



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

---

---

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

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

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

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

---

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

---

### Bureau du CLEA pour 1993

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker  
Evry Schatzman  
Présidente : Lucienne Gouguenheim  
Vice-Présidents : Agnès Acker  
Marie-France Duval  
Hubert Gié  
Jean Ripert  
Jacques Vialle  
Catherine Vignon  
Secrétaire-trésorier : Gilbert Walusinski

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

## LES CAHIERS CLAIRAUT

Hiver 1993-1994

	page
Le système solaire aujourd'hui ... en attendant le 22 juillet 1994.....	2
La pêche à la Lune : le CLEA en Inde .....	15
Université d'été 1994 .....	17
Remettez votre planétaire à l'heure .....	17
Vénus en 1994 .....	18
Le CLEA en 1994 .....	21
Lectures pour la Marquise .....	22
Les relectures du professeur Bigibus .....	30
Un TP pour les jours d'équinoxe .....	31
Courrier des lecteurs .....	35
Attirance ou attraction ? .....	36
Chronique du CLEA .....	37
Une nouveauté à ne pas manquer .....	43
Vingt-quatre heures au Pic-du-Midi .....	44

### EDITORIAL

L'abondance des matières - dont nous ne saurions nous plaindre - nous conduit à porter ce numéro à 44 pages et à reporter au prochain l'article sur les exposciences que nous a adressé Jeannine Chappelet.

Nous ouvrons ce numéro avec le compte rendu de la belle conférence qu'André Brahic a donnée à La Rochelle, à l'occasion de l'Assemblée générale du CLEA, et que notre cher secrétaire-trésorier-rédacteur en chef a retranscrit en un temps record, après l'écoute d'un enregistrement de 3 heures et une entrevue avec le conférencier. Cette Assemblée Générale fut un temps fort de la vie de notre association, que le même secrétaire-trésorier-rédacteur en chef nous relate dans la chronique de la Vie du CLEA. Les participants conservent le souvenir de l'accueil que leur ont réservé l'équipe de l'Astrolabe et l'équipe locale du CLEA ; ils ont aussi été impressionnés par l'intensité de l'activité astronomique locale.

Notre amie Cécile Iwaniszewska, que nous considérons un peu comme la correspondante du CLEA à l'Université Nicolas Copernic à Torun, nous raconte son séjour à Pune, à l'occasion d'un Atelier sur l'Enseignement de l'Astronomie. C'est l'occasion de mentionner la publication du hors-série n°3 des Cahiers en Polonais, à l'usage des écoliers de Torun et des environs...

Nous sommes très heureux de présenter plusieurs articles de nos lecteurs. Un travail pratique sur Vénus, proposé par Jean-Paul Rosenstiehl, à partir d'une activité qu'il a réalisée avec ses élèves de 1ère S ; un autre travail pratique à réaliser un jour d'équinoxe, par Francis Berthomieu ; une réflexion de Michel Toulmonde sur l'attirance et/ou l'attraction que Jupiter exerce sur lui...

Mentionnons enfin la rubrique "de la Marquise" particulièrement riche, grâce à d'infatigables lecteurs.

Bonne lecture à tous !

La Rédaction

# Le système solaire aujourd'hui... en attendant le 22 juillet 1994

## **André Brahic**

Université Denis Diderot (Paris VII), Observatoire de Paris-Meudon

La Présidente du CLEA se réjouit d'avoir une nouvelle fois à introduire André Brahic pour la conférence traditionnelle de l'assemblée générale. Notre Ami André est un fidèle de l'association, - rappelez-vous sa participation à la première école d'été CLEA de Lanslebourg - et il a toujours été un ferme soutien de notre action. Associé à la merveilleuse mission **Voyager**, il joue un rôle particulièrement important dans la future mission **Cassini** vers le système de Saturne. Il est donc bien placé pour nous parler des études actuelles et à venir sur le système solaire.

Il est vrai, c'est bien la troisième ou la quatrième fois que je viens au CLEA parler du système solaire et j'ai peur de me répéter. Pour éviter de lasser les auditeurs, je propose d'improviser en commentant une centaine de diapositives et en insistant sur trois idées

Première idée : importance de quelques connaissances de base récemment acquises sur le système solaire qui représentent ce que tout "honnête" citoyen du XXI<sup>ème</sup> siècle - par conséquent chacun de vos élèves - doit posséder. Alors que, nous le constatons tous, ces connaissances ne sont actuellement pas répandues comme elles devraient l'être.

Deuxième idée : les fantastiques progrès réalisés en à peine un quart de siècle proviennent du fait que nous pouvons maintenant recevoir et interpréter toute l'information envoyée par les astres, quelle que soit la longueur d'onde du rayonnement reçu.

Une situation comparable à celle d'un enfant qui serait né avec des lunettes vertes ; il ne verrait que les feuilles des arbres mais pas les troncs et il s'interrogerait sur ces curieux feuillages sans racines ; jusqu'au jour où on lui enlèverait ses lunettes : il découvrirait alors un nouveau monde. C'est un peu ce qui nous est arrivé en astronomie. Nous ne connaissons que les informations transmises par la lumière visible à l'oeil et nous ne parlons couramment que de ce domaine restreint. Nous devons maintenant faire comprendre que notre connaissance de l'Univers provient de l'information portée par les rayonnements de toutes les longueurs d'onde.

Notons en passant que nos deux yeux sont bien adaptés pour le visible, bon écartement des deux récepteurs pour percevoir le relief, bonne sensibilité des bâtonnets et des cônes de la rétine pour être touchés par les photons de lumière visible (de 0,4 à 0,8 $\mu$  de longueur d'onde). Pour percevoir avec la même sensibilité des ondes radio, il faudrait des récepteurs de 300 mètres de diamètre placés à quelques kilomètres l'un de l'autre. Un individu aussi gigantesque est irréalisable, sa masse proportionnelle au cube de sa taille serait énorme et

devrait être portée par un squelette dont la résistance est proportionnelle à la section des os (donc au carré de la taille) ; toutes ces contraintes permettent de calculer la taille maximale des êtres vivants soit environ 50 mètres ; effectivement, les plus longs diplodocus avaient moins de 30 mètres de long...

Il était donc naturel que la découverte de l'Univers commençât par ce que tout le visible nous permet de percevoir. L'aide apportée par la lunette et le télescope marqua déjà l'élargissement de nos connaissances, au XVII<sup>ème</sup> siècle on eut un peu de mal à s'y habituer. Et aujourd'hui nous ne sommes plus aveugles ni en radio, ni en ultraviolet ni en X ni en gamma, c'est un progrès considérable.

Troisième idée : d'où ce progrès provient-il ? Essentiellement des progrès de la physique qui nous fournit tous les récepteurs désirables et surtout de l'immense apport de la recherche spatiale. Grâce à elle, on peut observer en se plaçant au-dessus de l'atmosphère terrestre qui fait écran à la plupart des rayonnements. On peut aussi aller sur place, au moins par robot interposé, pour observer les planètes et leurs satellites.

Grâce à quoi on peut étudier la Terre par comparaison avec les autres planètes. La Terre n'est plus un objet unique. La planétologie comparée nous apporte une vision plus objective de notre Terre.

### CONNAISSANCES ELEMENTAIRES

La première diapositive présente la vision classique de la galaxie d'Andromède, une galaxie comme il en existe des milliards d'autres, élément de base de l'astronomie, avec ses poussières, ses masses de gaz et de particules énergétiques et ses quelques cent milliards d'étoiles. Retenir que les galaxies se groupent en petites communautés, comme la nôtre avec sa trentaine de composants alors que d'autres groupes comme celui de la Vierge en compte des milliers.

Dans sa galaxie, la Galaxie, notre Soleil est une étoile un peu en marge. En passant, rappelons qu'il y a encore peu de temps, si on ne plaçait pas la Terre au centre du monde, on risquait le bûcher. En un sens, les temps sont moins durs, tout le monde accepte que la Terre ne soit qu'un petit objet à 150 millions de kilomètres du Soleil, que le Soleil ne soit pas au centre de la Galaxie qui n'est, elle, qu'une galaxie comme des milliards d'autres.

**Le diagramme des six cercles** doit nous donner le sens des distances en astronomie (fig.1). Le premier est celui du système Terre-Lune dont la distance moyenne est 380 000 km soit, pour la lumière, un temps de parcours d'à peine plus d'une seconde. On passe au deuxième cercle, celui du système solaire, en multipliant les distances par 10 000 : du Soleil, la lumière met 8 minutes pour atteindre la Terre, plus de 4 heures et demi pour atteindre les confins du système solaire. Encore une multiplication par 10 000 pour passer au monde des étoiles visibles ; la lumière met plus de quatre ans à nous parvenir de la plus proche étoile. Pour passer à l'échelle de la Galaxie toute entière, les dimensions sont encore multipliées par 10 000 ; diamètre de la Galaxie de l'ordre de 100 000 années de lumière.

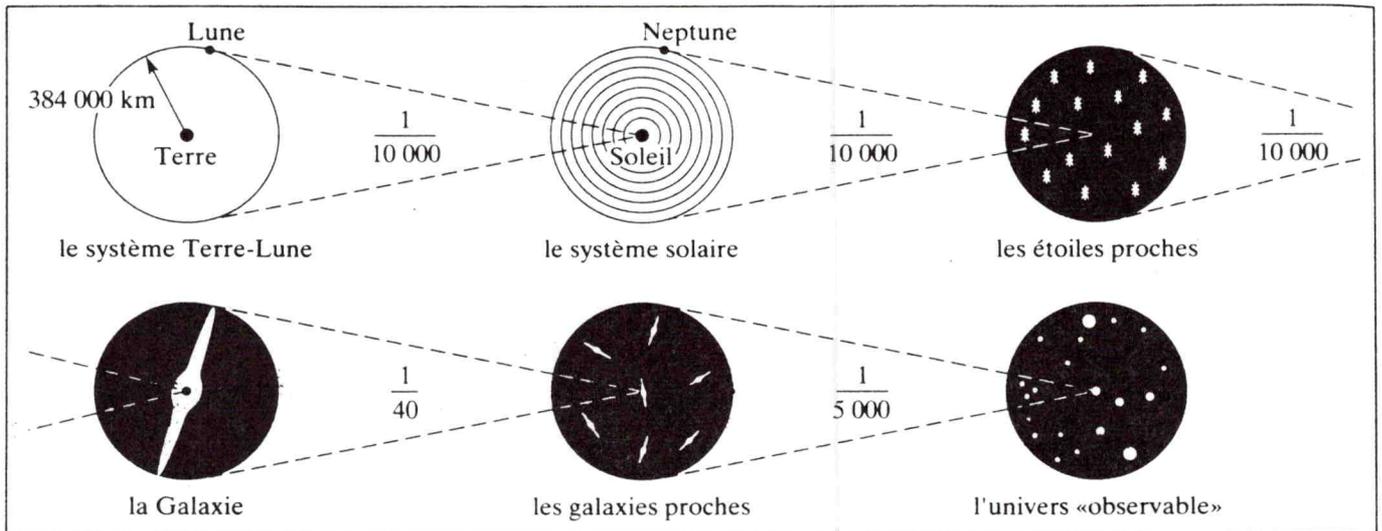


fig 1

De notre Galaxie au monde des galaxies, les distances sont à multiplier par 40 ; les distances des amas galactiques sont mesurés en millions et milliards d'années de lumière. Enfin, dernière étape, pour passer à l'ensemble de l'Univers observable, ultime multiplication des ordres de grandeur par 5000 ; il faut 9 milliards d'années pour que nous parviennent les signaux les plus lointains. En résumé, pour passer de l'échelle du monde Terre-Lune à l'Univers observable, il faut multiplier les distances par

$$10\ 000 \times 10\ 000 \times 10\ 000 \times 40 \times 5\ 000 = 2 \times 10^{13}$$

Ces six cercles présentent aussi l'intérêt de correspondre assez bien aux six domaines particuliers des sciences de l'Univers que sont la géophysique, la planétologie, l'astronomie stellaire, l'astronomie galactique, l'astronomie extragalactique et enfin la cosmologie.

Il faudrait aussi avoir une conscience claire de **l'échelle des durées**. Essayons d'y parvenir en imaginant de faire tenir toute l'histoire de l'Univers dans un calendrier annuel. Le grand boum (Big Bang en anglais) a donc lieu le 1er janvier. La Galaxie se forme au début de mars et moins de neuf mois plus tard - curieuse coïncidence de dates, le système solaire apparaît. Les événements, ensuite, se précipitent : 14 septembre, formation de la Terre ; 25 septembre, la vie y apparaît ; 2 octobre, formation des plus vieilles roches connues sur Terre ; 9 octobre, les algues apparaissent ; 1er novembre, invention du sexe par les micro-organismes ; 12 novembre, les plantes inventent la photosynthèse ; 1er décembre, l'oxygène apparaît dans l'atmosphère ; 24 décembre, premiers dinosaures ; le 25 décembre, rien à signaler ; 28 décembre extinction des dinosaures ; le 31 décembre à 22h30, l'homme apparaît et à 23h59 il invente l'astronomie... (fig 2)

L'humanité est un grain de poussière sur un grain de poussière un peu plus gros. Nous essayons de comprendre ce qu'est cet Univers mais nous arrivons tard et depuis si peu de temps que nous ne pouvons avoir tout compris. Il reste à la science un immense travail à accomplir. L'acquisition récente, au cours de ce siècle, des échelles de temps et de distances, nous montrent que nous sommes bien loin de l'idée folle de nous placer au centre de

