogène appartenant à la série de Lyman, Ly β à 1025 \AA et Ly γ à 972 \AA . Les raies Ly α "seules" (on parle alors de "systèmes Ly α ") sont très nombreuses (au point qu'on désigne par "forêt Ly α " la région du spectre où elles apparaissent) et vraisemblablement formées dans des objets intergalactiques distribués au hasard dans l'espace. Ces nuages ne contiennent pas (ou très peu) d'éléments lourds (C, N, O, Si...); ils pourraient correspondre à des entités trop peu massives pour avoir donné naissance, au début de l'évolution de l'univers, à des galaxies normales formant des étoiles et par suite synthétisant les éléments métalliques habituellement rencontrés. L'observation au sol ne permet la mise en évidence que des systèmes Ly α de grand redshift ($Z > (3100/1215-1)$ soit $Z > 1,6$). Y a-t-il de tels nuages dans notre voisinage ? Encore une question qui nécessite l'obtention de spectres dans l'UV et à laquelle le télescope spatial pourra apporter une réponse.

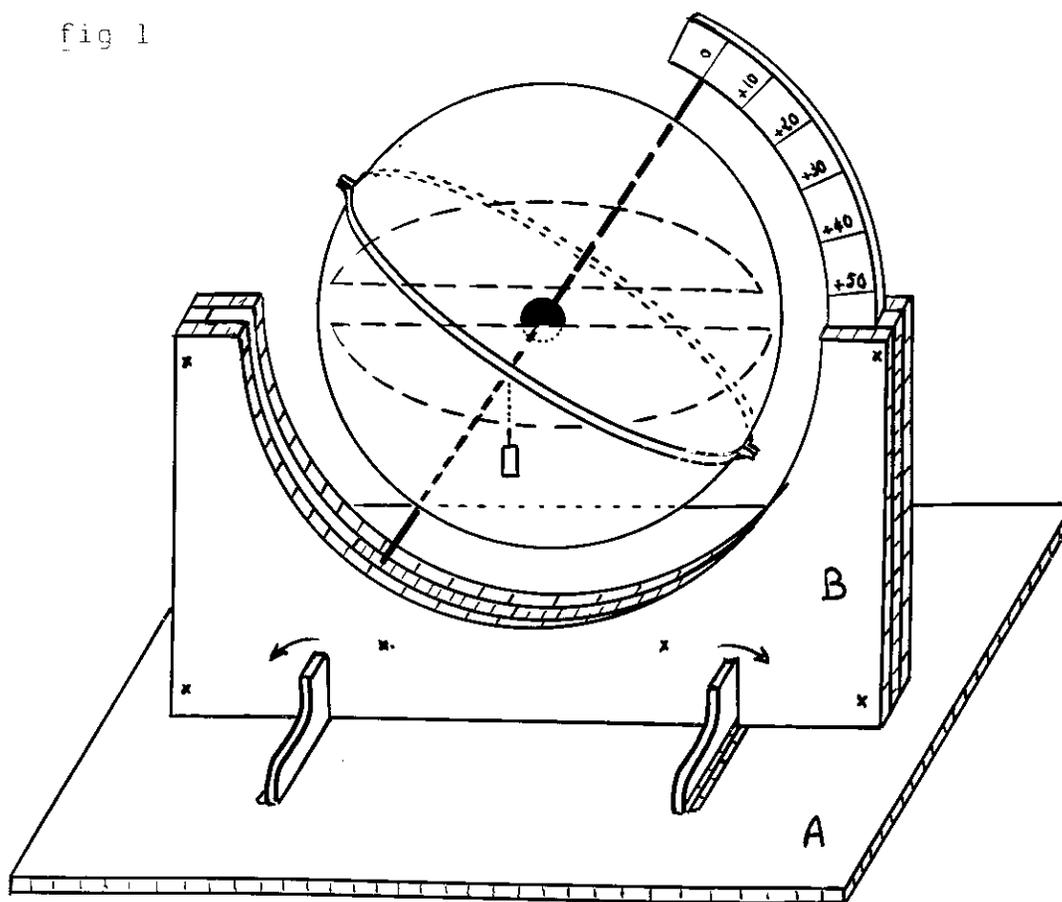
Comme on le voit, l'étude des systèmes de raies d'absorption est un domaine riche d'avenir. Cela tient en partie au principe même de l'observation: la possibilité de détecter un système est limitée uniquement par la magnitude apparente du quasar servant de sonde et non par la distance nous séparant du nuage absorbant. Si comme on peut l'espérer, de nouveaux QSOs de très grand redshift ($Z > 4$) sont bientôt découverts, il sera possible par l'analyse de leur spectre de préciser certaines propriétés des galaxies interposées sur la ligne de visée; de telles distances correspondent à une époque reculée de l'histoire de l'univers et on peut s'attendre à ce que des effets évolutifs très intéressants se manifestent (moindre abondance des éléments lourds, état d'ionisation plus élevé lié à un champ de rayonnement plus intense...). Par ailleurs, lorsque certains nuages responsables des systèmes Ly α auront pu être étudiés plus en détail, il sera très important de voir dans quelle mesure les théories actuelles décrivant l'évolution de l'univers à ses débuts (fragmentation de la matière primitive, formation des galaxies, des amas...) sont capables de rendre compte de l'existence et des propriétés de ces objets énigmatiques.

PATRICK BOISSÉ

SPHERE CELESTE

A l'issue de la dernière Université d'Eté, nombreux étaient ceux qui souhaitaient avoir un plan de la sphère céleste. Par rapport à celle présentée par Claude Piguet dans le compte rendu Formiguères 85, quelques modifications ont été apportées. La principale est que le support est pliable, et que la sphère et l'horizon peuvent être démontés. Cela est un avantage pour la sphère du CLEA qui est voyageuse par vocation, mais n'est pas nécessaire pour une sphère construite dans un établissement scolaire. Ce qui suit donne les dimensions, les épaisseurs du bois, les modes de fixation, mais tout peut être adapté au goût de chacun(e).

fig 1



A/ LE SUPPORT.

Il est réalisé en contreplaqué de 19mm. La partie A (100cmx50cm) porte quatre équerres qui une fois rabattues (charnière à piano) permettent de placer les parties A et B l'une sur l'autre.

La partie B est constituée de 2 plaques I et II identiques (fig 2) servant de flasques pour maintenir la 3^{ème} plaque III (fig 3).

Le berceau IV qui maintient l'axe de la sphère doit être tiré dans le même morceau de bois que III (fig 3).

Ces trois plaques sont maintenues ensemble par 6 vis en laiton avec écrou à oreille.

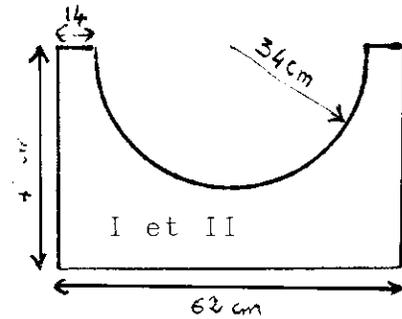


fig 2

Afin de permettre un bon glissement, une plaque de carton de 1mm a été placée entre I et III. Sur la partie courbe de III a été collée une bande de feutrine et sur la partie extérieure du berceau du scotch pour faciliter le glissement.

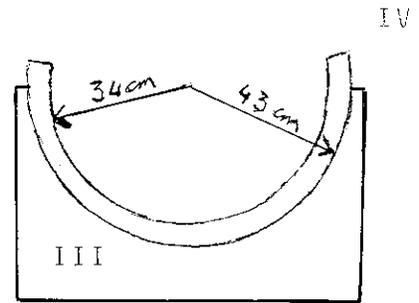


fig 3

Pour éviter de rayer le berceau sur lequel sont gravées les latitudes (fig 4) de la feutrine a été collée sur les parties I et II en contact avec le berceau.

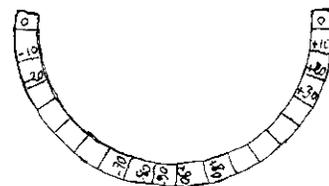


fig 4

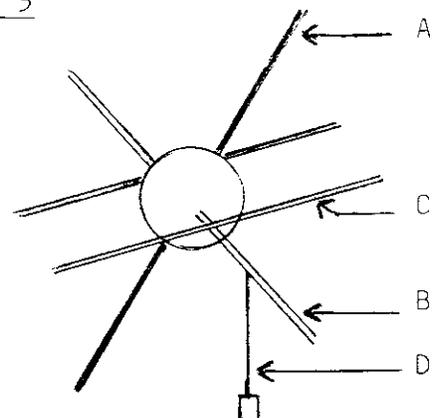
Remarques:-tracer les latitudes sur le berceau avant de le découper
-noter les graduations au feutre noir, toutes les parties en bois seront vernissées.