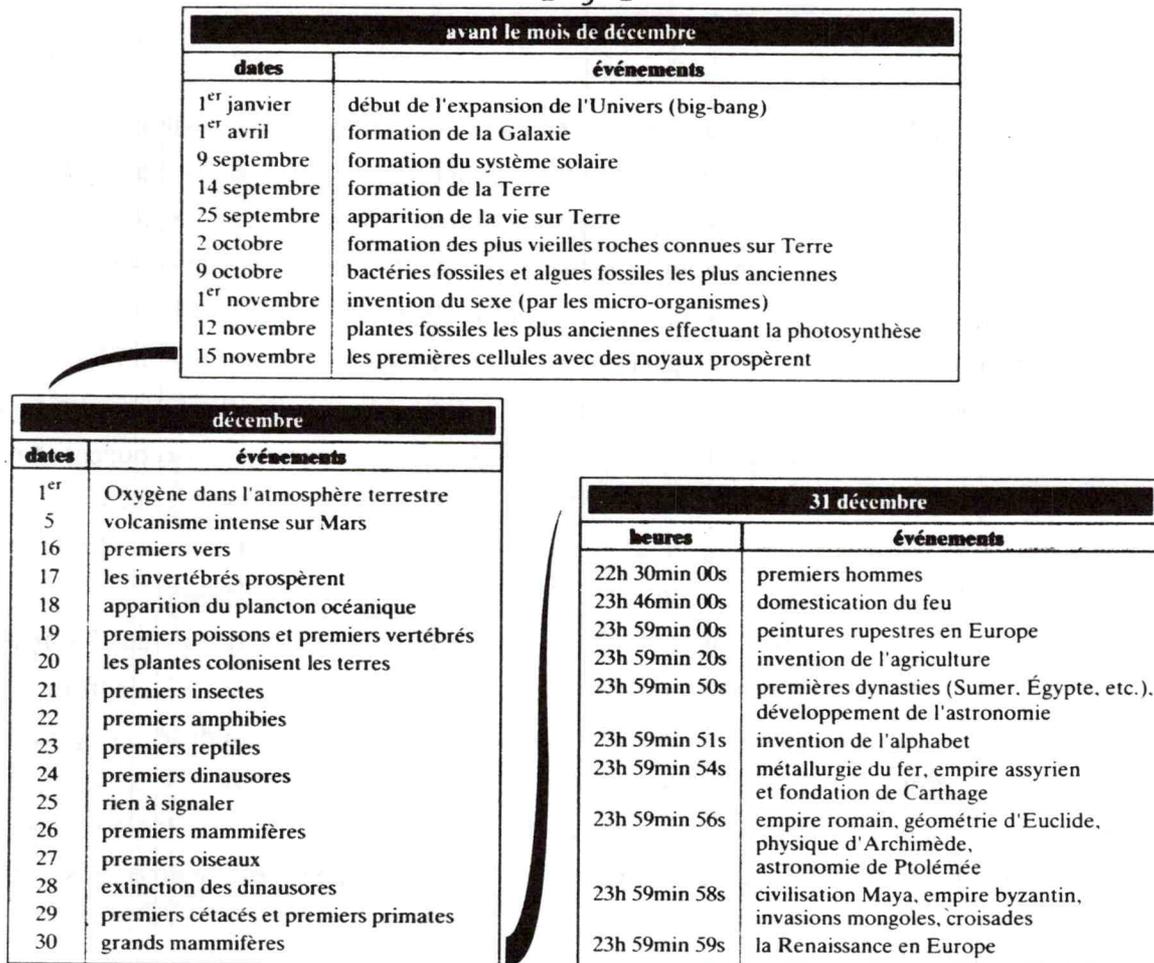


fig. 2

l'Univers et de ramener son histoire à celle de l'homme. Les données que nous venons de rappeler doivent nous conduire à beaucoup d'humilité ; nous venons tout juste de sortir du stade de la tendre enfance où le bébé se croit le centre du monde et, alors que nous ne sommes pas encore adolescents, il est peut-être prématuré de vouloir déjà tout expliquer.

Dernière idée sur laquelle il faut insister, **le propre de l'Univers est qu'il évolue**. Ainsi y a-t-il un cycle de la matière : les étoiles évoluent, rayonnent et rejettent de la matière ; à partir des matériaux interstellaires, de nouvelles étoiles se forment qui aussitôt évoluent... En leur sein, les étoiles savent changer les éléments légers (hydrogène, hélium,...) en éléments lourds (oxygène, carbone, calcium,...). Se rappeler que dans les matériaux des vivants tous les éléments autres que H et He ont été formés au sein d'une étoile qui n'était évidemment pas le Soleil.

### UN CIEL COMPLETEMENT EXPLORÉ

Grâce aux progrès de la physique et de la recherche spatiale, nous savons capter tous les rayonnements qui nous proviennent du ciel, des longueurs d'onde les plus courtes (rayons gamma) aux plus longues (radio). Aujourd'hui, nous savons capter des photons dont l'énergie va de  $10^{-12}$  à  $10^9$  eV. Il n'est pas étonnant que la vision de l'Univers change selon la longueur d'onde captée. Ce que vont nous montrer les représentations suivantes du ciel en coordonnées galactiques. (NDLR - En noir et blanc la reproduction de ces images n'aurait rien donné, contentons-nous ici de la description)

1. Le ciel visible à l'oeil nu, autrement dit celui des six mille étoiles visibles, soit 3000 à partir d'un endroit donné à un instant donné. On distingue la traînée brillante de la Voie Lactée à l'intérieur de laquelle nous sommes, on remarque le contraste des zones riches en poussières qui nous interdisent de voir la lumière visible des astres situés au-delà.

2. En ondes radio de 73 cm, la Voie Lactée apparaît bien mais très différemment, elle est moins homogène et son centre paraît particulièrement brillant ; tout autour, un halo d'astres proches. Cette émission radio diffuse qui domine dans le plan de la Galaxie est due à l'accélération par le champ magnétique de la Galaxie d'électrons qui parcourent toute la Galaxie. On aperçoit aussi les Nuages de Magellan et la galaxie d'Andromède. Avec des télescopes on peut voir des milliards d'étoiles, des milliers de nébuleuses, des centaines d'amas d'étoiles et des milliards de galaxies.

3. En ondes radio de 21 cm. Cette longueur d'onde n'est pas choisie au hasard. Elle correspond à l'émission produite par le rarissime changement de spin de l'électron de l'atome d'hydrogène ; les grandes masses d'hydrogène contiennent un nombre si gigantesque d'atomes que ce rayonnement devient perceptible. Il nous donne alors l'image de la répartition des nuages d'hydrogène dans la Voie Lactée explorée ainsi de l'intérieur. Par effet Doppler-Fizeau, le mouvement de rotation différentielle de la Galaxie est même mis ainsi en évidence.

4. En ondes millimétriques de 12 mm. Le rayonnement est émis par des particules de faible énergie, ce qui est perçu est le rayonnement du "fond du ciel", ce rayonnement fossile provenant du grand boum initial et qui correspond à la température du corps noir à 2,7 K. On a d'abord considéré ce rayonnement comme parfaitement isotrope. Puis l'affinement des mesures à quelques millièmes de degré près a mis en évidence une dissymétrie, le signal est plus fort de 3 millièmes de degré d'une partie à l'autre.

Pouvait-on expliquer cette infime différence de longueur d'onde par effet Doppler ? Oui, elle est due au mouvement de la Terre par rapport au "fond du ciel". Le mouvement de la Terre sur elle-même et autour du Soleil ne rend compte que de 10% du décalage ; il faut ajouter le mouvement de notre Galaxie vers un point du ciel dans la constellation de l'Hydre à une vitesse de 600 km/s. Ce dernier mouvement se décompose en deux parties, la chute de notre groupe local de galaxies vers l'amas de la Vierge (qui est beaucoup plus massif) et la partie la plus importante est le mouvement de tout notre environnement (amas de la Vierge compris) vers une région appelée "le Grand Attracteur" qui devrait être observée dans le futur avec plus de détail. "Grand Attracteur", appellation dangereuse si on lui donne une connotation magique ou métaphysique, mieux vaut s'en tenir à l'idée de mouvement, d'évolution et d'étude à poursuivre pour comprendre mieux.

5. En ondes millimétriques de 5 mm relatives à une transition sur la molécule du monoxyde de Carbone qui est un excellent traceur des nuages moléculaires (nuages géants de gaz et de poussières contenant une grande variété de molécules des plus simples aux plus complexes en passant par le radical OH et l'alcool éthylique. Des télescopes installés l'un au Chili, l'autre en

plein Manahattan nous ont donné cette image du ciel en CO.

6. En infra rouge, entre 10 et 100 microns, tel que le ciel a été observé par le satellite IRAS : mise en évidence, d'une part des poussières, en biais on voit la trace du plan de l'écliptique et ailleurs des régions particulièrement riches en poussières où l'on peut voir de véritables nids d'étoiles en formation et, d'autre part de très grosses molécules en particulier des hydrocarbures polycycliques aromatiques qui ont plus d'énergie que leur environnement et émettent un rayonnement puissant autour de 12 microns.

7. En infra rouge toujours, se superposent au rayonnement continu qu'on vient de citer l'émission de sources ponctuelles ; le satellite IRAS a recensé 245 889 sources dont 25 000 galaxies pour la plupart de formes spirales comme la nôtre réparties uniformément dans le ciel, 100 000 enveloppes de matériau froid que les étoiles expulsent à l'état de géantes. On distingue aussi des étoiles froides concentrées dans le plan de la Galaxie et des nuages infra rouges de matériau froid relativement proches de nous.

8. En rayons X de longueur d'onde de 40 à 80 angström, on obtient une carte du ciel qui est en quelque sorte complémentaire de la carte n°3 en hydrogène. Le milieu interstellaire de notre Galaxie, composé d'hydrogène neutre et de poussières absorbe le rayonnement X. La montée de l'intensité X vers les pôles galactiques est probablement due à l'existence de gaz très dilués et très chauds dans un immense halo entourant notre Galaxie.

9. En rayons X encore mais en évitant de noyer les sources individuelles dans la somme du rayonnement X, on identifie des sources ponctuelles sur toute la sphère céleste. Certaines situées dans le plan galactique sont indentifiées comme provenant d'étoiles normales ou bien d'étoiles doubles avec échange de matière de l'une des composantes à l'autre ; ou encore des restes de supernovae. D'autres, réparties sur toute la sphère céleste sont des galaxies normales, des galaxies actives ou encore des amas de galaxies. Un grand nombre de sources sont de nature inconnue.

10. Les sources gamma de longueur d'onde de  $10^{-10}$  à  $10^{-13}$  cm. Quelques dizaines de sources ont été identifiées. L'aspect du ciel en gamma ressemble au ciel de la carte 5 relatif à la molécule CO parce que des rayons cosmiques très énergétiques frappent des nuages de gaz et provoquent ce rayonnement. Quant à la cinquantaine de sources, cinq sont des pulsars (Crabe, Vela, Geminga,...) et une vingtaine des quasars et des noyaux actifs de galaxies.

Au delà du rayonnement gamma, il y a des physiciens qui cherchent. Quand on sait quelle est la situation actuelle en physique des hautes énergies avec plusieurs centaines de particules différentes, on peut penser que cette profusion appelle une théorie simplificatrice. Et c'est là que physique et astrophysique se rejoignent. Devant le coût des grands accélérateurs de particules, des physiciens de plus en plus nombreux pensent que c'est par l'astrophysique qu'on trouvera ces idées simplificatrices. Des observatoires s'en préoccupent à Hawaï ou en France, dans la Cerdagne, sur le site de Themis, le centre solaire désaffecté où l'on observe le rayonnement de  $10^{12}$  à  $10^{15}$  eV provenant des pulsars.

## LA TERRE ET LA PLANETOLOGIE

Au vingtième siècle, la Terre est considérée comme une machine qui évacue sa chaleur interne par convection. Depuis 1955, la géophysique étudie le mouvement des plaques qui flottent sur le manteau visqueux ; aux limites des plaques, quand elles se rencontrent, ou se glissent l'une sous l'autre, des failles et des volcans apparaissent. Les progrès de la géophysique ne peuvent cependant provenir de l'expérimentation, il est exclu de provoquer des tremblements de Terre rien que pour les observer. Une autre voie existe pour la recherche, comparer la Terre à d'autres planètes ou aux satellites, les gros ou les plus petits, les plus denses ou moins denses, les plus chauds ou plus froids, ceux de composition chimique différente... Donnons deux exemples de cette méthode : la climatologie, la volcanologie

Etudier les mouvements de l'atmosphère terrestre, ses échanges avec les océans, se révèle une tâche très complexe, tant sont nombreux les paramètres dont il faut tenir compte. De plus, la Terre tourne très vite sur elle-même d'où l'existence d'effets Coriolis qui compliquent les équations du modèle qu'on voudrait construire. Au contraire, si vous observez Vénus : il n'y a pas d'eau à la surface et la planète tourne lentement sur elle-même. Le modèle de l'atmosphère vénusienne sera plus facile à construire. En revenant ensuite à l'atmosphère terrestre, c'est à dire en appliquant à celle-ci le modèle de Vénus modifié, on a l'espoir de progresser. Dans le même ordre d'idées, une thèse soutenue cette année consistait à appliquer un modèle de l'atmosphère de la Terre aux atmosphères de Titan et de Mars et de comparer les résultats du modèle avec les observations spatiales : l'accord devenait excellent en modifiant le modèle initial. C'est ainsi que l'observation d'autres atmosphères a permis de progresser dans la connaissance de la nôtre.

Cet exemple est une bonne réponse aux critiques qui s'étonnent qu'on aille s'intéresser aux atmosphères de Titan et de Mars. Il est pourtant clair que si on ne sait pas résoudre un problème, ce n'est pas en restant le nez dessus qu'on trouvera une solution. Mieux vaut prendre du recul.

Autre exemple significatif, le volcanisme. Sur la Terre, c'est un cas très particulier qui est la manifestation d'un phénomène très général dans le système solaire. Il y a des volcans en activité sur Io, des volcans éteints sur Mars, des volcans sur Vénus, des geysers sur Triton.

Bref, pour bien connaître la Terre, en comprendre toutes les particularités, il faut étudier les planètes et les comparer entre elles. Il est navrant de constater qu'en 1993, il y a encore des peuples qui se massacrent pour des questions de pointillés sur la surface de la Terre alors que, depuis moins d'un demi-siècle, les planètes qui, jusque-là, n'étaient que des points mobiles dans le ciel étoilé, sont devenues de vraies planètes ayant beaucoup à nous apprendre sur elles-mêmes et sur notre Terre. Un rêve ancien, aller sur d'autres mondes, est devenu réalité. Le système solaire a été bien inventorié dans sa diversité : ses neuf planètes dont quatre grosses qui ont beaucoup de satellites et des anneaux, des plus petits débris,

comme notre Terre, le troisième à partir du Soleil et beaucoup de très très petits objets.

Retenir que la diversité des objets est la conséquence naturelle de la diversité des masses. Les plus grandes masses dans l'Univers sont celles des amas de galaxies, fragmentés en galaxies, elles-mêmes fragmentées en amas d'étoiles. Viennent ensuite les étoiles elles-mêmes au sein desquelles la température suffisamment élevée permet le démarrage des réactions nucléaires et le rayonnement de l'étoile. En-dessous les naines brunes, soupçonnées mais non encore observées, boules de matière dégénérée, ont des masses comprises entre un dixième et un centième de masse solaire. En-dessous viennent les masses des grosses planètes, puis celles des petites comme la Terre, puis les corps encore plus petits comme les astéroïdes, les comètes ou les petits satellites. Enfin le milieu interplanétaire est loin d'être vide, il contient du plasma et des poussières.

Ce système solaire est-il unique en son genre ? Beaucoup d'astronomes pensent que non, que parmi les centaines de milliards d'étoiles de la Galaxie, le Soleil n'est pas la seule étoile à posséder un cortège de planètes. Mais on n'a encore jamais prouvé leur existence. Même si des signes, comme le disque de gaz observé autour de l'étoile  $\beta$  Pictoris montre qu'il existe bien de la matière autour des étoiles ; l'absence de poussière au plus près de l'étoile est-elle le signe de l'existence d'une planète de quelques masses terrestres qui aurait repoussé ces poussières vers l'extérieur ? On se pose la question.

### LA FORMATION DU SYSTEME SOLAIRE

L'observation nous a donc appris la diversité des objets dans le système solaire, ce qui nous fait comprendre le rôle de chaque paramètre. Nous avons aussi acquis l'idée d'évolution. Platon la refusait et la confondait avec l'idée de dégénérescence ; Aristote développa les mêmes idées. Mais l'évolution est le propre de l'Univers où rien n'est figé. Descartes, avec sa théorie des tourbillons, ouvrit la voie à l'idée d'évolution.

On se posa alors la question, comment le système des planètes s'est-il formé ? Le naturaliste Buffon, au XVIII<sup>ème</sup> siècle imagina qu'une comète avait arraché un morceau de Soleil pour former la Terre. L'idée, reprise par l'école anglaise, remplace la comète par une étoile, objet autrement massif, pour arracher au Soleil la matière des planètes. Cette théorie catastrophique est aujourd'hui abandonnée ; en particulier, une matière prise dans le Soleil ne contient pas de deutérium lequel existe dans les planètes. La théorie évolutive de la formation du Soleil et des planètes peut au contraire être fondée sur de solides arguments, les planètes et le Soleil se sont formés à partir d'un nuage de gaz et de poussières, la partie centrale la plus massive devenant une étoile, le Soleil, après s'être effondrée sur elle-même sous l'effet de la gravitation alors qu'à la périphérie, plus froide, des "grumeaux" ont constitué les planètes.

Des données observationnelles confirment ce scénario :

- Les orbites des planètes sont toutes dans le même plan révélant qu'à l'origine, il y avait un disque continu de matière.

- Il y a un problème quand on considère la répartition des masses et des moments cinétiques entre Soleil et planètes ; les données conduisent à un apparent paradoxe, 99% de la masse totale est dans le Soleil alors que 98% du moment cinétique est dans les planètes. Le paradoxe a été levé quand Evry Schatzman a montré que le champ magnétique du Soleil freinait la rotation propre du globe solaire.

- La composition matérielle des planètes : dans le Soleil, moins de trois atomes de deutérium pour dix millions d'atomes d'hydrogène alors que dans les planètes on trouve un atome de deutérium pour seulement cent mille atomes d'hydrogène. Cela confirme que les planètes ont été formées à partir d'un matériau froid (la périphérie de la nébuleuse) et non de matériau chaud (près du Soleil).

On peut donc conclure que les planètes ne proviennent pas du Soleil par arrachage mais à partir de fragmentations de la périphérie du disque solaire.

Avant de décrire plus avant ce scénario, distinguons bien, dans toutes les sciences, l'acquis, le très probable et le spéculatif. Exemples : "La Lune tourne autour de la Terre", c'est acquis. "Le scénario de la formation évolutive du système solaire", bon exemple du très probablement vrai. "L'Univers est en expansion", c'est certain mais pas à 100%. "Les quasars sont d'immenses trous noirs", c'est pour l'instant la meilleure explication du phénomène quasar mais c'est encore spéculatif

Revenons à la formation du système solaire. Dans un très grand nuage de gaz et de poussières, il y a d'abord fragmentation, phénomène encore mal compris, et formation d'un nuage plus petit qui tourne sur lui-même. Au sein de ce nuage, la gravitation rassemble au centre la plus grande masse et forme le Soleil tandis qu'à la périphérie, la rotation aplatit le nuage en un disque ; force centrifuge et frottements y concourent. Pendant un temps très court à l'échelle astronomique, 25 millions d'années, le Soleil s'effondre sur lui-même ce qui dégage beaucoup d'énergie - le Soleil est alors plusieurs dizaines de fois plus brillant qu'aujourd'hui.

Quand la température au centre du Soleil atteint le million de degrés, les réactions nucléaires s'engagent, la contraction s'arrête - la pression de radiation équilibrant la gravitation - le Soleil adopte son régime de croisière, celui d'une petite étoile économe de ses réserves. A la périphérie du disque, le gaz se refroidit ; au plus près du Soleil, des éléments réfractaires se constituent alors que plus loin, des glaces d'eau, de méthane, d'ammoniaque ou de monoxyde de carbone se forment.

Dans le disque, des défauts d'homogénéité entraînent la formation de planétoïdes, fragments de toutes dimensions qui s'entrechoquent et se brisent ou s'agglomèrent. Les calculs montrent que se formerait facilement une cinquantaine de petites planètes mais pas les 9 grosses que nous connaissons. On peut le comprendre ainsi : si les orbites sont circulaires, les vitesses relatives de deux objets qui se cognent sont faibles donc agglomération plutôt qu'éclatement. Si les orbites sont elliptiques, les vitesses relatives sont plus grandes, le risque de rupture en débris plus grand, mais les orbites elliptiques permettent de ratisser les

matériaux plus largement. Pour permettre plus efficacement l'agglomération de grosses planètes, des phénomènes de résonance associés aux collisions et à la gravitation ont dû jouer un rôle de "confinement gravitationnel" semblable à ce que l'on observe aujourd'hui dans les anneaux des planètes avec leurs satellites gardiens et leurs arcs et anneaux minces.

Quand la planète est formée, comme l'huile et le vinaigre initialement mélangés, les éléments les plus lourds tombent au fond, les matériaux se répartissent selon leurs densités respectives, un noyau de fer ou de nickel, les matériaux légers au-dessus sur lesquels viendront flotter les continents, encore plus légers. Au début, les collisions avec les planétoïdes, donc les bombardements, seront intenses, mais ils iront en diminuant de façon exponentielle.

Pour comprendre la formation du système solaire, il faut donc étudier les petits corps plutôt que les gros. Ces derniers nous renseignent sur leur évolution qui a effacé les conditions initiales. Les petits corps, au contraire, les comètes, les astéroïdes et même les météorites nous présentent ces objets dans leurs conditions de formation. Il y a deux mois, la sonde **Galileo**, en route vers Jupiter, a photographié l'astéroïde Ida qui a 15 km de diamètre. Un tel objet, de même dimension que le noyau de la comète de Halley ou que Phobos sont des descendants directs de morceaux de la nébuleuse primitive, la comète un planétoïde du froid des confins du système solaire, l'astéroïde un planétoïde des régions plus chaudes.

Le projet **Rosetta** consiste à lancer une sonde qui permettra de collecter certains morceaux de comètes et de les rapporter sur Terre après avoir visité quelques astéroïdes. Ce projet se développera jusqu'en 2010. Ces petits corps seront les "pierres de Rosette" (d'où le nom de la sonde) sur lesquelles est inscrite l'histoire du système solaire.

Envoyer des sondes coûte cher. A moindres frais, il y a des informations à glaner dans les météorites qui tombent sur la Terre. Là, il suffit de se baisser pour les ramasser ; la récolte a été particulièrement fructueuse sur les glaces de l'Antarctique. Donnons un exemple de résultats obtenus de cette façon : la mesure d'un excès de l'isotope 26 du magnésium par rapport à l'isotope 24 montre que la météorite a été bombardée, au moment de sa formation par l'isotope 26 de l'aluminium (parent par radioactivité de l'isotope 26 du magnésium) provenant d'une supernova voisine. Ce qui ne signifie pas que la supernova est la mère du système solaire mais qu'elle a été "dame visiteuse" lorsque notre système était encore en "maternité".

Deux remarques encore. Toutes les informations contenues dans ces petits objets ne sont pas comprises, 95% d'entre elles restent à déchiffrer. Quant au phénomène de la vie, il y a sur Terre tous les éléments nécessaires à son apparition et à son développement sans qu'il y ait besoin d'un apport extérieur. Par contre, les conditions dans lesquelles s'est trouvée la Terre ont joué un rôle considérable dans la naissance et l'évolution des vivants. La chute d'une très grosse météorite peut entraîner la formation d'un nuage de poussière à l'échelle de la planète et, par suite, perturber de façon plus ou moins durable le climat.

## VISITE RAPIDE AUX PLANETES ET A LEURS SATELLITES

**Mercure**  avec son sol fortement cratérisé présente un aspect voisin de celui de la Lune et pourtant les compositions internes des deux astres sont bien différentes.

**Vénus** , pudiquement enveloppée de nuages, a été bien explorée par des missions toutes réussies: mesures radar et mesures altimétriques ont permis d'avoir une bonne connaissance du relief de la surface. Mesures du champ magnétique et mesures gravimétriques renseignent sur la structure interne de la planète. On a découvert de nombreux volcans

Vénus, dont la masse est voisine de celle de la Terre, a une atmosphère bien différente, une température de 400°C, une pression de 80 atmosphères. L'abondance du monoxyde de carbone a entraîné par effet de serre, cette température élevée. En comparant avec l'atmosphère terrestre, on comprend bien que celle-ci est un véritable prolongement de nous-mêmes. La disparition de l'atmosphère terrestre conduirait à notre mort immédiate, la disparition de toute forme de vie entraînerait une modification majeure de l'atmosphère qui aurait alors une composition proche de celle de l'atmosphère de Vénus.

**Mars**  et son grand canyon ne pose plus les problèmes qui inquiétèrent les astronomes il y a encore moins d'un siècle. Rappelons cette fameuse hypothèse controversée des canaux martiens ; n'a-t-on pas trop tendance à faire dire aux données d'observation plus que les informations qu'elles contiennent ? Curieusement, alors que toutes les missions vers Vénus ont été réussies, vers Mars, il y a eu beaucoup d'échecs. La mission russe  **Phobos**  a échoué, récemment la sonde américaine qui devait se poser sur Mars a été perdue...

Mars est un objet intermédiaire entre, d'une part Mercure et la Lune, d'autre part la Terre et Vénus. Parmi les nombreux problèmes posés, la présence de lits de rivières asséchées atteste de l'existence d'eau liquide dans le passé et par conséquent d'une atmosphère différente de l'actuelle, excellent exemple d'évolution. Mars sera probablement, au XXI ème siècle, la prochaine étape de l'exploration humaine.

**La mission Voyager**  a accompli, en une douzaine d'années, une extraordinaire moisson d'informations sur Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, leurs satellites et leurs anneaux. La sonde elle-même a magnifiquement fonctionné, avec tous ses instruments d'observation, sa centrale nucléaire d'alimentation en énergie, sa modeste réserve de carburant pour alimenter ses petites fusées permettant de modifier son orientation propre. La sonde qui sort maintenant du système solaire emportait aussi des messages pour d'éventuels extraterrestres qui la récupérerait et 120 photographies voulant représenter un tableau de la civilisation humaine actuelle (voici un bon exercice à proposer à vos élèves ; quels sujets choisir pour ces 120 photos afin qu'elles soient vraiment représentatives de l'humanité actuelle).

La trajectoire de la sonde Voyager est une grande prouesse de calcul en mécanique céleste. Dès son lancement, la sonde avait atteint la vitesse d'évasion du système solaire, elle mit ainsi 8 heures pour dépasser la Lune (alors que les missions Apollo mettaient trois jours pour atteindre notre satellite) ; elle se servit alors de l'attraction de Jupiter pour se

diriger vers Saturne et, de même, atteindre ensuite Uranus puis Neptune à la précision du kilomètre près par rapport aux prévisions. Rappelons-nous aussi qu'en passant près de Jupiter, on a calculé sa trajectoire pour offrir la possibilité de photographier les satellites. Et comme il y a eu deux sondes Voyager, on s'est efforcé qu'en photographiant ces satellites, l'une et l'autre puissent les voir de côtés différents.. Bref une magnifique mission, "*le plus grand succès scientifique et technologique de notre siècle*" dit Stephen Jay Gould (La foire aux Dinosaures, p.441)

Passons en revue quelques unes des merveilles qu'elle a glanées...

- La première photo de la Terre et de la Lune ensemble, à la même échelle. L'apparence est celle d'une planète double ; le seul exemple du même ordre dans le système solaire est le couple de Pluton et Charon ; pour les autres planètes, les satellites sont toujours petits ou très petits par rapport à la planète.

- La photo de Neptune et de Triton marque la fin de la mission alors que la photo précédente était son premier exploit.

- Entre ce bon début et cette belle fin, une moisson de vues intéressantes comme Neptune avec ses grandes taches, les aspects si divers des quatre satellites galiléens, le très fin anneau F de Saturne avec ses deux satellites gardiens, les satellites sur la même orbite (Poincaré et Birrkhoff avaient pressenti au début du siècle qu'une telle particularité pouvait se présenter au cours de leurs études du problème des trois corps). L'image des anneaux de Saturne avec leur ombre sur la planète et la lueur d'un "clair d'anneaux" est un vrai chef d'oeuvre. Dans leur diversité, les satellites de Saturne n'ont pas fini de nous intriguer : Japet et la dissymétrie de ses deux hémisphères ; Encelade où apparaissent des coulées et des failles, témoignage d'une activité géologique encore inexplicquée sur un aussi petit corps ; Hypérioron à l'aspect très dissymétrique également et qui offre le premier exemple de mouvement chaotique (période de rotation variable autour d'un axe brusquement variable) ; surtout Titan dont l'atmosphère opaque d'azote pose de multiples problèmes. Titan sera l'objectif de la mission **Cassini** : construction de la sonde en 1995 qui sera alors testée avant d'être lancée en 1997 ; la rencontre avec Titan est prévue pour 2004, la fin de la mission pour 2007 après exploration de la planète, de ses anneaux et des satellites. Le dépouillement des données recueillies se prolongera ensuite durant plusieurs dizaines d'années.

Un regard sur Miranda, ce corps extraordinaire du système d'Uranus ou sur Triton, le satellite de Neptune. On y voit des volcans, des failles et même une trainée noire comme l'étalement d'une colonne de matière qui s'est élevée sur huit kilomètres avant d'être prise dans un courant de l'atmosphère, une sorte de geyser.

Un dernier regard sur les arcs d'anneaux de Neptune. Découverts par nous en 1984, confirmés en 1989 alors qu'on fêtait un bicentenaire, on les a dénommés Liberté, Egalité, Fraternité et quand un quatrième arc a été découvert par Cécile Ferrari et André Brahic, on l'a appelé Courage afin que les initiales des quatre arcs, C.L.E.F., nous rappellent que leur étude est peut-être la clef de la théorie du confinement de la matière.

Plus loin, on pense parvenir à la limite entre milieu interplanétaire et milieu interstellaire. Certains pensent l'avoir trouvée vers 40 unités astronomiques. Les sondes Voyager continueront à nous envoyer des messages jusqu'à 100 unités astronomiques, au-delà elles deviendront muettes. Pour aller plus loin, il faudra concevoir des sondes à moteur ionique. On peut rêver à des missions d'exploration vers d'autres planètes autour d'autres étoiles qui s'étaleront sur des durées de plusieurs siècles pour chaque mission.