B/ L'HORIZON.

La Terre sera représentée par une boule de bois sur laquelle seront peints les continents (les peindre de façon à ce que l'axe A de la sphère passe par le méridien de Greenwich).

La boule de bois de diamètre 5 à 7 cm sera percée de 2 axes perpendiculaires dans l'un passera l'axe de la sphère: tige de laiton A de diamètre 8mm; dans l'autre, l'axe de l'horizon: tige de laiton de 5mm de diamètre. Cette tige qui traverse la boule de bois et l'axe A de la sphère, doit tourner facilement. Sur cette tige sont fixées les tiges C et D (4mm). D supporte le contre poids qui peut

fig 5



être un gland de rideaux (fig 5). C et D peuvent être soudées sur B.

Sur la fig 6 on voit la réalisation faite pour la sphère-CLÉA. E est un petit cylindre horizontal de $\varnothing=8\text{mm}$ et percé à 5,5mm qui permet de centrer l'horizon.

F est un cylindre (vertical) de $\varnothing=8\text{mm}$ portant une vis de serrage et sur lequel a été soudée la tige C.

G est un cylindre (vertical de $\varnothing=8\text{mm}$ avec vis de serrage et qui porte la tige D support du contrepois.

Remarque: la tige C est dans le même plan horizontal que la vis de serrage de G.

L'horizon sera matérialisé par deux plaques de carton ($e=0,5\text{mm}$) posées sur C et G, maintenues par du scotch et sur lesquelles on notera: N, S, E, W. (fig 7).

Fixation de l'axe A de la sphère dans le berceau.

D'un côté l'axe A a été taillé en pointe et repose dans la partie supérieure d'un gland de rideau encastré dans le berceau (fig 8).

De l'autre côté, il est maintenu dans l'extrémité en U d'une tige H qui traverse le berceau de part en part à la graduation zéro.

Remarques: - la rainure J doit être dans le même plan que la tige B (trou de $\varnothing=5,5\text{mm}$) fig 9. Ceci permet à l'axe A d'être mieux supporté dans le U.

- un petit clou passant à travers les pièces A et H assure la sécurité.

fig 9

fig 6

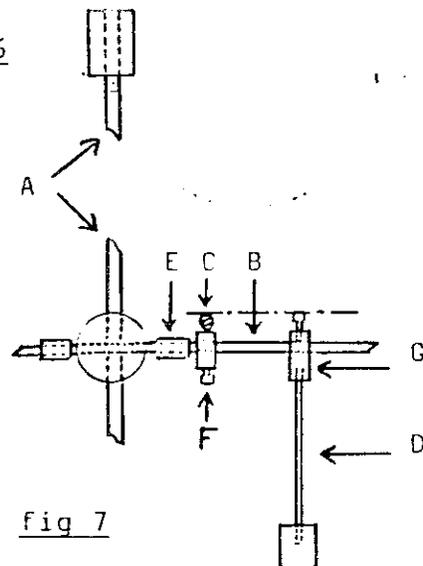


fig 7

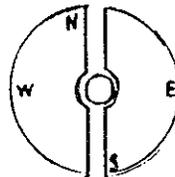
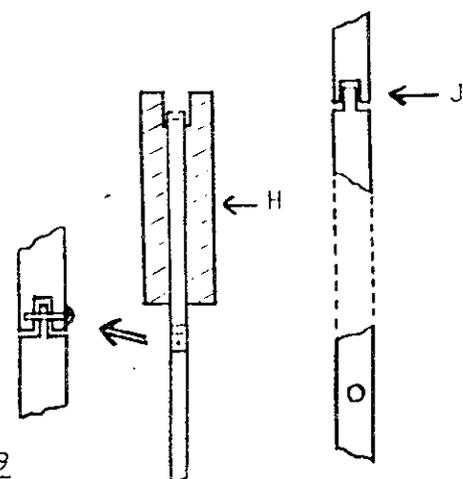
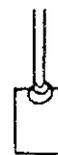


fig 8



C/ LA SPHERE.

Elle est constituée de deux hémisphères de plexiglas achetés chez Retif voir les CAHIERS CLAIRAUT n°33.

1/ Repérer le sommet de chaque hémisphère et percer un trou de $\varnothing=10\text{mm}$

2/ Maintenir les hémisphères ensemble à l'aide de 4 vis de 3mm.

3/ Fixation de la sphère sur l'axe A: les deux trous percés aux sommets des hémisphères sont renforcés à l'aide d'une pièce (1) tournée dans un rondin de plexiglas de $\varnothing=25\text{mm}$ (fig 10) qui sera collée sur l'hémisphère.

La sphère sera maintenue par deux cylindres (2) portant un filetage avec vis de serrage.

Remarque: le plexiglas se taraude et se tourne facilement.

4/ Tracé des lignes d'égale déclinaison:

La sphère parfaitement centrée sur son axe (l'horizon n'est pas nécessaire) est fixée au berceau. Placer le berceau horizontalement entre 2 tables et à l'aide d'une pointe sèche maintenue sur les graduations des latitudes

fig 10

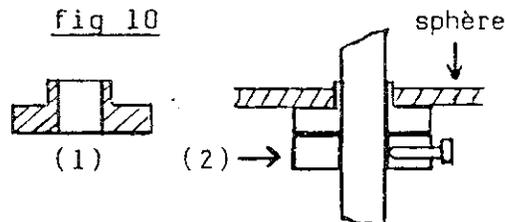
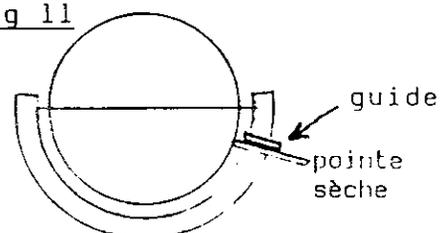
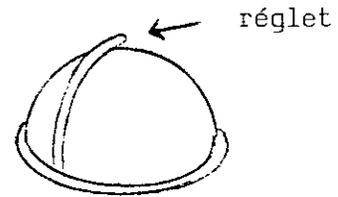


fig 11



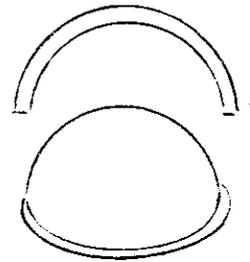
raier le plexiglas en faisant tourner la sphère (fig 11).

- 5/ Tracé des lignes d'égale ascension droite:
Découper l'équateur (bourrelet de fixation)
en 24 parties égales (bien les noter en vis
à vis sur les deux hémisphères).



A l'aide d'un réglet joindre chaque repère
au centre du trou et rayer avec une pointe
sèche.

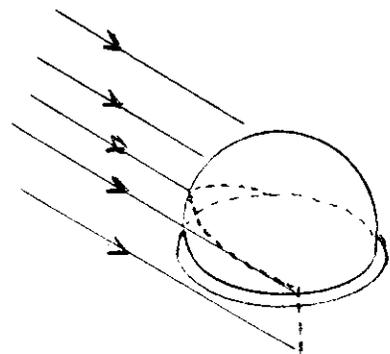
Il est également possible de faire ce tracé
à l'aide d'un anneau de bois de même dia-
mètre que la sphère.



- 6/ Tracé de l'écliptique:

* à l'aide d'un compas tracer un cercle
de $\phi = \phi$ intérieur de la sphère et dont
le centre sera situé à $\alpha = 18^h$ et $\delta = 67^\circ$
($90^\circ - 23^\circ$), pour l'hémisphère Nord et
 $\alpha = 6^h$ $\delta = -67^\circ$ pour le Sud.

*ou bien envoyer un fin faisceau de lu-
mière (diapo fente réalisée avec une la-
me de rasoir) sur la sphère et relever
sa trace. Ce faisceau doit passer par le
point de coordonnées $\delta = 23^\circ$ $\alpha = 6^h$ et éga-
lement par les points 0h et 6h sur l'équateur. Pour l'hémisphère
Sud il doit passer par $\delta = -23^\circ$ $\alpha = 18^h$.



- 7/ Reporter les étoiles à l'intérieur de la sphère avec de la peinture blanche en
tenant compte de leur magnitude. Joindre par des traits.
Remarques: les couleurs des différents feutres finissent par disparaître à la lu-
mière solaire.

- 8/ Les valeurs des déclinaisons ont été reportées à l'extérieur de la sphère et
placées sur chaque hémisphère de telle sorte qu'elles soient lues à l'endroit
quand le pôle (Nord ou Sud) est en haut.
Celles des ascensions droites ont été placées à l'intérieur du bourrelet de fixa-
tion, sur le rebord de "l'hémisphère Sud" de manière à être lues à l'endroit (elles
sont protégées par du scotch afin d'éviter l'arrachement lors de la fixation des
deux hémisphères).
Des gommettes numérotées positionnent le Soleil sur l'écliptique suivant le mois.
Les valeurs des latitudes sont inscrites sur le berceau et leur lecture se fait au
ras du support.

BON COURAGE,

Jean RIPERT.

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE
UN NUAGE INTERGALACTIQUE PRIMORDIAL ?

La matière connue de l'Univers est répartie essentiellement dans les galaxies (sous forme d'étoiles, de poussières et de gaz). Dans les amas de galaxies, une composante importante est présente entre les galaxies sous forme de gaz chaud appelé "gaz intramas". Dans les petits groupes de galaxies des ponts de gaz entre galaxies voisines et des extensions sont assez fréquents ; ils s'expliquent par des effets de marée mettant en jeu le gaz des galaxies elles-mêmes. Les recherches de gaz intergalactique sous forme de nuages réellement isolés des galaxies, à partir de mesures en raie 21 cm pour détecter l'hydrogène neutre (HI), ont fourni des limites supérieures (densité inférieure à $0,03 \text{ Mpc}^{-3}$ pour des nuages de masse HI supérieure à $10^8 M_{\odot}$).

En 1983, un vaste nuage d'hydrogène neutre isolé a été découvert par hasard, dans le groupe de galaxies du Lion, au cours d'observations en raie 21 cm avec une résolution spatiale angulaire de $4'$ (radiotélescope d'Arecibo). La vitesse radiale observée pour le nuage ($\approx 1000 \text{ km/s}$), en bon accord avec celle des galaxies du groupe confirme bien l'appartenance du nuage au groupe; la masse d'HI observée est de $10^9 M_{\odot}$ (pour une distance de 10 Mpc).

Des observations ultérieures et récemment une étude à haute résolution ($45''$), réalisée avec le "Very Large Array" (Nouveau Mexique) ont permis de préciser la structure détaillée de ce nuage et sa cinématique. L'hydrogène neutre apparaît en orbite le long d'un anneau de diamètre de 200 kpc ($1 \text{ kpc} = 10^3 \text{ parsecs}$) autour de deux des galaxies du groupe (M 105 et NGC 3384) avec des vitesses radiales correspondant à une période orbitale d'au moins 4 milliards d'années. Environ la moitié de la masse d'HI est localisée dans des condensations distinctes ayant une masse $\approx 2 \times 10^7 M_{\odot}$ et dont la densité est typique de celle du milieu interstellaire alors que le reste du gaz plus diffus remplit l'espace entre ces condensations. Celles-ci ont des masses et des dimensions analogues à celles des petites galaxies naines, mais aucune contrepartie d'émission lumineuse d'origine stellaire n'a pu être détectée pour le moment dans le nuage.

L'interprétation de ces observations n'est pas simple : divers scénarios peuvent rendre compte de l'origine du gaz. Soit une origine primordiale (résidu gazeux non condensé en galaxies subsistant lors de la formation du groupe) et une stabilité de la structure en anneau maintenue pendant une longue durée (4 milliards d'années au moins) à cause du moment cinétique important ou de l'effet des galaxies voisines. Soit une origine galactique (gaz expulsé des galaxies elles-mêmes) au cours d'interactions de marée entre des galaxies du groupe. Autre problème : pourquoi les nuages individuels ne se dispersent-ils pas ? une possibilité serait que le nuage contienne, outre de l'HI, une masse suffisante d'hydrogène ionisé pour maintenir la stabilité gravitationnelle. Le nuage a été observé récemment dans la raie $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$) produite par les processus de recombinaison de l'hydrogène ionisé et une limite supérieure de la masse totale d'hydrogène ionisé présente dans les nuages a pu être obtenue; elle semble cependant 2 à 3 fois trop faible pour stabiliser les nuages intergalactiques.

Une information décisive permettrait de trancher plus clairement entre les deux scénarios. Elle concerne la métallicité du gaz; très faible, elle serait l'indication d'un gaz d'origine primordiale n'ayant pas été pollué par les processus d'enrichissement en éléments lourds qui accompagnent les échanges entre gaz et étoiles au sein des galaxies. A suivre ...

Lectures pour la Marquise et pour ses amis

Pulsars et trous noirs

Le Destin des étoiles, pulsars et trous noirs, par George Greenstein, traduit de l'américain par Christian Jeanmougin, collection "Science ouverte", 342 p. ; 110 F ; éd Seuil 1987.

Le titre original du livre Frozen Star (paru aux USA en 1983), moins explicite que celui de la traduction française, avait par contre l'avantage de suggérer le ton du livre : un récit très libre, émaillé d'anecdotes, sur des recherches de pointe en astrophysique théorique. Aux premières pages, j'avais été décontenancé, un peu agacé même par des détails qui pouvaient avoir eu leur importance pour l'Auteur au cours de ses recherches mais qui me paraissaient détails superflus pour le lecteur. Et puis, je me suis laissé prendre par le récit car l'histoire est passionnante.

Dans une telle affaire, l'histoire des recherches a sans doute au moins autant d'importance que les résultats obtenus au cours des étapes successives. Une histoire à rebondissements, on ne risque pas de s'ennuyer.

Trois sujets successivement traités qui ne sont pas sans lien : les pulsars, les trous noirs, les sources binaires de rayons X. Dans les trois cas, des objets insolites, "exotiques" comme on s'amuse à dire mais qui ne le sont peut-être pas tant que cela - s'ils paraissent encore rares c'est qu'ils ont été difficile à déceler, imaginer ou comprendre (au moins partiellement) mais ne sont-ils pas représentatifs d'un sort très fréquent de beaucoup d'astres non exotiques ? De l'astrophysique très actuelle en tout cas. La première découverte de pulsar par Hewish et J. Bell remonte à vingt ans. Ces problèmes sont en évolution, observations et modèles théoriques, on peut donc s'attendre à ce que le livre de Greenstein soit rapidement dépassé. Profitons-en pour le lire avec attention, il le mérite.

La première partie concerne donc les pulsars. La découverte, en 1967, un hasard. Hewish, astronome à Cambridge (G-B) avait construit un radiotélescope d'un type nouveau pour étudier la "scintillation" des signaux émis par les quasars, ces sources intenses situées à des milliards d'années-lumière. Avec Jocelyne Bell, il décèle dans l'enregistrement du quasar catalogué 3C 273 des sortes de sursauts qui se reproduisent à intervalles réguliers très courts, à peine plus de une seconde. Intervalles réguliers, ce n'est pas une scintillation. Mais comment expliquer une période si courte?

A la fin de 1968, découverte du pulsar de Vela aux sursauts dix fois plus fréquents, du pulsar de la Nébuleuse du Crabe (trente impulsions par seconde). L'observation des pulsars reste du domaine de la radioastronomie sur plusieurs centaines de pulsars identifiés, deux seulement sont observables optiquement.

Il restait à comprendre le phénomène. Comme toujours, ce fut en conjonction des travaux d'observateurs et de théoriciens. Dès 1934, la théorie des supernovae, ces catastrophes anéantissant (ou presque) des étoiles massives, avait conduit Baade et Zwicky d'une part, Landau de l'autre, à concevoir l'existence d'étoiles à neutrons, autrement dit d'étoiles de très petit rayon et de densité énorme. De tels objets, à champ magnétique intense et en rotation rapide pouvaient émettre le rayonnement périodique observé. Même s'il fallait encore expliquer certaines particularités comme le ralentissement du pulsar de Vela.

Une belle histoire, avec des théoriciens aux deux bouts de la chaîne, des observateurs qui perfectionnent des instruments extraordinaires, ces antennes qui captent des signaux en route depuis des milliards d'années...

Deuxième partie, les trous noirs. On ne pouvait choisir plus mauvaise appellation, mais le mal est fait, la mauvaise habitude est prise et l'expression est poulaire. Pourtant, il ne s'agit sûrement pas d'un trou, d'absence de matière ; et noir, pas tant que cela si, comme Hawking le montre (cf 3ème partie du livre), "les trous noirs rayonnent comme s'ils étaient chauffés à blanc". Greenstein justifie astucieusement l'appellation "trou" en pensant à l'acception du mot chez les prisonniers.