Mais revenons, pour finir, sur le passé. Il a fallu près de 4000 ans à l'humanité pour qu'elle explore toute la surface de la Terre, 500 ans pour qu'elle comprenne la position de la Terre dans l'Univers, un petit demi-siècle pour qu'elle commence à explorer le système solaire par robots interposés. Tout cela n'est vraiment qu'un début. L'humanité est en enfance, il lui reste beaucoup à apprendre, il est temps de s'en occuper, priorité à la science.

### QUESTIONS EN FIN DE CONFERENCE

Les auditeurs ont pu voir quelques morceaux de films réalisés à partir des missions sur Vénus (un survol du sol d'après les relevés altimétriques) ou sur Triton (le développement d'un geyser, le film le plus court - trois images - réalisé à la plus grande distance de la Terre). André Brahic répond ensuite à quelques questions.

#### 1. Le volcanisme de Vénus est-il en relation avec une tectonique de plaques ?

- Le volcanisme sur Vénus est une découverte toute récente qui n'est pas encore complètement expliquée. En tout cas, il n'y a pas de mouvement de plaques ; on pense plutôt à des points chauds développés dans les courants de convection internes.

#### 2. Comment expliquer la grande vitesse de rotation de l'atmosphère de Vénus ?

- Brahic rappelle la belle découverte d'un astronome amateur, Boyer, magistrat à Brazzaville, qui observa une tache en forme d'Y dans l'atmosphère de Vénus et en déduisit une période de rotation de trois jours qui fut ensuite confirmée. On découvrit plus tard une rotation rétrograde de la planète en 250 jours. Comment expliquer ce phénomène de superrotation de l'atmosphère ? Certains pensent à un effet de marée thermique.

#### 3. Les vents de la tache rouge de Jupiter

- La tache rouge, grande comme la Terre, tourne sur elle-même en six jours. Mais sur Saturne, on trouve des vents encore plus violents, jusqu'à 1800 km/h et sur Neptune ils soufflent à près de 300 m/s.

#### 4. Verrons-nous la collision d'une comète avec Jupiter ?

- Une comète a frôlé Jupiter en 1992 et son noyau s'est brisé en 27 morceaux principaux. Ceux-ci reviendront dans les environs de Jupiter le 22 juillet prochain. Nous travaillons avec plusieurs observatoires pour surveiller la planète à cette date car la collision est probable, un événement à ne pas manquer, il ne se produit pas souvent au cours d'un millénaire. Il y a risque de ne rien voir si l'impact a lieu dans l'hémisphère de Jupiter non visible depuis la Terre. C'est pourquoi l'idée est venue - qui enthousiasme André Brahic - de ranimer la sonde **Voyager 1** et d'observer, grâce à elle, le phénomène "de l'extérieur". A la distance où se trouve la sonde, Jupiter n'est plus qu'un point mais en faisant dériver son image sur le détecteur on pourrait observer tout accroissement de luminosité dû à l'impact d'un projectile. Il n'est pas encore certain que ce projet soit mené à terme mais les collisions prévues pour juillet 1994 mobilisent déjà de nombreux astronomes.

Rédaction Gilbert Walusinski relue et corrigée par André Brahic

NDLR - Quelle que soit l'indulgence du conférencier pour le texte que lui a soumis le secrétaire, il est très évident que les mots imprimés n'ont pas la force de l'expression orale quand elle est portée par l'ardeur convaincante d'André et soutenue par la qualité exceptionnelle des images. Hélas, nous ne pouvions les reproduire en noir et blanc, c'eut été les trahir. Bref, ce texte ne peut être qu'un très pâle écho des trois heures de l'éblouissante conférence d'André Brahic.

## LA PECHE A LA LUNE : LE CLEA EN INDE

*Note de la Rédaction : Bien que Cécile Iwaniszewska ait écrit cet article sur place, à Pune, et que nous l'ayons reçu très rapidement au tout début du mois de septembre, il était trop tard pour l'inclure dans le numéro d'automne des Cahiers. Même avec trois mois de retard, nos lecteurs le liront certainement avec autant d'intérêt, et apprécieront la connaissance que notre amie de Torun a de la langue française !*

Quand je suis entrée dans l'auditoire n° 3 de l'I.U.C.A.A. (Centre Inter-Universitaire d'Astronomie et d'Astrophysique) à Pune, en Inde, un peu essouffée d'avoir voulu rattraper le temps perdu, car mon train de Bombay était en retard, et de ne pas trop manquer le début des ateliers, c'était justement le spectacle d'une pêche à la Lune (artificielle) qui s'offrait à mes yeux. La soixantaine de participants tenaient chacun une boule à la main et essayaient de la mettre en bonne direction par rapport à la lumière émise par le projecteur. Au milieu de ces personnes, se dressait la haute silhouette de Darrel Hoff, bien connue des membres du CLEA et des lecteurs des CC, qui dirigeait cette expérience. Et moi qui apportais justement un gros paquet de documents, dont la série de diapositives du CLEA " Les phases de la Lune" de Victor Tryoën et Daniel Toussaint, où l'on décrit une expérience similaire utilisant des boules, intitulée "la pêche à la Lune" !!! Mais en fin de compte cela s'est bien passé : n'ayant plus à expliquer en détails cette série de diapositives, j'ai pu parvenir plus vite aux conclusions.

Mais comment se fait-il qu'après avoir participé à l'Université d'été du CLEA en 1992 dans les Alpes, je me sois trouvée tout juste un an après en Asie du Sud, approximativement 67° à l'Est et 25° au sud de Gap ? Naturellement, c'est la faute de notre chère Présidente Lucienne Gouguenheim, qui se trouve être aussi la Présidente de la Commission 46 "Enseignement de l'Astronomie" de l'Union Astronomique Internationale, et qui m'avait demandé de représenter la dite commission pendant les Ateliers sur l'Enseignement de l'Astronomie pour les Enseignants du Secondaire du sous-continent indien. Le programme des deux journées, les 22 et 23 août 1993, était préparé par le professeur Alan Batten, de Victoria, au Canada, et par le professeur Haresh Dadish de l'IUCAA à Pune.

Il y eut 7 cours d'une à deux heures chacun. Quatre d'entre eux étaient plutôt théoriques : celui du professeur Jayant Narlikar, le célèbre cosmologiste, directeur de l'IUCAA, sur l'enseignement de l'astronomie comme un paradigme de la science ; d'Alan Batten sur l'utilisation de l'astronomie dans l'enseignement de l'histoire des sciences ; et les deux exposés du professeur japonais Syuso Isobe sur la pollution du ciel et sur les collisions possibles de la Terre avec des astéroïdes. Les trois autres exposés étaient plutôt pratiques, car ils étaient entremêlés d'expériences, comme celle que j'ai décrite au début de cet article. Il s'agissait de la présentation de Madame Nirupama Raghavan, directrice du planétarium Nehru à Delhi, portant sur des modèles simples à utiliser pour introduire des concepts astronomiques (elle montra en particulier le fameux bâton de Jacob) ; de celle du professeur Darrel Hoff, des Etats-Unis, sur diverses activités astronomiques pour l'enseignement des sciences ; et la mienne, sur les méthodes pratiques d'enseignement de l'astronomie.

Inutile de dire que j'ai parlé des méthodes pour les plus jeunes enfants réalisées en Italie

ou au Mexique ; des expériences de Roland Szostak sur la marche diurne du Soleil et la boule qui change de couleur pour illustrer les saisons ; de celles de Rosa Maria Ros-Ferré avec les étoiles variables. Mais la plus grande partie de mon exposé a été consacrée aux publications pédagogiques du CLEA. Car j'avais emporté en Inde les trois cahiers de fiches pédagogiques, trois séries de diapositives sur la Lune, les levers des astres et la rétrogradation de Mars et les trois transparents animés T1, T2 et T3 - le tout avec des traductions en anglais préparées spécialement pour cette occasion, qui me furent envoyées de Paris. Bravo pour le traducteur Jacques Vialle !!

En présentant les séries de diapositives, je me suis arrêtée particulièrement sur celles de Daniel Toussaint : "Les astres se lèvent aussi", non seulement pour donner toute la séquence du changement de la place du lever du Soleil au cours de l'année, mais pour expliquer comment on obtient la vue panoramique, comment la construire en classe, et comment utiliser toute la série des diapositives aussi bien sur le Soleil que sur les autres corps célestes. Bref, cela m'a pris 5 feuilles de transparents, et encore écrites d'une écriture serrée ! Les participants ont beaucoup apprécié la patience de Daniel, qui a dû mettre 4 années à attendre les conditions favorables pour obtenir le cycle complet des levers de Soleil vus de sa fenêtre à Aix-en-Othe. Et encore : une seule des 13 photos a été prise exactement le 21 du mois ; les autres l'ont été ou avant ou après. Mais les enseignants hindous ont ainsi commenté ces séries : "nous pourrions nous aussi obtenir des photos du lever du Soleil, des planètes ou des étoiles chez nous, chacun dans sa ville. Mais c'est l'explication des buts de ces photos et surtout les commentaires sur leur utilisation en classe, en grand ou en petit groupe (comme pour celles de la rétrogradation de Mars) qui nous seraient très utiles".

En présentant les fiches pédagogiques du CLEA, je me suis arrêtée plus spécialement sur l'Astronomie à l'Ecole Élémentaire. Ce volume m'est naturellement plus familier, car, avec l'autorisation du CLEA, il a été traduit en polonais par l'un de mes jeunes collègues de l'Institut d'Astronomie de Torun, Piotr Was (ce que l'on pourrait traduire par Pierre Serpent). C'est un petit livre qui porte sur la couverture le même dessin (un enfant apprenant à reconnaître les phases de la Lune) que dans l'édition française. Je pense qu'il sera mis à la disposition des enseignants de Torun et de la région voisine avant la rentrée, le 1er septembre.

Mais revenons donc à Pune. Après ma présentation, les enseignants de l'Inde ont fait le commentaire que les fiches semblent être des "guides pratiques" qui vous mènent d'activité en activité, qui vous donnent un tas d'activités pratiques. On voit tout de suite que ces problèmes et leçons ont été vécus par les auteurs, par des enseignants eux-mêmes. On a discuté de la possibilité d'en avoir des copies, et finalement c'est Madame Raghavan qui a conservé les trois volumes de fiches, pour son planétarium de Delhi, où elles seront copiées et adressées aux enseignants moyennant le prix de copie et d'envoi. N'est-il pas extraordinaire que les enfants en Inde puissent apprendre à connaître l'Univers grâce aux discussions menées au sein du Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA et des publications qui ont été réalisées par ce Groupe dans une autre partie du monde !

Et j'ai aussi pu montrer quelques uns des représentants du CLEA , grâce aux dessins de Daniel Bardin parus dans le n° 39-40 des CC, que j'avais copiés et collés sur un panneau faisant

face aux participants hindous. Même de loin, ils ont pu voir les "E" et les "A" qui sont à l'origine du GRP CLEA.

Maintenant, mon séjour à l'IUCAA touche à sa fin. C'est ma seconde visite à Pune : lors de mon premier séjour, il y a deux ans, l'Institut était en construction : les bureaux, la bibliothèque ou la cantine se trouvaient dans une suite de petites maisons voisines, destinées aux astronomes, dont la construction était déjà terminée. Maintenant, il y a deux complexes de bâtiments, tous d'un étage : le logement des personnels, AGASHGANGA (notre Galaxie) et la partie scientifique DEVAYANI (Andromède). Autour d'un grand gazon, il y a le bâtiment de l'administration ARYABHATA (du nom d'un astronome hindou du 5ème siècle), la salle de cours BHASKARA (astronome hindou, du 12ème siècle), la bibliothèque VAHARAMIHIRA (astronome du 6ème siècle), les laboratoires et centre de calcul BRAHMAGUPTA (astronome du 7ème siècle) et la cantine. Au quatre coins de cette place verte se dressent les statues de personnages célèbres : Aryabhata, qui avait déclaré que la Terre tourne ; Galilée qui montre du bras la partie du bâtiment où se trouve le pendule de Foucault, comme la plus belle démonstration de "E pur si muove" ; Newton, assis tranquillement sous un arbre et regardant la pomme rouge tombée à ses pieds (mais elle est très bien attachée, pour le cas où des visiteurs voudraient emporter un souvenir !) ; et finalement c'est Einstein qui, les mains dans les poches, regarde à l'infini, juste au-dessus du dôme de pierre qui montre une fois pour toutes quel était le ciel au moment de la fondation de l'IUCAA, le 29 décembre 1988, à 8 heures. Ah, j'ai bien regardé ces étoiles pendant le jour, quand le Soleil était là pour éclairer les trous percés dans le mur, mais ce n'était pas facile de retrouver même la Polaire ! Tout l'ordre des constellations m'a semblé renversé, car je me suis déplacée de ma latitude de 53° jusqu'à peu près 19° et la Grande Ourse n'y était plus visible, elle pouvait bien se baigner dans l'océan... (allusion à mon article du n° 61 des CC, en 1993).

Comme c'est maintenant la fin de l'époque humide, alors mon souvenir de Pune, cette fois, ce sera la verdure des arbres et des pelouses, les fleurs de toutes les couleurs, et les oiseaux qui chantent à tue-tête toute la journée. Le ciel reste couvert la plupart du temps ; il y eut deux fois de la pluie abondante mais vite passée. Cependant l'atmosphère reste trop humide et la chaleur est vraiment fatigante. Il fait bon de se réfugier à la bibliothèque, où il me semble même qu'il fait trop froid, d'où j'adresse aux membres du CLEA mes souhaits amicaux de l'Inde.

Pune, le 27 août 1993

Cécile Iwaniszewska, ordinairement à l'Université N. Copernic, Torun, Pologne.

---

#### UNIVERSITE D'ETE 1994

La prochaine Université d'été du CLEA, organisée par l'équipe d'Orsay, se déroulera du 9 au 18 juillet 1994, au col Bayard, à Gap.

Elle sera ouverte pour 50 participants ; surveillez le BOEN à partir du mois de mars 1994 !

---

#### REMETTEZ VOTRE PLANETAIRE A L'HEURE

Au 1er janvier 1994 les longitudes écliptiques géocentriques des planètes seront :

Mercure : 275°,1 ; Vénus : 271°,2 ; Jupiter : 210°,7 ; Saturne : 331°,2 ;

Uranus : 292° ; Neptune : 290°

## Vénus en 1994 . Trajectoire relative à la Terre et composition des vitesses

Avec cet article de Jean-Paul Rosenstiehl, nous ouvrons dans les **Cahiers Clairaut** une nouvelle rubrique sur les réactions des élèves vis à vis de cette option "Sciences expérimentales" et, plus particulièrement, ce qui concerne les parties Astronomie et Astrophysique. Merci à Jean-Paul de nous permettre de l'inaugurer avec cette fiche Vénus en 1994. En nous la transmettant, il ajoute que dans une autre classe, il a obtenu un grand succès avec le parapluie des constellations, qualifié "hyperintéressant" par ses élèves. Faut-il préciser que nous souhaitons recevoir beaucoup d'autres témoignages de cette qualité ?