Greenstein nous donne à sa façon un exposé de la relativité générale. Son talent de vulgarisateur est indéniable. Son récit va de la célèbre éclipse de Soleil de 1919 observée par Eddington et de la première mesure de la déflexion de la lumière au voisinage du Soleil, les émissions de la galaxie Cygnus A, le quasar 3C 48 jusqu'aux questions : les galaxies se forment-elles autour d'un trou noir et comment un trou noir se forme-t-il initialement ?

Sans doute la conjonction (je ne dis pas la cohabitation conflictuelle) de la Relativité générale et de la physique quantique permettra-t-elle d'y répondre. En s'inspirant peut-être de la théorie des naines blanches de Chandrasekhar? Sans omettre ce que nous apprend le satellite Uhuru capable, hors atmosphère terrestre, de détecter les sources de rayons X : l'étonnante découverte des pulsars binaires à rayons X, une étoile à neutron en orbite autour d'une autre étoile avec de magnifiques effets de marée de celle-ci vers la première...

Les pages du livre qui font état des travaux de Hawking ne sont pas les moins passionnantes mais comme tout ce qui conduit à l'indéterminisme de la physique quantique, cela met le lecteur dans un état de flottement entre deux eaux; on a peur de se noyer, on rêve avec nostalgie au sol ferme sur lequel Laplace avait construit sa cathédrale... Mauvais rêve, il faut se faire à l'idée, elle est engloutie la cathédrale.

George Greenstein a beaucoup de talent et du goût pour les expressions qui marquent : "L'astronomie d'observation est peut-être l'étude des télescopes, mais le travail théorique est l'étude du contenu de son propre esprit." Le charme de l'astronomie n'est-il pas justement qu'elle est un domaine où les habiles manipulateurs de télescopes et les cogiteurs théoriciens peuvent vivre en harmonie ?

Lire Carnot

Carnot et la machine à vapeur par Jean-Pierre Maury, collection "Philosophies", 128p.; 25 F ; éd PUF 1986.

S'il y a des collègues qui s'imaginent que la machine à vapeur n'a plus rien à nous apprendre - sous le mauvais prétexte que les poétiques locomotives qui enfumaient la gare St Lazare du temps de Monet n'existent plus - je leur conseille la lecture instructive et stimulante du petit mais riche livre de Jean-Pierre Maury. Pas de meilleure introduction au très austère sujet qu'est la thermodynamique.

Qu'il paraisse dans cette nouvelle collection des PUF inaugurée par le chef d'oeuvre de Françoise Balibar "Galilée et Newton lus par Einstein", est déjà une invite à le lire. Le titre de la collection "Philosophies" indique assez qu'on s'y intéresse plus aux idées qu'aux aspects techniques ou aux péripéties historiques, sans pourtant négliger ni les uns ni les autres.

Ici, juste ce qu'il faut sur Galilée, Pascal, Papin, Savery, Newcomen, Watt et autres précurseurs. Surtout, en quelques pages, tout ce qu'il faut savoir sur la naissance de la thermodynamique dans ses trois aspects, étude des gaz, thermométrie, machines. Pour en arriver, en 1823 aux Réflexions sur la puissance motrice du feu du jeune Sadi Carnot, le fils du Conventionnel Lazare. Les 38 premières pages du livre de Sadi sont reproduites intégralement le reste des Réflexions étant résumé.

Le dernier chapitre du livre de Maury, "Après les réflexions", n'est pas le moins instructif. Certains d'entre nous ont peut-être (comme moi) des souvenirs assez tristes de la thermodynamique (pour moi dans un grand amphithéâtre de la vieille Sorbonne). Je leur dis, retrouvez une nouvelle jeunesse en allant, sous la conduite de Jea-Pierre Maury à la bonne source. G.W.

Les nouvelles planètes

Un numéro spécial de "Sciences et Avenir" réalisé sous la direction d'Albert Ducrocq ; 106 pages ; 25 F.

Une intéressante documentation qui fait écho à ce congrès international de planétologie dont parle André Brahic dans les premières pages des Cahiers. C'est lui d'ailleurs qui présente l'ensemble des articles réunis par S&A. Ce recueil est illustré de photos en couleur, ce que les Cahiers Clairaut ne peuvent encore pas se permettre. A la page 104, la photo de l'étoile Béta Pictoris avec ce disque qui pose problème.

Tout savoir pour débiter

Sous ce titre Ciel et Espace, la revue de l'Association Française d'Astronomie publie un numéro hors série (50 F) de 100 pages. Un guide pratique qui commence par une initiation simple à l'astronomie, des conseils pour les observateurs débutants. Jusqu'à des conseils pour les photographes ou pour ceux que la micro-informatique passionne.

L'Observatoire d'Aniane publie en même temps une carte du ciel Ciel 2000.0 qui comporte six disques mobiles interchangeables pour l'initiation à la reconnaissance des constellations, pour repérer des objets mobiles, comètes ou planètes, pour repérer les objets Messier, les étoiles doubles ou les variables, pour apprécier les écarts angulaires ; un disque supplémentaire pour repérer les coordonnées. Ciel 2000.0 en vente à l'AFA. Demandez en prime la "montre céleste" ou faites la construire à vos élèves.

Problème de physique

trouvé par notre Collègue Jacques Vialle dans le manuel de Terminale E, collection A.Cros, éd Belin, p.87 : "de retour de vacances où ils se sont rencontrés, un garçon et une fille s'écrivent. Le garçon (70 kg) habite Strasbourg et la fille (50 kg) près de Brest. Calculer l'ordre de grandeur de la force d'interaction qui s'exerce entre eux. Peut-on dire qu'ils sont très attirés l'un par l'autre ?"

STAGES CEMEA

Les Centres d'Entraînement aux Méthodes d'Education Active organisent des stages de formation qui s'adressent à tous:

DECOUVERTE DU CIEL DU 23 au 31 août 1987 à Aniane (34)

ASTRONOMIE : MAQUETTES ET INSTRUMENTS DE MESURE du 23 au 31 août également à Aniane

METEOROLOGIE du 20 au 25 avril 1987 à Reims (51)

Pour tous renseignements et inscriptions, adressez-vous à

CEMEA INFOP 76 bd de la Villette, 75940 PARIS CEDEX 19 tél 42 06 38 10

FASCICULE BIBLIOGRAPHIQUE

Le fascicule bibliographique n° IV bis, complément au fascicule n° IV vient de paraître. On peut se le procurer auprès de: L Gouguenheim DERADN

Observatoire 92195 MEUDON CEDEX

Son prix est de 25 f (chèque à l'ordre de L. Gouguenheim)

LE COURRIER DES LECTEURS

+++++

La troisième Ecole d'Eté d'Astronomie de Steige

Elle aura lieu du 1 au 9 juillet 1987. Programme : mise à jour des connaissances et travaux pédagogiques. 9h à 12 h cours d'astronomie fondamentale et d'astrophysique par des astronomes professionnels
 14h-16h groupes de travail de 5 à 10 personnes, dirigés par un astronome
 17h-19h travaux pédagogiques en groupes de 5 à 10 personnes.
 21h-23h observation du ciel.

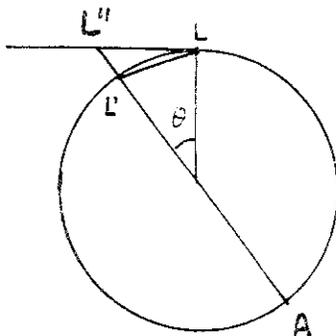
Inscriptions : pour les enseignants s'inscrire sans tarder 1) auprès du Planétarium, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg (tél 88 36 12 51); 2) auprès du Rectorat, Centre de Formation, 1 rue du Dauphiné, 67300 Schiltigheim (tél 88 33 61 13) (action parue dans le PAF)
 L'Ecole d'Eté est ouverte à tous les amateurs d'astronomie. Participation aux frais 1400 F (hôtellerie, matériel pédagogique)

Collège International de Philosophie CIPH, 1 rue Descartes, 75005 PARIS
 Séminaire, le lundi de 18 h à 20 h à partir du 4 mai 1987 sur le thème
 "Le vivre ensemble des savants et des ignorants"
 pour une lecture de la vulgarisation

4 mai	les auteurs de dictionnaires scientifiques
11 mai	l'idée de science amusante
25 mai	<u>les astronomes</u> (en particulier autour de l'astronomie populaire au XIX ^{ème} siècle)
18 mai	la vulgarisation comme outil de travail sur une époque
15 juin	la transmission des savoir faire entre le mythe et l'utopie

Sur la manchette de Newton

D'une lettre de Maurice Carmagnole (de Solliès Toucas) à K.Mizar : "A propos de la pomme, ta "vérification sommaire" de la page 31 (CC n°35) ne convient pas aux collégiens, privés de toute allusion trigo jusqu'en fin de Troisième. Alors on peut leur proposer ceci... en gardant ton petit schéma : La Lune L a donc dédaigné la tangente LL" pour filer en L' ; θ est un angle très petit, moins de deux millièmes de degré ; alors LL" ou LL' c'est kif kif. Le prof sait leur faire trouver



$$LL''^2 = L'A \times L'L'$$

$$= (L'L' + L'A) \times L'L'$$

L'L' est négligeable dans la somme devant L'A soit deux fois 384 000 km

$$\text{Alors } LL''^2 \approx L'A \times L'L'$$

$$\text{ou bien } L'L' \approx LL''^2 / L'A \approx LL''^2 / L'A$$

$$\text{On trouve } LL' \approx 1,02 \text{ km et } L'L' \approx 1,36 \cdot 10^{-6} \text{ km}$$

que tu trouves aussi "sur la manchette de Newton". Mais là, tu pousses un peu grand mère dans les piquants. T'as vu les manchettes de l'époque? Pleines de trous que j'te dis ! Vu que c'est de la dentelle. S'il a écrit là-dessus, le gars Isaac, c'est qu'il est encore plus génial que j'pense."

Histoire de l'astronomie

HA

Lors de l'assemblée générale du 25 janvier, des contacts ont été pris entre Collègues intéressés par l'histoire de l'astronomie. Une première circulaire leur sera adressée prochainement pour organiser les échanges d'idées ou d'articles, pour discuter des meilleures formes d'articles pour les Cahiers. Les Collègues qui désirent se joindre au groupe écriront à Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 St-Cloud qui centralisera les informations.

Académie de Nantes

En 1985-86, Youri Gautier de l'Association Astronomique d'Anjou, a animé des stages pour les enseignants avec la cellule d'action culturelle du rectorat de l'académie de Nantes. Pour les collègues intéressés par les stages de 1987, prendre contact avec Youri Gautier, app 93, 12 square des Caléides, 49000 Angers (tél 41 66 48 92)

Le bien parlé astronomique

Notre Collègue Wanda Gilstein, qui enseigne en français à l'Université internationale de Petah Ou-Shnock et qui est une fidèle lectrice des Cahiers nous demande d'y ouvrir une rubrique qui pourrait s'intituler "le bien parlé astronomique". Elle donne deux exemples d'expressions trop courantes et pourtant fallacieuses :

- Pourquoi dire toujours (je crois qu'on le dit aussi bien dans les médias que dans les chaires d'université) "la Terre tourne autour du Soleil" ? oui, elle tourne, mais sur elle-même. Autour du Soleil, son mouvement annuel est un mouvement de translation. Il est très facile de dire "Le mouvement annuel de la Terre autour du Soleil est un mouvement de translation."

- Pourquoi dire d'une instrumentation complexe ou perfectionnée qu'elle est "sophistiquée" ? Si j'en crois le Robert ou le Littré sophistiqué signifie altéré; frelaté ou encore alambiqué, compliqué. ne pourrait-on conserver le mot sophistiqué pour décrire un système qu'on s'est acharné à imaginer compliqué pour ne pas faire simple ?

NDLR - La rédaction accueille volontiers l'ouverture de cette rubrique, sachant que personne parmi nous n'a l'intention de légiférer en la matière et que la discussion sur les mots comme sur les idées est toujours ouverte.

Rencontres du Haut Queyras

En 1987, elles auront lieu sur le thème "L'apparition de la vie" (Exobiologie et astronomie).

1 - Du 15 juillet au 18 juillet, "Découverte du ciel" (prix 1000 F)

2 - Du 19 juillet au 25 juillet, "Initiation à l'astronomie et formation d'animateurs" (prix 1300 F)

Renseignements et inscriptions : ASTRO QUEYRAS 87 , 8 rue Victor Considérant 75014 PARIS (tél 1 43 21 39 15)

Petite annonce

Jean Sauvy, 5 villa Jean Brunet, 92190 MEUDON (tél 1 46264778) vend un télescope astronomique absolument neuf avec trépied et jeux de lentilles achromatiques pour 500 F.

$\sin i = n \sin r$

Il y a 350 ans, Descartes publiait sa Dioptrique et ses Météores en même temps que sa Géométrie pour illustrer sa Méthode. On peut donc dire que la formule $\sin i = n \sin r$ a trois cent cinquante ans. Pensez deux minutes à ce que serait l'astronomie sans elle ...

APRES TROIS CENTS ANS ... (3)

Avoir si longuement bavardé sur les circonstances et sur la genèse des idées de Newton ne devrait pas nous enlever l'envie de pénétrer vraiment dans l'oeuvre. Avec le risque d'envahir ces Cahiers de la prose de Newton. Il faut se limiter à une vue panoramique et quelques échantillons.

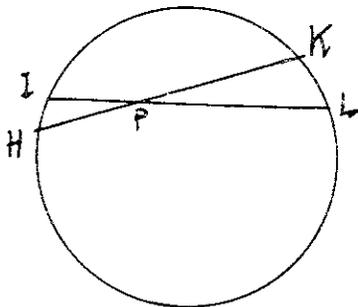
Pour le panorama, le plus simple est de consulter la table des matières des Principia. En tête (prenez le mot dans tous ses sens), les définitions et les axiomes ou lois du mouvement ; nous nous y sommes suffisamment attardés dans le précédent numéro. Vient alors le Livre premier "Du mouvement des corps" subdivisé en quatorze sections. Depuis la première "De la méthode des premières et dernières raisons employée dans cet ouvrage" - autrement dit un chapitre de méthodologie - à la quatorzième "Du mouvement des corpuscules attirés par toutes les parties d'un corps quelconque". Chaque section est une suite de propositions dont l'énoncé précède la démonstration. Ainsi la douzième section, "Des forces attractives des corps sphériques" va de la proposition LXX à la proposition LXXXIV, une suite sur laquelle nous reviendrons.

Le Livre second "Du mouvement des corps" prolonge le premier en abordant des problèmes plus compliqués. Ainsi sa section première concerne le mouvement des corps qui éprouvent une résistance en raison de leur vitesse. La cinquième section traite de l'équilibre des fluides, la sixième des corps oscillants, la septième des mouvements des fluides et de la résistance des projectiles, la huitième de la propagation du mouvement dans les fluides.

Des forces attractives des corps sphériques

Avant de feuilleter le livre 3 qui nous intéressera spécialement puisqu'il applique cette belle théorie mathématique aux mouvements dans le système solaire, je vous propose de nous attarder sur cette douzième section du livre premier. Rappelons-nous en effet que, dès 1665, Newton était acquis à l'idée de l'attraction universelle mais qu'il lui semblait impossible de l'annoncer tant qu'il ne pouvait prouver que l'attraction de la Terre sur la Lune était celle de toute sa masse placée au centre. Ici, dans les Principia, il donne sa démonstration.

Son exposé commence par la Proposition LXX qu'il dénomme aussi Théorème "Un corpuscule placé dans l'intérieur d'une surface sphérique dont toutes les parties attirent en raison inverse du carré des distances, n'éprouve aucune attraction de cette superficie."