La rédaction des **Cahiers Clairaut**

**1. But :** faire observer Vénus par les élèves le matin ou le soir à des heures "confortables" et vérifier ainsi des résultats obtenus grâce à une construction géométrique simple et à un peu de réflexion. Ce TP est plus particulièrement destiné à des élèves de Première S ayant choisi l'option sciences expérimentales (unité  $U_1$ ).

**2. Construction de la trajectoire de Vénus relative à la Terre :** La figure 1 donne les positions de Vénus et de la Terre dans le repère héliocentrique classique au premier jour de chaque mois de l'année 1994. Exemple : 1 correspond à la position de la planète Vénus et de la Terre au 1<sup>er</sup> Janvier ; 5 correspond aux positions le 1<sup>er</sup> mai, etc.

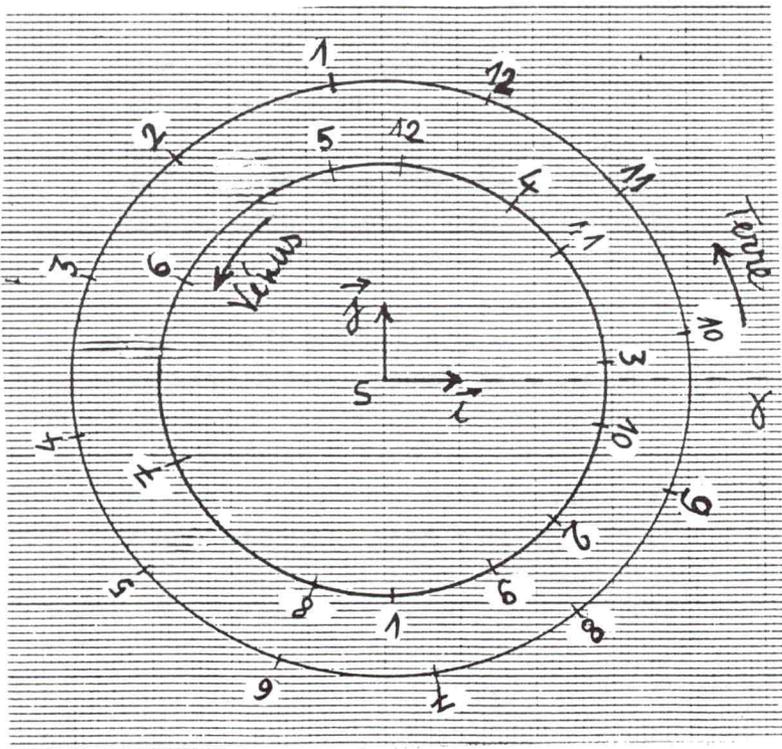


figure 1

Par un changement de repère ayant la Terre comme origine (repère géocentrique), on construit les trajectoires de Vénus (V) et du Soleil (S) telles qu'elles nous apparaissent de la Terre. Pour cela, prendre une feuille de papier calque. Marquer un point T (la Terre) au centre et

tracer un repère  $(T, i', j')$  orthonormé. Faire coïncider T avec chacune des positions successives de la Terre et en maintenant équipolents les repères  $(i', j')$  et  $(i, j)$  - repères en translation l'un par rapport à l'autre -, relever les positions de Vénus et du Soleil aux mêmes dates (c'est à dire pour les mêmes numéros). Reporter ces numéros avec les notations  $V_1, V_2, \dots$  ainsi que  $S_1, S_2, \dots$  sur le papier calque. Tracer en couleurs différentes les deux trajectoires obtenues en reliant par continuité les positions obtenues (figure 2)

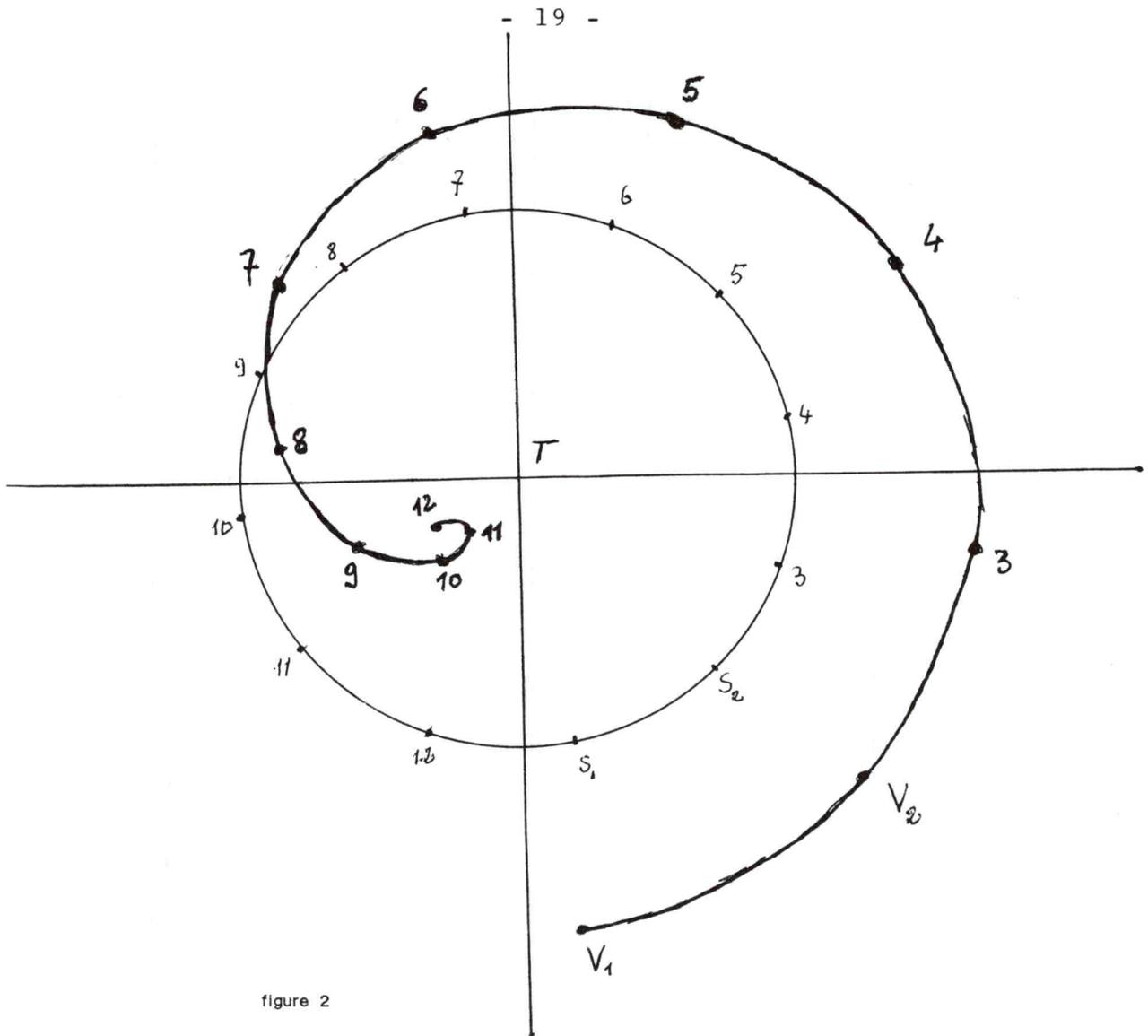


figure 2

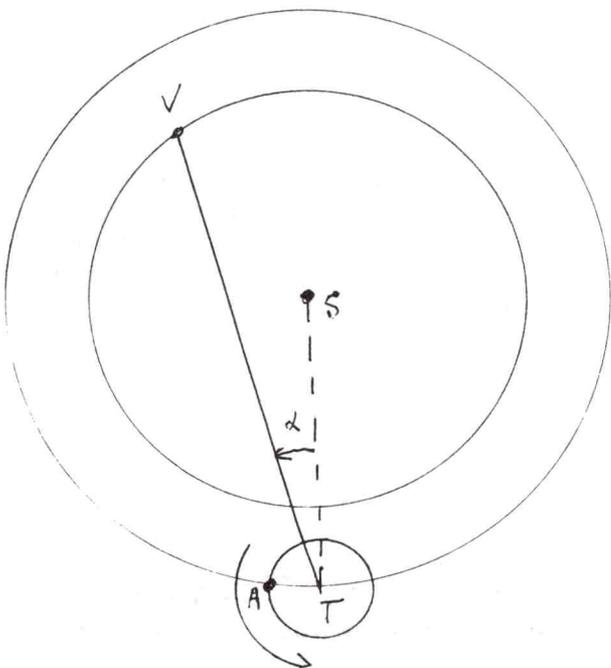
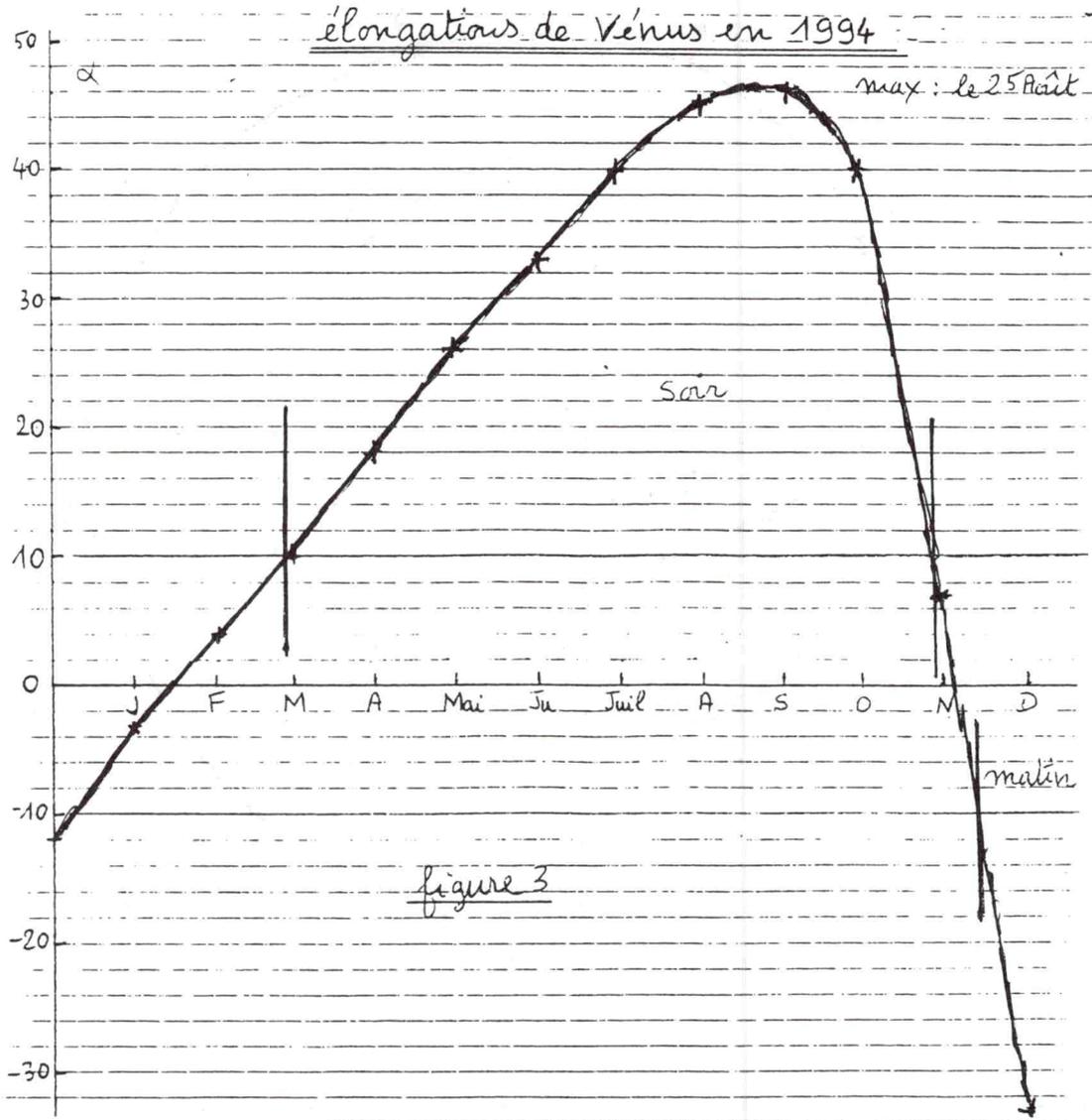
**3. Interprétation :** Vénus passe "derrière" le Soleil (conjonction supérieure) au début de janvier. A ce moment la distance qui nous sépare de "l'étoile du berger" est maximale. Ensuite elle se rapproche de nous jusqu'au mois de novembre (conjonction inférieure), alors la distance de Vénus à la Terre est minimale.

Pour avoir plus d'informations, on mesure les angles  $\widehat{(TS,TV)} = \alpha$  (attention aux signes !) : il s'agit des distances angulaires entre la direction du Soleil et celle de Vénus (ou **élongation de Vénus**). On représente graphiquement  $\alpha$  en fonction de la date. La planète est visible de la Terre si  $\alpha$  n'est pas trop petit en valeur absolue (proximité du Soleil). Prenons  $|\alpha| > 10^\circ$ . On voit sur la figure 3 que les périodes de visibilité sont les suivantes : de mars à novembre, le soir au coucher du Soleil et quelques heures après vers l'Ouest ; ensuite à la fin de l'année 1994 Vénus redevient visible le matin, vers l'Est, au lever du Soleil et quelques heures avant, plutôt vers le Sud-Est (cf figures 4).