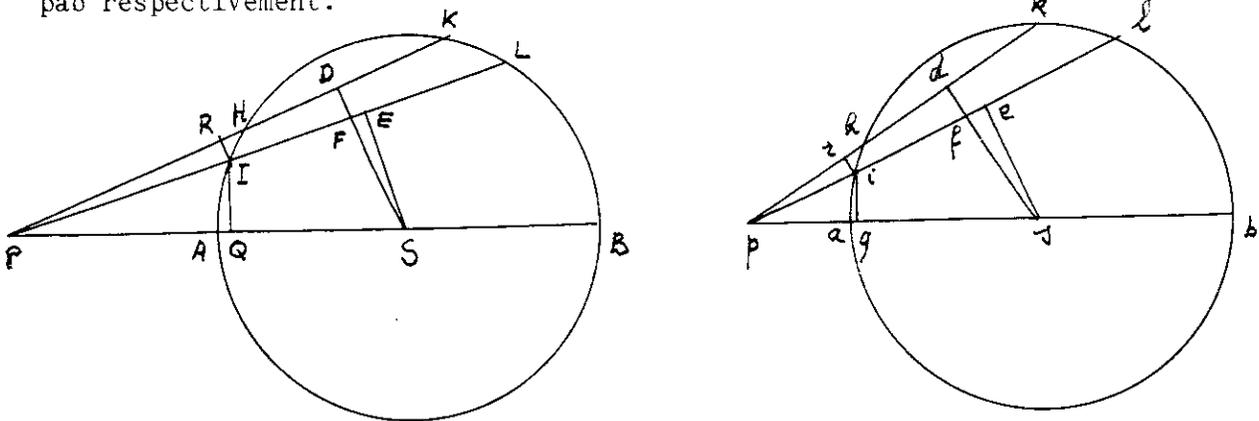


Newton dessine une figure plane, un cercle et le point P à l'intérieur ; il trace deux droites IPL et HPK qui délimitent deux arcs HI et KL supposés infiniment petits et qui seront proportionnels à PH et PL. Les petites parties de la sphère découpées par des lignes telles que HK et IL seraient comme les carrés de PH et PL. D'où il suit que les attractions de ces petites parties de sphère sur P sont exactement opposées et s'annulent.

Suit alors la Proposition LXX ou Théorème XXXI qui va retenir, je vous le demande avec insistance, toute votre attention :

"La même loi d'attraction étant posée, un corpuscule placé en dehors de la surface sphérique est attiré par cette surface en raison renversée du carré de la distance de ce corpuscule au centre."

Je vous invite à suivre pas à pas la démonstration de Newton. Je recopie les figures qui, dans l'édition de la Marquise sont loin du texte dans des planches de dessins ce qui n'est pas très pratique. Newton imagine donc deux surfaces sphériques égales de diamètres AB et ab, de centres S et s, les deux corpuscules P et p étant placés chacun à une distance quelconque du centre. De ces points il trace les droites PHK et PIL, phk et pil de telle façon que les arcs HK et IL soient respectivement égaux aux arcs hk et il. Des centres S et s, il mène les apothèmes SD, SE, sd et se ; IR et IQ sont les perpendiculaires menées de I sur PHK et sur PAB respectivement ; ir et iq les perpendiculaires menées de i sur phk et sur pab respectivement.



Refaites les dessins vous-même, cela vous aidera à vous familiariser avec les notations de Newton. Ceci fait notre savant suppose que les angles DPE et dpe "s'évanouissent", c'est son expression pour dire qu'ils deviennent infiniment petits. Puisque DS = ds et ES = es, on peut regarder PE et PF comme égales, de même que pe et pf, DF et df.

On pose alors les proportions suivantes :

$$PI/PF = RI/DF \quad \text{et} \quad pf/pi = df/ri \quad (\text{qu'on peut écrire } pf/pi = DF/ri)$$

La multiplication membre à membre de la première et de la troisième égalité donne :

$$(PI \times pf)/(PF \times pi) = RI/ri$$

ou, encore mieux :

$$(1) \quad (PI \times pf)/(PF \times pi) = IH/ih$$

C'est le moment de comprendre l'astuce de Newton, la double astuce : avoir introduit deux sphères égales et faire "s'évanouir" les angles pour avoir deux arcs infiniment petits.

On recommence :

$$PI/PS = IQ/SE \quad \text{et} \quad ps/pi = se/iq \quad (\text{qu'on écrit } ps/pi = SE/iq)$$

Encore une multiplication membre à membre :

$$(2) \quad (PI \times ps)/(PS \times pi) = IQ/iq$$

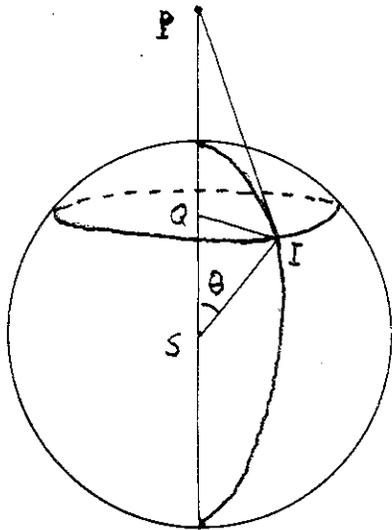
Troisième multiplication membre à membre, cette fois des égalités (1) et (2), rassurez-vous c'est la fin des calculs :

$$(3) \quad (PI^2 \times pf \times ps)/(pi^2 \times PF \times PS) = (IQ \times HI)/(iq \times ih)$$

La petite surface sphérique engendrée par la révolution de HI autour de PS est à la petite surface sphérique engendrée par la révolution de hi autour de ps comme $(PI^2 \times pf \times ps)$ à $(pi^2 \times PF \times PS)$. Mais les forces avec lesquelles ces petites surfaces tirent vers elles les corpuscules P et p sont comme ces surfaces et inversement comme les carrés des distances PI et pi donc ces forces sont comme $(pf \times ps)$ à $(PF \times PS)$. Je laisse pour finir la parole à Newton :

"En décomposant ces forces pour avoir les parties qui en résultent dans la direction des diamètres PS et ps, les forces résultantes dans cette direction seront aux forces totales comme PS à PF et comme ps à pf. Donc la force suivant PS de la petite surface produite par HI sera à la force suivant ps de la petite surface produite par hi comme pf ps PF/PS à PF PS pf/ps c'est à dire en raison renversée des carrés des distances PS et ps. On trouverait la même chose pour toutes les autres petites surfaces dont les deux surfaces sphériques sont composées..."

Bon, j'admets que le style de Newton a pu vous déconcerter. Pour vous rassurer, je vous propose de reprendre rapidement la démonstration dans un langage plus familier, celui du calcul intégral devenu classique et qui ne l'était pas en 1687. Au lieu de calculer des forces et d'avoir à ajouter des vecteurs, nous calculerons le potentiel de la surface sphérique de diamètre AB en un point P extérieur à cette sphère puisque le champ des forces dérive de ce potentiel.



Soit m la densité surfacique de la sphère, K la constante de la gravitation, u le rayon de la sphère, $a = PS$. La position d'un élément de la surface sphérique en I est précisée par les deux angles $\theta = \text{PSI}$ (colatitude) et φ (longitude). La distance de P à cet élément de surface est $PI = r$ tel que $r^2 = a^2 + u^2 - 2au \cos \theta$

qui nous donnera (ce sera très utile dans la suite

$$r \, dr = au \sin \theta \, d\theta$$

Le potentiel en P s'obtient par intégration à toute la surface de la sphère ($0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$) de

$$- \frac{K m u^2}{r} \sin \theta \, d\theta \, d\varphi \quad \text{soit}$$

$$- 2\pi K m u^2 \int_0^\pi \frac{\sin \theta \, d\theta}{r} = - 2\pi K m \frac{u}{a} \int_{a-u}^{a+u} dr = - 4\pi \frac{u^2 K m}{a} = - KM/a$$

en posant $M = 4\pi u^2 m$ la masse totale de la surface sphérique. Fin de l'intermède de calcul intégral. Si vous n'aimez pas ça, sautez !

Revenons alors à la douzième section du livre I des Principia. Vous imaginez sans mal qu'après avoir étudié l'attraction par une surface sphérique Newton passe à l'attraction d'une boule sphérique homogène ou encore mieux d'une boule où les densités sont réparties en fonction de la seule distance au centre. il étudie aussi le cas de deux boules sphériques en présence l'une de l'autre tant il est vrai qu'il ne peut avoir oublié ses méditations de jeunesse sur la chute de la Lune vers la Terre.

"Du système du Monde"

Poursuivons maintenant notre lecture panoramique. Le troisième livre s'intitule "Du système du Monde". Je vois aussitôt votre oeil s'allumer surtout si les considérations géométriques précédentes vous ont un rien lassés. Mais, là encore, Newton prend son temps, il revient sur des questions de méthode en donnant les "Règles qu'il faut suivre dans l'étude de la physique". Texte qui nous paraît assez naïf, c'est justement pourquoi il est intéressant. Je recopie seulement l'énoncé des règles :

1 - Il ne faut admettre de causes, que celles qui sont nécessaires pour expliquer les phénomènes.

2 - Les effets du même genre doivent toujours être attribués, autant qu'il est possible, à la même cause.

3 - Les qualités des corps qui ne sont susceptibles ni d'augmentation ni de diminution, et qui appartiennent à tous les corps sur lesquels on peut faire des expériences, doivent être regardées comme appartenant à tous les corps en général.