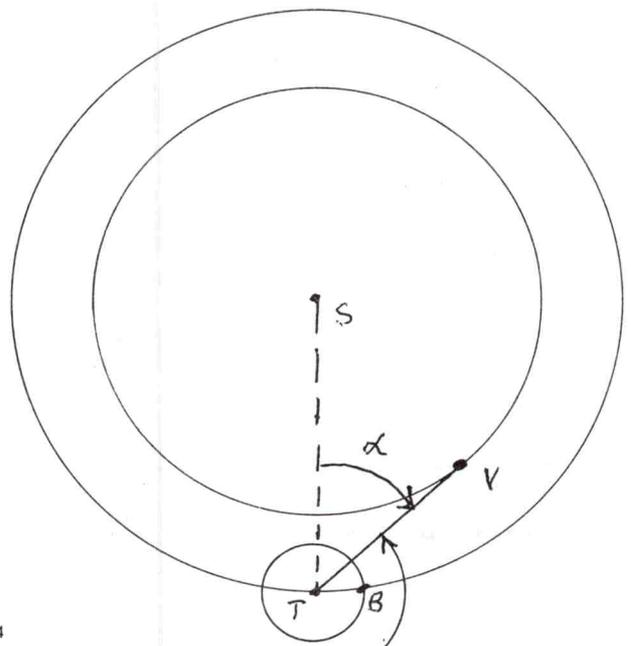
L'observation au télescope permet de voir les phases de Vénus, en particulier le croissant de la "rentrée 94" (fin octobre, le matin, ensuite le croissant du soir (en novembre)

**4. Composition des vitesses :**

On peut écrire  $\vec{v}_{V/T} = \vec{v}_{V/S} + \vec{v}_{S/T}$  ; or  $\vec{v}_{S/T} = -\vec{v}_{T/S}$   
 Ainsi on peut écrire  $\vec{v}_{V/T} = \vec{v}_{V/S} - \vec{v}_{T/S}$   
 {les notations sont évidentes :  $\vec{v}_{V/T}$  signifie vecteur vitesse de Vénus par rapport à la Terre}



Pour A le Soleil se couche  
Vénus est visible le soir  
 $\alpha > 0$

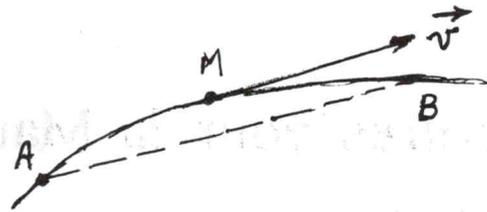


Figures 4

Pour B, le Soleil se lève  
V était visible un peu avant le matin  
 $\alpha < 0$

Méthode utilisée :

$$\vec{v} = \frac{\vec{AB}}{t_B - t_A}$$



Pour  $t_B - t_A$  on prend... deux mois ! C'est un peu fort mais la suite va montrer que le calcul reste valable. On pose  $t_B - t_A = 1$  unité.

Exemple : le 1<sup>er</sup> avril 94, point 4 sur la trajectoire de Vénus par rapport au Soleil (figure 1) ; on reporte sur papier calque le vecteur qui joint les points 3 et 5 ; on obtient le vecteur  $\vec{v}_{V/S}$  ; à son extrémité on ajoute le vecteur  $-\vec{v}_{T/S}$  pour la même date soit le vecteur qui joint les positions 5 et 3 de la Terre sur la figure 1. On complète ensuite le triangle et on constate que le résultat obtenu se superpose au vecteur  $\vec{v}_{V/T}$  sur la figure 2, c'est à dire au vecteur qui joint  $V_3$  à  $V_5$  (cf figure 5).

Même construction pour le 1<sup>er</sup> août 94, point 8 (cf figure 6)

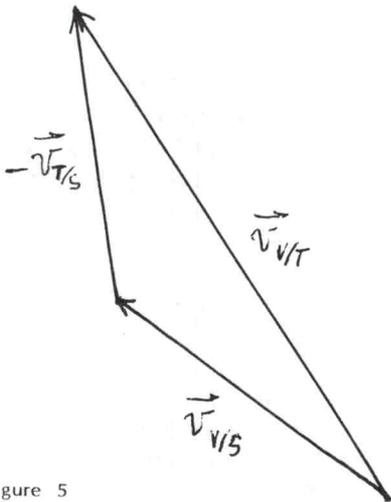


figure 5

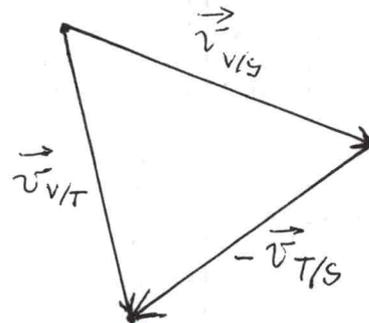


figure 6

Jean-Paul Rosenstiehl  
Lycée Montesquieu (Le Mans)

### Le CLEA en 1994

En 1994, les tâches du CLEA ne manqueront pas plus qu'en 1993.

Une bonne façon de participer aux activités du CLEA et à la bonne gestion de l'association consiste à renouveler sans tarder adhésion au CLEA et abonnement aux Cahiers Clairaut.

La fiche bleu incluse dans ce numéro vous y invite, pourquoi résisteriez-vous ?

## Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

**La vie à fil tendu** par Georges Charpak et Dominique Saudinos ; 232 p.; édition Odile Jacob 1993 (120 F)

Quel livre, mes Amis ! Lecture laïque et obligatoire ! Surtout ne la manquez pas, ce serait aussi impardonnable que d'aller à Florence sans avoir admiré le David de Michel Ange et vous imaginerez, quand vous l'aurez lu, d'autres comparaisons peut-être encore plus fortes.

Oui, c'est un livre magnifique parce qu'il vous donne à connaître un homme et sa vie de savant. Et quel homme ! Son ardeur à vivre est égale à son ardeur à chercher, à démêler les grands mystères de la physique des particules. Un homme hors du commun, certes, mais qui est aussi homme du commun comme vous et moi. Il nous parle directement, sans apprêt. Sa supériorité intellectuelle, reconnue par le prix Nobel, ne lui a pas tourné la tête, maintenant comme hier, il reste fidèle à sa jeunesse de jeune émigré curieux d'apprendre et de vivre, aimant et pratiquant la convivialité joyeuse.

Ce livre est aussi un beau témoignage d'intégration d'un jeune émigré juif venant de cette région d'Europe qui est à la fois Ukraine et Pologne ou alternativement selon les sursauts de l'Histoire. Dans les écoles laïques du quatorzième arrondissement de Paris, nul ne s'inquiète si le jeune Grisha est juif. Il faudra l'occupation et la police vichyssoise pour que l'étudiant soit condamné à deux ans de prison puis livré aux nazis qui le déportent à Dachau alors que, normalement, il aurait dû entrer à l'Ecole des Mines.

Au retour de cette sinistre épreuve et après passage à la dite Ecole des Mines, Charpak prend contact avec la recherche dans le laboratoire de Frédéric Joliot. Il est "pris" comme on dit du poisson qu'il est pris à l'hameçon, il a mordu à la recherche, il ne la quittera plus. Belle leçon d'équilibre, de sérénité, de solidité morale et intellectuelle. Modeste, également, il ne se prend pas pour un grand théoricien mais plutôt comme un expérimentateur. Il aime perfectionner les outils de la recherche et sa chambre multifils en est l'exemple type. Comme tous les esprits libres, Charpak est aussi à certains égards un marginal, il est tout étonné qu'on ait voulu de lui à l'Académie des Sciences.

Aujourd'hui, il reste beaucoup à faire, reconnaît-il. Qui saura détecter le boson de Higgs ? Et le problème de cette masse cachée de l'Univers, est-ce que l'étude du neutrino  $\tau$  permettra de résoudre cette énigme ?

Le savant qu'il est devenu reste fidèle en esprit aux engagements de sa jeunesse. Qui a connu comme lui les Auberges de la Jeunesse d'avant 1939 revit avec lui ces grandes espérances. Les épreuves et les grandes déceptions ne l'ont pas fait changer de cap. Il sait la valeur de la tolérance. Au cours d'un voyage il est mis en présence des membres d'un ashram aux environs de Pondichéry, leur mysticisme est à l'opposé de sa propre nature, il ne juge ni ne condamne.

Arrivé à l'âge de la retraite, il ne peut compétement quitter son laboratoire, rompre son lien avec le CERN où il a trouvé des moyens et un climat si favorables à ses recherches. Il rêve de nouveaux détecteurs de particules que la physique devrait donner aux biologistes et aux médecins de demain. Charpak n'est pas homme à rester spectateur, il aime la vie.

Merci à Dominique Saudinos qui a su convaincre son ami Georges de nous confier un peu de ses intimes convictions. Car c'est grâce à elle qu'ensemble, ils nous donnent un livre qui vous prend et qu'on n'oubliera pas

Gilbert Walusinski

## La fête à Kepler

En 1992 nous avons fait la fête à Galilée parce qu'avaient paru presque en même temps le **Messenger des étoiles** et le **Dialogue sur les deux grands systèmes du monde**, ces deux traductions éditées par le Seuil (cf CC n°59, p.20) et peu après le **Messenger céleste**, traduction cette fois éditée par Les Belles Lettres (cf CCn°60 p.25).

En 1993, nous sommes invités à fêter Kepler par la publication de deux traductions passionnantes :

**Le Secret du monde**, traduction et notes d'Alain Segonds ; collection Tel, 292 p. ; édition Gallimard 1993 (85 F)

### Discussion avec le Messenger céleste

#### Rapport sur l'observation des satellites de Jupiter

Texte, traduction et notes par Isabelle Pantin. Collection "Science et Humanisme" (introduction 126 p., texte, traduction et notes 196 p.). Edition Les Belles Lettres 1993 (275 F).

Prenons ces deux livres dans l'ordre chronologique de leur parution originale, le premier en 1596 (Kepler a 24 ans), le second en 1610 (il discute et commémore l'événement astronomique de l'année). Cela aura l'avantage de proposer une lecture de plus en plus jubilatoire.

Quand Kepler publie son **Mysterium Cosmographicum**, il est un jeune étudiant acquis aux idées de Copernic par son maître Mastlin. Il a quitté celui-ci et la bonne ville de Tübingen pour entrer au service de l'archiduc Ferdinand de Styrie "*chez qui je gagnais ma vie en composant un Pronostic de l'année que je devais de par ma fonction composer*". Mais ces obligations alimentaires lui pèsent et la défense des idées de Copernic lui paraît autrement prioritaire.

L'ouvrage figure au catalogue de la Foire de Francfort en 1596. Galilée depuis Padoue, Ursus depuis Prague, Limnaeus depuis Léna donnent leur avis sur le livre. Tycho Brahé qui a du quitter Copenhague n'écrit à Kepler qu'en 1597 ; il lui conseille *d'abandonner les spéculations a priori pour tourner plutôt son esprit vers les observations ... et de remonter seulement après vers les causes* " en suivant son hypothèse de préférence à celle de Copernic. La réaction de Tycho est bien naturelle ; pour cet observateur émérite, les cogitations de ce jeune théoricien sont à la fois intéressantes et risquées. Tycho n'est pas copernicien et Kepler l'est avec passion, il perfectionne même l'hypothèse copernicienne en prenant le Soleil pour centre du système (alors que Copernic plaçait le centre du système au centre de l'orbite terrestre ; Kepler, lui, est vraiment pour l'héliocentrisme).

Quant à la grande affaire du **Mysterium**, c'est le calcul des orbites avec cette idée qui nous paraît tellement incongrue de lier l'existence des six planètes alors connues aux cinq polyèdres réguliers (connus, eux, depuis Euclide). "*A ces cinq corps Dieu a rapporté le nombre des cieux, leur proportion et le rapport de leurs mouvements...*" écrit Kepler. Bel exemple de la force d'une idée a priori dans la tête d'un chercheur qui ne trouvera que plus de vingt ans plus tard sa troisième loi établissant cette harmonie qu'il pressentait entre distance de la planète au Soleil et période de sa révolution. Le modèle des orbites et des cinq polyèdres réguliers, Kepler y tenait comme à un guide pour ses recherches futures. Au cours d'un voyage à Tübingen ne souhaite-t-il pas faire réaliser un modèle de son système polyédrique sous la forme d'une fontaine ? Voilà une idée qui devrait inspirer un artiste pour orner une allée du parc de La Villette...(je trouve cette anecdote parmi les 90 pages de notes du traducteur qui font suite aux 200 pages de Kepler).

L'édition actuelle par Gallimard est la reprise d'une première édition par Les Belles

Lettres qui m'avait échappé en 1984. J'en ai remords et j'insiste donc pour que cette nouvelle édition connaisse le succès que cette traduction et ses notes méritent.

Venons-en maintenant à la **Discussion avec le Messenger céleste**. Nous sommes en 1610. Pour Kepler, les quinze ans passés ont été marqués par les progrès de son oeuvre. Il s'est réfugié à Prague où il a rencontré Tycho Brahé. Il a même hérité de ses archives quand il est mort en 1601. Kepler est devenu mathématicien de l'Empereur et en 1609, il a publié son **Astronomia Nova** ; les orbites circulaires, c'est fini, les orbites sont des ellipses. Et voilà qu'en cette fin de 1609, Galilée braque sa lunette vers le ciel, qu'en janvier 1610 il découvre les satellites de Jupiter, les montagnes de la Lune, les phases de Vénus et la myriade d'étoiles de la Voie Lactée... Kepler comprend aussitôt que l'exploration du monde vient de prendre un tournant fabuleux.

Dans les **Cahiers Clairaut** 23, 24 et 25, en 1983 – dix ans déjà – je commentais la lecture de la **Discussion avec le Messenger céleste** en suivant la traduction anglaise de Rozen, faute de pouvoir me référer à une traduction française. Saluons donc aujourd'hui ce nouvel ouvrage dû au travail et au talent d'Isabelle Pantin qui est superbement édité par Les Belles Lettres. En 1992, dans la même collection "Science et Humanisme", Isabelle Pantin avait publié sa traduction du **Messenger céleste** de Galilée (cf CC 60, p.25). Avec le même souci de documentation précise et complète attestée par l'importance en volume et l'intérêt permanent des introductions et des notes, elle nous donne aujourd'hui la réplique très vivante de Kepler aux découvertes du savant florentin. Ces deux volumes ne doivent pas être séparés et dans ma bibliothèque, je les vois qui se jouxtent, je dirais presque amoureusement. Après l'avoir écrit, je dois corriger le mot ; Kepler et Galilée avaient des tempéraments bien différents et la distance de Prague à Florence interdisait à l'époque des relations fréquentes ou familières. Mais on imagine chez Kepler l'estime et l'admiration pour les découvertes de son confrère et quant à Galilée, s'il n'a jamais je crois manifesté beaucoup d'intérêt pour les ouvrages de Kepler – de lecture difficile, il faut le rappeler – il est certain qu'il a dû jubiler quand il a reçu cette lettre rapide que nous lisons aujourd'hui sous le titre **Discussion avec le Messenger céleste**.

Oui, lettre rapide, écrite onze jours après avoir reçu, le 8 avril, un exemplaire du **Messenger** paru à Florence à la fin de mars. Les savants de l'époque ne disposaient ni du FAX ni du téléphone, mais ils nous donnent ici la preuve qu'ils savaient communiquer et manifester leur émotion devant les grandes découvertes. Kepler exprime son enthousiasme bien compréhensible à la lecture d'un ouvrage qui conforte ses convictions coperniciennes de toujours : la Lune n'est plus une exception, Jupiter a aussi des satellites ; surtout la lunette ouvre des horizons insoupçonnés à l'exploration de l'Univers. Les notes accumulées par Isabelle Pantin en marge du texte de Kepler nous font vivre la fièvre de l'époque à l'occasion de cette grande découverte.