4 - Dans la Philosophie expérimentale, les propositions tirées par induction des phénomènes doivent être regardées malgré les hypothèses contraires, comme exactement ou à peu près vraies, jusqu'à ce que quelques autres phénomènes les confirment complètement ou fassent voir qu'elles sont sujettes à des exceptions."

Les commentaires de Newton sont brefs sauf pour la troisième règle où je relève cette jolie phrase : "On ne peut pas opposer des rêveries aux expériences, et on ne doit point abandonner l'analogie de la nature qui est toujours simple et semblable à elle-même." Qualités de tous les corps : l'extension, la dureté, l'impénétrabilité, la mobilité, l'inertie... Après l'énoncé de la règle 4, cette simple phrase, irremplaçable : "Car une hypothèse ne peut affaiblir les raisonnements fondés sur l'induction tirée de l'expérience."

Viennent ensuite les énoncés des phénomènes : les mouvements des satellites de Jupiter (avec leurs périodes et leurs distances à la planète), les mouvements des satellites de Saturne, les mouvements des planètes, le mouvement de la Lune. Tel est le stock des phénomènes astronomiques étudiés ensuite en détail. Exemples, la Proposition IX "La gravité à l'intérieur des planètes décroît à peu près en raison des distances au centre" ou encore la Proposition XIV "L'aphélie et les noeuds des orbites sont en repos".

La proposition XXIV, en six pages d'explication sans calcul énonce "Le flux et le reflux de la mer sont causés par les actions de la Lune et du Soleil" (mais, à mon avis, dans le Cahier 31 nous avons eu mieux ; il est vrai aussi que Newton ne pouvait pas savoir). Par contre, il pose un problème très important : "Trouver les forces du Soleil pour troubler les mouvements de la Lune" ; notre savant se doutait bien que le problème des trois corps allait faire travailler les cervelles mathématiciennes au XVIII^{ème} siècle. Dans la solution du problème XX "Trouver la précession des équinoxes", Newton explique le phénomène par une quantité de matière qui est la partie de la Terre en excédent sur le sphéroïde et qu'il place à l'équateur ; c'est encore une belle histoire du XVIII^{ème} siècle.

Newton traite enfin des comètes, s'intéressant particulièrement à la détermination des orbites à partir d'un nombre donné d'observations ; exemple, Problème XXI, orbite parabolique déterminée par trois observations. Tout l'exposé sur les comètes est enrichi du récit de nombreuses observations, ce qui tranche avec le caractère plus austère des Livres 1 et 2. Je tombe au hasard sur ce paragraphe :

"Kepler attribue l'ascension des queues de comètes qui s'élèvent de l'atmosphère de leurs têtes, et le mouvement progressif de ces queues vers les parties opposées au Soleil, à l'action des rayons de lumière qui emportent avec eux la matière des queues. Et il n'est point absurde de penser que des vapeurs très rares puissent céder à l'action des rayons dans des espaces libres de toute résistance, quoique les vapeurs épaisses ne puissent être mues sensiblement par les rayons du Soleil dans notre atmosphère."

N'est-ce pas bien dit ? Il faudrait que je m'arrête sur ces bons mots mais, quel que soit le plaisir que j'ai à remettre les yeux dans les mots écrits par Newton, il faut se limiter. Et pourtant citer la conclusion générale, ce que Newton intitule Scholie général. La première phrase en est percutante : "L'hypothèse des tourbillons est sujette à beaucoup de difficultés" et en quelques lignes, voici la physique de Descartes rangée au magasin des accessoires inutiles. C'est aussi un peu l'impression que

me donnent les paragraphes suivants dans lesquels Newton tente d'établir une relation entre l'Être infini ou Dieu et les deux concepts d'espace et de temps absolus qui ont été posés dans les définitions premières. Assez longue dissertation qui se termine par "Voilà ce que j'avais à dire de Dieu, dont il appartient à la philosophie naturelle d'examiner les ouvrages."

La véritable conclusion, nous pouvons la relire en entier :

"J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation, mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation. Cette force vient de quelque cause qui pénètre jusqu'au centre du Soleil et des planètes, sans rien perdre de son activité ; elle n'agit point selon la grandeur des superficies, (comme les causes mécaniques) mais selon la quantité de matière ; et son action s'étend de toutes parts à des distances immenses, en décroissant toujours dans la raison doublée des distances.

La gravité vers le Soleil est composée des gravités vers chacun de ses particules, et elle décroît exactement, en s'éloignant du Soleil, en raison doublée des distances, et cela jusqu'à l'orbe de Saturne, comme le repos des aphélie des planètes le prouve, et elle s'étend jusqu'aux dernières aphélie des comètes, si ces aphélie sont en repos.

Je n'ai pu encore parvenir à déduire des phénomènes la raison de ces propriétés de la gravité, et je n'imagine point d'hypothèses. Car tout ce qui ne se déduit point des phénomènes est une hypothèse : et les hypothèses, soit métaphysiques, soit physiques, soit mécaniques, soit celles des qualités occultes, ne doivent pas être reçues dans la philosophie expérimentale.

Dans cette philosophie, on tire les propositions des phénomènes, et on les rend ensuite générales par induction. C'est ainsi que l'impénétrabilité, la mobilité, la force des corps, les loix du mouvement, et celles de la gravité ont été connues. Et il suffit que la gravité existe, qu'elle agisse selon les loix que nous avons exposées, et qu'elle puisse expliquer tous les mouvements des corps célestes et ceux de la mer.

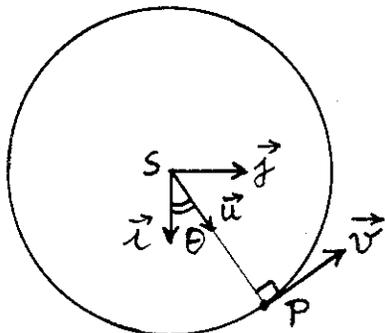
Ce serait ici le lieu d'ajouter quelque chose sur cette espèce d'esprit subtil qui pénètre à travers tous les corps solides, et qui est caché dans leur substance ; c'est par la force, et l'action de cet esprit que les particules des corps s'attirent mutuellement aux plus petites distances, et qu'elles cohèrent lorsqu'elles sont contiguës ; c'est par lui que les corps électriques agissent à de plus grandes distances, tant pour attirer que pour repousser les corpuscules voisins ; et c'est encore par le moyen de cet esprit que la lumière émane, se réfléchit, s'infléchit, se réfracte, et chauffe les corps ; toutes les sensations sont excitées, et les membres des animaux sont mus, quand leur volonté l'ordonne, par les vibrations de cette substance spiritueuse qui se propage des organes extérieurs des sens, par les filets solides des nerfs, jusqu'au cerveau, et ensuite du cerveau dans les muscles. Mais ces choses ne peuvent s'expliquer en peu de mots ; et on n'a pas fait encore un nombre suffisant d'expériences pour pouvoir déterminer exactement les loix selon lesquelles agit cet esprit universel."

°°°

J'avais pensé clore ici cette commémoration du tricentenaire des Principia. A la réflexion, il me semble pourtant que manque l'épilogue : quelques mots sur Newton lui-même, surtout quelques perspectives sur les portes que ce grand génie a ouvertes pour la science . Celle du XVIII ème siècle pour commencer, mais encore après.. jusqu'à demain. Ce sera pour un prochain numéro.

LES BOUCLES DE VENUS

1. Vitesse d'une planète:



Soit une planète P qui décrit à vitesse constante un cercle de rayon a autour du Soleil S.

A un instant t, la position de la planète est repérée par \vec{SP}

avec $\vec{SP} = a \cdot \vec{u}$

Son vecteur vitesse est $\vec{v} = \frac{d(\vec{SP})}{dt} = a \frac{d\vec{u}}{dt}$

mais $\frac{d\vec{u}}{dt} = \frac{d\vec{u}}{d\theta} \times \frac{d\theta}{dt}$

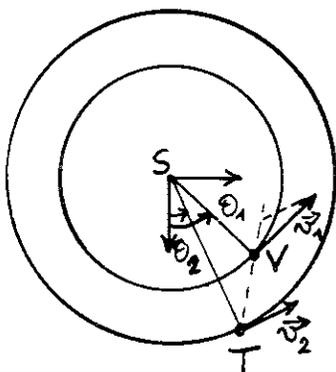
avec $\vec{u} = \cos \theta \vec{i} + \sin \theta \vec{j}$ en posant $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

on obtient $\vec{v} = a(-\sin \theta \vec{i} + \cos \theta \vec{j})\omega$

et par conséquent:

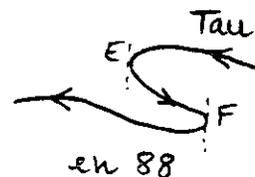
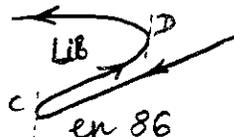
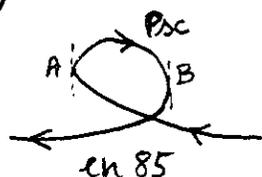
$$\vec{v} = v (-\sin \theta \vec{i} + \cos \theta \vec{j}) \quad \text{avec } v = a\omega$$

2. Vénus stationnaire:



Vue de la Terre, la planète Vénus est tantôt à droite du Soleil (à l'ouest de celui-ci) et tantôt à sa gauche (à l'est).