Dans la **Discussion**, Kepler s'en tient au texte de Galilée ; en tant qu'astronome, il a hâte de disposer d'une lunette que Galilée lui a promise non pour vérifier ce que Galilée a annoncé – il a pleinement confiance en sa probité de chercheur – mais pour voir de ses propres yeux ces merveilles annoncées. Le **Rapport sur l'observation des satellites de Jupiter** qu'il écrit en octobre 1610 relate en détail ses observations d'août de la même année. C'est une réponse catégorique aux critiques et aux polémiques que la publication du **Messenger** avaient provoquées. Critiques souvent malveillantes d'anticoperniciens acharnés, critiques aussi des savants qui, sur le moment, ne pouvaient admettre la réalité des objets découverts grâce à la lunette. Fallait-il accorder foi aux images obtenues par un instrument qui accroissait de façon si étrange le pouvoir naturel de l'oeil ? Fallait-il considérer comme acquise l'existence d'objets – ici les satellites de Jupiter – que les Anciens de l'Antiquité n'avaient pas soupçonnés ?

Ces questions ne sont pas tellement étranges, ne nous en posons-nous pas de semblables devant certaines surprenantes affirmations de la physique quantique ? Le grand événement que fut la publication du **Messenger** touchait un plus vaste public que les savantes formulations de l'**Astronomia nova**. Si bien que, malgré la valeur et la grande

portée des lois de Kepler, c'est 1610 la date à retenir dans l'histoire de l'humanité. Une anecdote amusante en passant, Isabelle Pantin nous raconte que Henri IV aurait bien voulu que des astres lui fussent dédiés quand il apprit que Galilée avait nommé "astres médicés" les quatre satellites joviens ; comme on sait, Henri IV a eu juste le temps de regretter que rien n'ait été fait, en ce domaine, pour sa gloire....

Le résultat de tout cela : un grand tournant de la science, 1610 ; une grande lecture fameusement enrichissante en 1993 grâce à Isabelle Pantin.

K.Mizar

**Gros temps sur la planète** par Jean-Claude Duplessis et Pierre Morel ; 300 pages ; édition Odile Jacob 1993 (160 F)

Un géochimiste spécialiste en paléoclimatologie et le fondateur du laboratoire de météorologie dynamique du CNRS unissent leurs talents pour présenter un large panorama du climat et des cycles biogéochimiques qui assurent les conditions nécessaires à la vie sur la Terre. Cet ouvrage a une envergure qui dépasse les clivages habituels entre les disciplines ; son objet est finalement l'étude de l'évolution de la planète Terre dans son ensemble. Mais, de ce fait, le lecteur pourra rencontrer quelques difficultés ; en effet, qui est à la fois absolument à l'aise en géographie, en géologie, en biologie, en physique, en chimie et en astronomie ?... Chacun pourra donc peiner à tel endroit ou à tel autre mais, j'insiste, le plaisir et l'intérêt que l'on rencontre méritent bien cet effort !

La première partie évoque la collecte des traces des paléoclimats (dans les anciennes moraines, les sédiments marins, les glaces polaires, etc.). Ainsi une foule de renseignements s'organisent et une périodicité se précise dans les changements des climats. La recherche d'une cause de même période amène à prendre en compte les mouvements de la Terre (précession des équinoxes, nutation, variation de l'ellipticité de l'orbite). Et une détermination précise des différents paramètres permet de faire coïncider leur évolution périodique avec les variations climatiques.

La théorie astronomique des climats fournit donc une cause première relativement simple ; mais ensuite l'enchaînement des causes et des effets est d'une complexité inouïe, le nombre des quantités entrant en jeu énorme et seule la simulation sur de puissants ordinateurs a permis de confronter théories et observations.

L'étude des cycles du carbone, oxygène (et bien d'autres éléments) complète la compréhension du fonctionnement de la machine-Terre et des régulations qui ont produit la stabilité favorable à la prolifération de la vie. Tout cela est passionnant : l'ingéniosité et la subtilité des différentes sciences mises en jeu, la vision globale des interactions entre atmosphère, océans et continents ... et enfin la prospective...

La dernière partie présente une critique raisonnée des périls fréquemment annoncés par les médias : périrons-nous brûlés par les UV, noyés par la fonte des glaces, affamés par un hiver nucléaire ? Les scientifiques sont prudents mais ils ont tout de même des données auxquelles il est urgent de réfléchir, la tête froide.

Ce livre est passionnant par la documentation qu'il nous apporte et par les réflexions qu'il nous suggère en faveur d'une politique raisonnable de l'environnement. Une lecture qui cadre bien avec certaines parties des nouveaux programmes. Lecture très recommandée par conséquent.

Annie Laval

Actualité de l'enseignement de l'Astronomie

## La Terre et l'Univers

par Lucette Bottinelli, André Brahic, Lucienne Gougouenheim, Jean Ripert, Josée Sert

Collection "Synapses" - Sciences de l'Univers ; 176 pages ; édition Hachette 1993 (140 F)

La publication de ce livre coïncide heureusement avec l'introduction de notions d'astronomie dans les programmes des classes de lycée, soit dans le cadre de la physique, soit dans celui des sciences de la Terre. Son sommaire est éloquent :

- **La Terre dans le système solaire** (André Brahic)
- **Les mouvements de la Terre, de la Lune et des planètes** (Lucienne Gougouenheim, Jean Ripert, Josée Sert)
- **Le Soleil et les étoiles** (Lucette Bottinelli, Josée Sert, Jean Ripert)

Sommaire éloquent par le choix des thèmes aussi bien que par les noms des Auteurs, astronomes engagés depuis des années dans la promotion de l'enseignement de l'astronomie, enseignants ayant bénéficié des universités d'été organisées par les astronomes et engagés avec eux dans le travail pédagogique du CLEA.

Voici donc un ouvrage parfaitement adapté à l'enseignement d'initiation. Pas de formalisme mathématique rebutant, des notions simples et précises forment la structure des chapitres de présentation illustrés de schémas très clairs et de nombreuses photographies. Des activités ou des exercices sont proposés ensuite. Trois exemples typiques : "Quelle est la hauteur maximale d'une montagne sur une planète ?" (A. Brahic explique tout au long comment on peut donner une bonne réponse approchée). "Mouvements rétrogrades des planètes" (sujet complètement traité pour Vénus ; les lecteurs des **Cahiers Clairaut**, trouveront dans ce numéro une réponse complémentaire et les diapositives sur la rétrogradation de Mars sont disponibles). "Période de rotation propre du Soleil" (avec explication du relevé des taches là aussi des diapositives du CLEA, D7, seront bientôt disponibles).

On peut regretter que les figures soient en noir et blanc mais la couleur aurait certainement gonflé le prix du livre. De même on se prive d'index mais la table des matières détaillée y supplée. Tel qu'il est, par sa formule autant que par l'opportunité de sa parution, ce livre va marquer une date dans l'enseignement de l'astronomie.

\* \*

Permettons-nous de la marquer par un bref regard en arrière.

Si l'enseignement de la cosmographie dans les Terminales de lycée a disparu c'est qu'il avait longtemps dé péri, trop coupé de l'astronomie vivante. Le Congrès international de Grenoble en 1976 permit l'expression d'un souhait, celui d'une liaison entre enseignants et astronomes. Vous savez ce qui s'ensuivit : les écoles d'été, le CLEA, **Les Cahiers Clairaut**, etc. N'oubliez surtout pas la publication, dans la collection "Liaisons scientifiques" du livre de Lucienne Gougouenheim **Méthodes de l'Astrophysique** (éd Hachette 1981) qui prenait la formation des enseignants au sérieux. Il fallait ensuite penser à la mise en pratique. Vinrent alors les **Fiches pédagogiques du CLEA** (trois séries, école, collège, lycée) complétées aujourd'hui par **18 activités pratiques d'astrophysique pour les options de 1 ère S** (éd Belin 1993). Et pour clore provisoirement cette liste, **La Terre et l'Univers** qui adapte tout ce qui précède à la pratique effective dans les classes.

Insistons ici sur le "provisoirement". Car le mouvement est maintenant bien lancé. Ce qui prouve la validité de la formule de l'école d'été de Lanslebourg en 1977 par quoi tout a vraiment commencé. Formule qui n'a rien de magique, elle se résume en **LIAISON ENTRE LA SCIENCE QUI SE FAIT ET LA SCIENCE QUI S'ENSEIGNE**. Un assaisonnement est nécessaire : il faut des astronomes et des enseignants convaincus qu'il y a du bon travail à faire ensemble, tous également convaincus que ce travail d'équipe exige réflexion et ténacité

Bref, CLEA, tu sais ce qui t'attend.

Gilbert Walusinski

## 18 ACTIVITÉS D'ASTROPHYSIQUE OPTION SCIENCES EXPÉRIMENTALES – CLASSE DE 1<sup>ère</sup> S

**L**es éditions Belin et le Comité de Liaison Enseignants et Astronomes (CLEA) éditent un ensemble de 18 fiches pédagogiques portant sur l'option de sciences expérimentales de la classe de 1<sup>ère</sup> S.

Ces fiches proposent à l'enseignant des activités pratiques sur un thème astrophysique, portant sur les unités de physique U1 (Observateurs et Mouvements) et U3 (Rayonnement et Couleur) et sur l'option «Soleil» en Sciences de la Terre.

Elles concrétisent le travail de recherche mené au sein du CLEA et qui s'appuie sur des expériences menées par des enseignants avec leurs élèves ainsi que des échanges entre enseignants.

Elles proposent une démarche pédagogique qui privilégie certains objectifs, qui sont en particulier :

– de proposer aux élèves une activité motivante permettant une découverte, une réalisation ;

– de fonder ces activités sur l'observation astronomique ;

– de partir de l'observation ou de la manipulation, en passant ensuite à son interprétation, sans être excessivement tributaire de l'outil mathématique ;

– d'utiliser un matériel simple et peu coûteux.

**L**es fiches sont présentées selon un plan type, qui part des objectifs, décrit le matériel nécessaire, puis le déroulement des activités ; elles comportent également des conseils pratiques et des documents à utiliser par les élèves : elles proposent souvent des exercices et donnent enfin une bibliographie et des informations complémentaires pour l'enseignement.

### Sommaire

1. Carte céleste
2. Carte du ciel mobile
3. La précession des équinoxes
4. Rotation du Soleil
5. Orbite de la Lune
6. Planétaire héliocentrique
7. Vénus : visibilité et phases
8. Orbite de Mars
9. Mouvement rétrograde de Mars

10. Vitesse orbitale de la Terre et distance du Soleil
11. Orbite d'une étoile binaire
12. Analyse du spectre de Saturne
13. La période de rotation de Mercure
14. Étude du spectre d'une étoile
15. Ciel bleu et Soleil rouge
16. Mesure de la constante solaire
17. Corps noir et température du Soleil
18. Corps noir et température des astres

– Annexe 1 : Le repérage dans l'espace et dans le temps

– Annexe 2 : Spectroscopie

– Annexe 3 : Les publications du CLEA

Les fiches 1 à 9 portent sur les changements de référentiel ; les fiches 10 à 13 sur l'effet Doppler-Fizeau ; les fiches 14 à 18 sur les spectres continu et de raies et le corps noir.

Les fiches 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16 et 17 peuvent être utilisées aussi dans le cadre de l'option «Soleil» du programme de Sciences de la Terre.

**La formation des éléments** . 35 ème Cours de perfectionnement de l'Association Vaudoise des Chercheurs en Physique (AVCP) ; 334 pages. 22-27 mars 1993.

Bien sûr, nous sommes habitués, adaptés pour vivre dans un univers matériel dont les éléments simples ont été si bien catalogués par les grands chimistes depuis Lavoisier et Mendeleïev. Si bien adaptés à cette situation de fait que nous sommes tout étonnés qu'on puisse au jourd'hui se poser le problème de la genèse de ces éléments, un des sujets les plus passionnants de la cosmologie scientifique. Nos Collègues des observatoires de Genève, Berne et Liège ont organisé, avec l'Association Vaudoise des Chercheurs en Physique un cours sur La Formation des Eléments que reproduit ce petit livre dont le sommaire souligne bien la richesse :

- Les pathologies du Big Bang par Hubert Reeves
- Formation et destruction des éléments légers dans l'Univers par Sylvie Vauclair (de l'Université Paul Sabatier à Toulouse)
- La formation des éléments dans les étoiles par André Maeder (Observatoire de Genève) et Corinne Charbonnel (Observatoire de Midi-Pyrénées)
- La composition chimique du Soleil par Nicolas Grevesse et Agathe Noels (Institut d'Astrophysique de Liège)
- Detection of Cosmic Rays par Hermann Debrunner (Physikalisches Institut, Bern) - le seul chapitre du recueil qui soit en anglais.
- Quelques résultats récents en astronomie spatiale par Thierry J-L.Courvoisier (Observatoire de Genève)

Un livre de haut niveau mais les amis de la Marquise peuvent faire l'effort de l'étudier, ils en tireront profit.

g.w..

**Du vide et de la création** par Michel Cassé , préface de Hubert Reeves ; 316 p.; édition Odile Jacob 1993 (150 F)

Dans la préface, Hubert Reeves nous prévient : "*Ce livre se présente, au premier degré, comme un ouvrage de vulgarisation scientifique*". Cet au premier degré ne manque pas de sel, vous avez tout de suite compris qu'il ne fallait pas prendre Michel Cassé pour un vulgarisateur.

La physique quantique et la cosmologie débouchent, pour qui en explore les profondeurs, sur des étrangetés qui ébranlent notre conception triviale de la réalité. Est-ce une raison pour divaguer dans les champs métaphysiques ? Michel Cassé s'en garde bien puisqu'il écrit : "*Tu ne regarderas jamais la cosmologie comme une théologie en voie de guérison*". Ayant relevé cette assertion dans la fin du livre, j'avais été engagé à le lire tout au long. J'achopai cependant assez vite, sans doute parce que je lisais "au premier degré". Quand je lus : "*L'alliage de la netteté et du tremblé conduit aux relations d'indétermination de Heisenberg qui posent des limites au flou de la description*" je me suis demandé si cette phrase apporterait beaucoup de lumière à qui ne fréquentait pas le quantique tous les jours de la semaine. Après tout, mieux vaut considérer ce livre comme écrit en marge de la physique.

Ce qui ne diminue pas l'intérêt de sa lecture. Ne trouvez-vous pas plaisir à relire **Promenades dans Rome** de Stendhal, même si vous connaissez cette ville comme votre poche (ce n'est pas mon cas) ? Vous piocherez dans le livre de Cassé des formules qui vous feront réfléchir. Trois exemples, pour goûter comme disent les cuisiniers :

- "*Je tiens personnellement pour un triomphe de la pensée que l'incertain puisse être codifié.*"

J'avais tellement apprécié les **Leçons d'à peu près** de G.Th.Guilbaud (éd Christian Bourgois) que je ne peux qu'approuver sans être bien sûr de suivre Cassé sur la même longueur d'onde.