Les vitesses de la Terre et de Vénus étant différentes, V semble se déplacer par rapport au fond d'étoiles en... dessinant des boucles ...



A cause des changements de sens du mouvement apparent de V, il y a des moments où V semble immobile par rapport aux étoiles... et l'astre errant paraît fixe...

Les positions de V correspondant à cette illusion sont les stations A, B, C, D, E, F et les portions AB, CD et EF caractérisent le mouvement rétrograde de Vénus.

Pour exprimer que V est stationnaire, écrivons que son vecteur-vitesse relatif à la Terre se projette sur la direction Terre-Vénus;

Ce vecteur s'écrit: $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$

soit $(v_2 \sin \theta_2 - v_1 \sin \theta_1) \vec{i} + (v_1 \cos \theta_1 - v_2 \cos \theta_2) \vec{j}$

Il doit être colinéaire avec \vec{TV} ; or $\vec{TV} = \vec{SV} - \vec{ST}$

$$\vec{TV} = (a_1 \cos \theta_1 - a_2 \cos \theta_2) \vec{i} + (a_1 \sin \theta_1 - a_2 \sin \theta_2) \vec{j}$$

Ainsi Vénus sera stationnaire si les coordonnées de TV et du vecteur vitesse précédent sont proportionnelles:

$$\frac{v_2 \sin \theta_2 - v_1 \sin \theta_1}{a_1 \cos \theta_1 - a_2 \cos \theta_2} = \frac{v_1 \cos \theta_1 - v_2 \cos \theta_2}{a_1 \sin \theta_1 - a_2 \sin \theta_2}$$

et après quelques calculs on obtient $\cos(\theta_1 - \theta_2) = \frac{a_1 v_1 + a_2 v_2}{a_1 v_2 + a_2 v_1}$

mais la 3^e loi de Képler conduit à $a_1 v_1^2 = a_2 v_2^2$

et par conséquent $\cos(\theta_1 - \theta_2) = \frac{a_1 \sqrt{a_2} + a_2 \sqrt{a_1}}{a_1 \sqrt{a_1} + a_2 \sqrt{a_2}}$

Les rayons des orbites étant $a_1 = 0,7233$ UA et $a_2 = 1$ UA
on trouve $\cos(\theta_1 - \theta_2) = 0,9744$ et ainsi $\theta_1 - \theta_2 \approx 13^\circ$

Les mouvements étant supposés circulaires et uniformes :

$$\theta_1 = \frac{360}{224,7} t \text{ pour Vénus} \quad \text{et} \quad \theta_2 = \frac{360}{365,25} t \text{ pour la Terre}$$

et en remplaçant on obtient $t \approx 21$ jours

Conclusion: Vénus est stationnaire 21 jours après sa conjonction inférieure avec le Soleil, mais aussi 21 jours avant elle. Son mouvement rétrograde dure 42 jours.

3. Suggestions et compléments:

- Faire le TP proposé dans les CCn°28 page 4 et constater que le mouvement de Vénus était rétrograde du 13 Mars au 24 Avril 1985.
- Vérification graphique : Tracer 2 cercles concentriques de centre S et de rayon 10 cm et 7,2 cm pour figurer les orbites de T et V. Placer T_0 et V_0 lors d'une conjonction inférieure, puis T et V pour la première station qui suit. Calculer à partir des rayons des orbites et des périodes sidérales, la vitesse de V et de T. Tracer, à partir des points V et T, les vecteurs-vitesses à l'échelle 1 cm pour 10 km/s. Constater que $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$ est parallèle à TV. Les positions de V et T auront été calculées préalablement à partir des expressions de θ_1 et θ_2 en fonction du temps avec $t = 21$ jours.

Jean-Paul ROSENSTIEHL
Club Astro Université LE MANS

REABONNEZ-VOUS AUX CAHIERS CLAIRAUT - REABONNEZ-VOUS AUX CAHIERS CLAIRAUT ...

Il est temps de vous réabonner aux Cahiers Clairaut! Faites-le sans tarder!
Voir les conditions au verso.

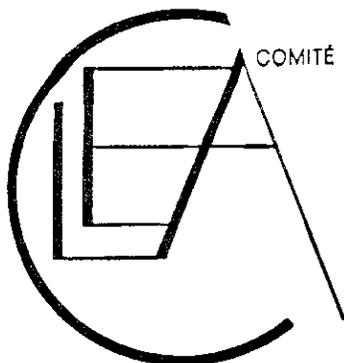
NOUVEAU ! Vous pouvez désormais vous abonner pour 2 ans si vous le souhaitez: vous êtes assurés du même tarif et vous faites l'économie d'un chèque et d'un souci...!

Si vous voulez nous aider à la promotion des Cahiers Clairaut, demandez le tract publicitaire au secrétaire et diffusez-le largement autour de vous

Gilbert Walusinski

26, Bérengère 92210 SAINT CLOUD

MERCI !



COMITÉ DE LIAISON ENSEIGNANTS ASTRONOMES

LE COMMUNIQUE ANNUEL DU SECRETARIAT
DU CLEA

à lire attentivement, le porte-plume
et le chéquier à portée de la main !

Si vous êtes abonné aux Cahiers Clairaut,

vous avez remarqué que la bande d'envoi du présent numéro 36 porte trois
nombres, par exemple 2345 33 36, le premier (qui n'est pas celui que
nous venons de donner) est votre numéro d'abonné (le trésorier trouve cela
commode de vous numéroter et l'Apple aime bien), 33 et 36 sont le premier
et le dernier numéro de la neuvième année des Cahiers pour laquelle vous
étiez abonné.

Bref, vous avez compris que le moment est venu de renouveler votre
abonnement pour la dixième année des Cahiers, pour les numéros 37 à 40
qui ouvriront l'année civile 1987. De plus, l'assemblée générale du 25
janvier vous a offert la possibilité de vous abonner pour deux ans, vous
doublez les sommes mais vous faites l'économie d'un chèque !

Si vous n'êtes pas encore abonné

dépêchez-vous de le devenir.

Pour tous, RAPPEL DES TARIFS

Abonnement seul (N°37 à 40) ...60 F (soutien 80 F) - Cotisation 1987 .. 25 F

Abonnement (n°37 à 40) et cotisation 87 ... 80 F (soutien 100 F)

Pour deux ans : abonnement simple (n°37 à 44) ... 120 F

abonnement (n° 37 à 44) et cotisation 87 et 88 ... 160 F

Fiche d'adhésion au CLEA

Fiche de cotisation au CLEA

Fiche d'abonnement

Fiche de réabonnement

Mr Mme Mlle

Numéro d'abonné

NOM (en capitales)

prénom

Adresse

CODE POSTAL

Désire adhérer au CLEA

désire cotiser au CLEA

s'abonne aux Cahiers (n° 37 à)

se réabonne aux Cahiers (n°37à) (préciser)

désire recevoir la collection complète des Cahiers(n°1 à 36), 350 F

Libeller le chèque à l'ordre du CLEA puis adresser fiche et chèque joints
au secrétaire-trésorier Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 St Cloud

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la publication : L.Gouguenheim, Université Paris Sud

Laboratoire d'Astronomie, Bât 470, 91405 ORSAY CEDEX

Comité de rédaction : D.Bardin, L.Bottinelli, J.Dupré, M.Gerbaldi, L.Gouguenheim,
J-P.Parisot, J.Ripert, D.Toussaint, V.Tryoën, G.Walusinski.

Edité à l'Université Paris Sud, Laboratoire d'Astronomie, bât 470, 91405

Prix du numéro : 15 F ; abonnement simple (4 numéros) 60 F ORSAY CEDEX

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