- "*Voilà la physique admettant l'inconnaissable définitif et se permettant d'en jouer.*" A mon avis, cela voudrait dire qu'il y a des jeux dangereux. Mais l'inconnaissable définitif ne doit pas recouvrir n'importe quoi. Jeux dangereux, phrase dangereuse aussi. A mon avis, ne consommer qu'avec modération.

- "*Retenons que la mécanique quantique ne saurait autoriser une compréhension intuitive de la réalité.*" On s'en doutait bien avant de lire Cassé mais là on l'approuve pleinement.

Ce sont trois exemples, vous en trouverez d'autres. Notez qu'après deux grandes parties faites de chapitres très courts qui sont donc à lire au second degré (et vous me direz alors ce que signifie cette expression), le livre se termine par une centaine de pages d'annexes qui, elles, sont de la vulgarisation, donc à lire au premier degré. G.W.

**Dominos** - Une nouvelle collection de livres de poche, chaque volume 128 pages avec des illustrations en couleurs. Edition Flammarion 1993 (chaque volume 39 F)

La collection est dirigée par Michel Serres et Nayla Farouki qui veulent "mettre à la portée de tous la complexité du monde" Chaque DOMINO propose deux parties, d'où le titre de la collection, un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir. Dans chaque volume, une bibliographie et un index.

Parmi les premiers titres parus :

N°1 - L'espace pour l'homme par Pierre Léna : brève histoire de la conquête spatiale puis essai sur les perspectives de cette conquête pour l'humanité.

N°10 - La relativité par Nayla Farouki : le cadre est bien étroit pour un aussi grand sujet ; l'essai est pourtant intéressant.

De toute évidence cette nouvelle collection se présente comme concurrente des "Que sais-je ?" et puisque cette dernière a osé abandonner l'excellent livre de Paul Couderc sur l'astrologie (au profit d'une présentation sur laquelle il y a de multiples réserves à faire) voilà un beau sujet à proposer à Michel Serres et Nayla Farouki.

**Almanach des sciences 1994**, la science d'aujourd'hui ; format 245/290 mm, 266 pages, relié ; éd Hachette 1993 (220 F)

Dans ce livre, vous retrouvez une pléiade de collaborateurs éminents, Jean Audouze, Françoise Balibar, André Brahic, Georges Charpak, Jean Jacques, Jean-Marc Lévy-Leblond, etc. A eux tous, ils nous dressent un panorama de l'actualité scientifique à travers toutes les disciplines.

La division du livre en douze parties, douze mois, correspond à la formule "almanach". Chaque mois, on retrouve les mêmes rubriques, un chapitre d'histoire des sciences (exemple, la monnaie, de l'or à l'électron), un dossier (la biotechnologie ou bien l'anthropologie,...). Beaucoup de petites rubriques qui ne manquent pas de sel comme "la passion de la science" par Georges Charpak ou comme les interviews imaginaires. Vous lirez celle d'Einstein par Françoise Balibar, celle de Berthelot par Jean Jacques et celle de Galilée par Lévy-Leblond. Galilée y corrige ce qu'il aurait dit lors de son fameux procès : non pas "*Eppur' si muove*" (et pourtant elle bouge) mais "*Eppur' si muovera*" (et pourtant elle bougera), déclaration faite en pensant non à la Terre mais à l'Eglise.

Le livre est plein de belles et bonnes illustrations en particulier pour le fait astronomique du mois. Bref un bon livre d'étréne à consulter toute l'année. G.W.

## Les relectures du professeur Bigibus

N.D.L.R. François Biraud ayant lu dans les *Cahiers Clairaut* les inquiétudes de K.Mizar au sujet des prétendues observations des habitants de la Lune par John Herschel a retrouvé une excellente page de Camille Flammarion sur cette mystification. Le professeur Bigibus a relu ces pages d'un livre savoureux ; merci à François Biraud de nous donner à tous l'occasion de relire Flammarion une nouvelle fois.

Extrait de *LES MONDES IMAGINAIRES ET LES MONDES REELS, voyage pittoresque dans le ciel et revue critique des théories humaine, scientifiques et romanesques, anciennes et modernes, sur les habitants des astres* par Camille Flammarion (édition Didier et Cie, Paris 1868).

"... (p.546) Mais il n'en est pas de même de la fameuse mystification intitulée *Découvertes dans la Lune, faites au cap de Bonne Espérance, par Herschel fils, astronome anglais (traduit de l'américain de New York)*. Cette oeuvre mérite une présentation digne de sa juvénile ardeur et nous ne pouvons résister au désir de transcrire ici quelques passages. Le prélude est brûlant d'enthousiasme :

"Venez que je vous embrasse!... Vous nous apportez la nouvelle qu'il y a des hommes dans la Lune... J'en étais bien sûr ; je l'ai dit depuis mon enfance ; quand je rêvais à l'autre vie, c'était dans la Lune que je voulais aller... Oh! quel plaisir vous me faites!... Cette belle Lune !... Elle a donc des quadrupèdes, des végétaux, des mers, des lacs, des forêts. Oh! c'est divin!..Rochers de rubis et d'améthystes, arbres jaunes, chèvres unicornes, individus portant des ailes au dos pour planer comme des aigles... Oh!... cette belle Lune ! comme je vais la regarder tous les soirs... Et M.Arago ose dire que notre nouvelle est une mauvaise charge ! Disciples de l'Institut de France, écoutez."

L'exorde est ardent, l'exposition sera d'un calme homérique.

"Il est impossible de contempler une grande découverte astronomique sans se sentir pénétré d'un profond respect, sans éprouver des émotions qui ont une sorte d'affinité avec celles qu'une âme en quittant ce Monde doit ressentir, en s'initiant aux vérités inconnues d'un état futur. Liés ici-bas par les lois irrévocables de la nature, êtres perdus dans l'infini, nous semblons comme acquérir un pouvoir surnaturel et terrifiant, lorsque notre curiosité vient à pénétrer quelque-une des oeuvres mystérieuses et lointaines du Créateur..."

C'est en ce style noble que l'écrivain présente son odyssee. On donne d'abord la description du grand télescope, dont la lentille mesure 24 pieds de diamètre, et de tous les appareils astronomiques qui s'y rattachent, puis on passe aux merveilleuses découvertes. D'abord ce sont des végétaux aux formes bizarres et inconnues ; puis des édifices minéraux que les astronomes prennent abusivement pour des travaux de mains d'hommes ; puis des troupeaux de bisons portant au-dessus des yeux "une visière de chair traversant le front dans toute sa largeur et aboutissant aux oreilles" ; puis des unicornes, monstres de couleur mine de plomb, portant une barbe de chèvre – la femelle n'avait ni cornes ni barbe, mais sa queue était beaucoup plus longue– ; puis viennent des pélicans gris, dont les jambes et le bec sont démesurément longs ; un autre jour passe dans le champ télescopique une étrange créature amphibie, de forme sphérique, roulant avec une grande vélocité à travers les cailloux du rivage... Mais toutes ces observations ne satisfaisaient pas nos observateurs, qui ne se trouvant qu'à un demi-kilomètre étaient en droit d'espérer davantage encore. Aussi, un beau jour qu'ils considéraient la couleur cramoisie de la lisière d'une forêt suspendue, et comme toujours, au moment où ils s'y attendaient le moins, voilà quatre troupeaux d'être ailés qui sortent du bois et s'abattent dans la plaine. C'étaient enfin les Lunariens demandés, les hommes à ailes de chauves-souris. On s'empresse d'en prendre la description : "Vus à quatre-vingts mètres, par la lentille Hz, on peut les examiner dans toutes leurs parties. Ils avaient taille moyenne, quatre pieds de haut ; ils étaient couverts, excepté à la face, de longs poils touffus comme des cheveux, mais brillants et couleur de cuivre ; ils avaient des ailes composées d'une membrane très mince, lesquelles pendaient derrière leur dos très confortablement, depuis le haut des épaules jusqu'au molet. Leurs figures, d'une couleur de chair jaunâtre, était un peu mieux conformée que celle de l'orang-outang, etc"

Sir John Herschel était bien à cette époque au cap de Bonne-Espérance, pour une mission du gouvernement britannique ; mais nous savons, par l'un de nos amis qui se trouvait avec lui, qu'il fut le dernier au courant des bruits qui couraient sur son compte. "

## Un T.P. pour les jours d'équinoxe

La construction d'un cadran solaire demande généralement un certain bagage mathématique et le maniement de formules assez rébarbatives pour que l'apprenti en "gnomonique" se trouve rapidement découragé. Or, il se trouve qu'en effectuant quelques mesures très élémentaires au cours de la journée de l'équinoxe, il est alors facile de construire, à la règle et au compas, et avec du carton, l'appareil tant désiré.

L'appareil est en fait un petit observatoire astronomique qui permet de repérer, dans le référentiel terrestre, la trajectoire du Soleil... La manipulation proprement dite est certes longue, mais non fastidieuse : il faut surveiller l'extrémité de l'ombre d'un petit gnomon vertical et en repérer régulièrement la position sur le plan horizontal qui le supporte. Un point toutes les heures est suffisant si l'on peut envisager l'étude sur l'intégralité de la journée (disons de 10 heures à 16 heures pour rester dans un horaire scolaire ... le rythme des récréations pouvant alors servir de chronomètre!). Si l'on peut réaliser des mesures toutes les demi-heures, les résultats sont encore meilleurs.

Nous réaliserons le plan horizontal à l'aide d'une planchette soigneusement disposée avec un niveau à bulle, et portant une feuille de papier blanc. Le gnomon sera découpé dans du bristol selon le modèle de la figure 1 et collé sur un des bords de la feuille (fig.2) : son arête verticale (dont la longueur a été choisie  $L = 10,0$  cm) perce le plan horizontal en O. L'ensemble sera fixé pour toute la journée et disposé de façon à ce que les petits côtés de la feuille fassent approximativement face à l'Est et à l'Ouest, le grand côté le plus proche du gnomon faisant face au Sud. Ainsi, tout au long de la journée, pourra-t-on relever la trace de l'ombre du sommet S du gnomon sur la feuille blanche.

### CONSTRUCTION DE LA MAQUETTE

- 1) Reproduisez le tracé des points correspondant à vos observations sur la droite qui marque le pli d'une chemise de bristol.
- 2) A l'aide d'une équerre, tracez un perpendiculaire en O au segment AO.
- 3) Sur cette perpendiculaire, repérez le point B sachant que sa position doit être telle que la longueur du segment OB soit 10,0 cm.
- 4) Tracez un arc de cercle de centre A, de rayon AB et déterminez son intersection S avec la demi-droite AO.
- 5) A l'aide d'une équerre, tracez maintenant la perpendiculaire en S au segment AS, située, par rapport à AS, du même côté que B ; elle coupe la demi-droite AB en C.
- 6) Tracez un arc de cercle de centre A, de rayon AC et déterminez son intersection T avec la demi-droite AS.

Vous vous trouvez alors avec un tracé qui doit ressembler à la figure 3.

- 7) Découpez maintenant selon les traits indiqués en gras.
- 8) Marquez les plis indiqués par des tirets de façon à ce que les tirets constituent l'arête extérieure du pli.
- 9) Marquez les plis indiqués par des points de façon à ce que les pointillés constituent l'arête intérieure du pli.

Vous devez obtenir un objet spatial tel que celui représenté par la figure 4, dans lequel apparaît un nouveau stylet, construit sur la droite CS, dont il est intéressant d'analyser l'orientation : ce n'est rien d'autre que l'axe du monde et, accessoirement, le responsable des ombres dont la position indiquera les heures pendant les journées ensoleillées, pourvu qu'il soit correctement orienté. Une observation nocturne permettra de se convaincre que cet axe est bien dirigé vers la Polaire !



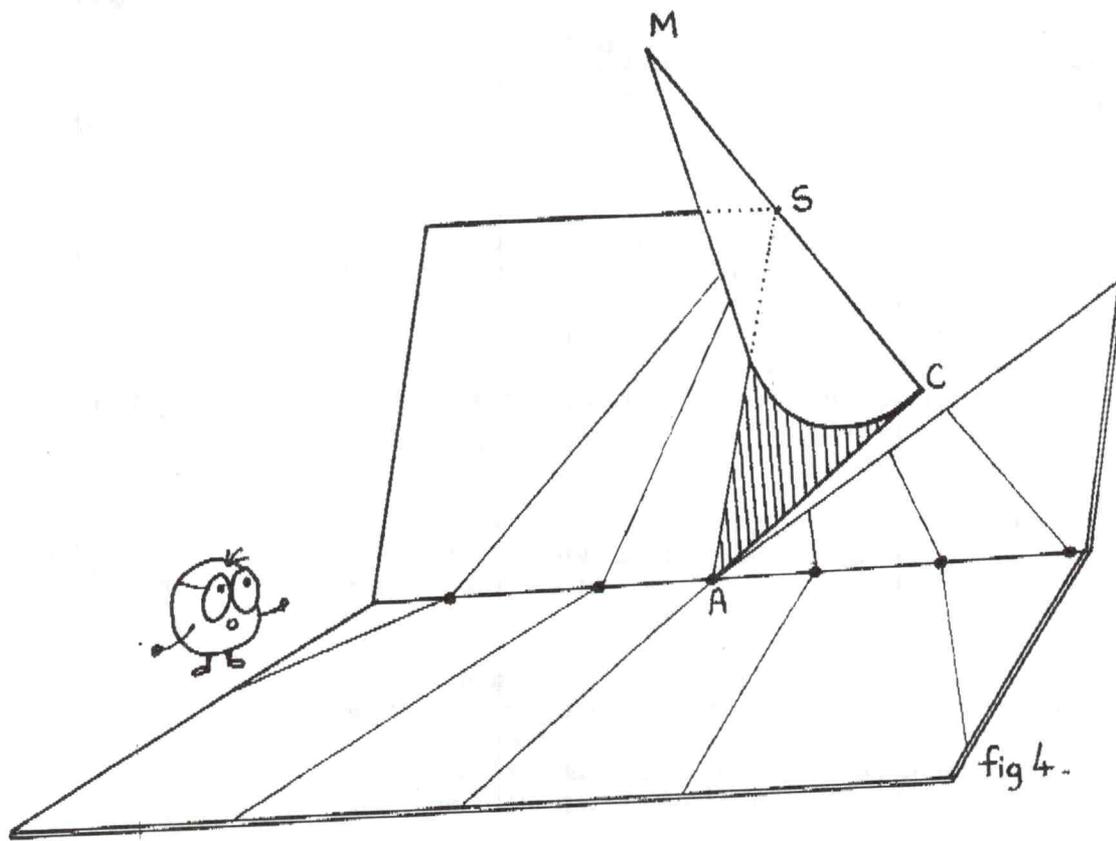
### EXPLOITATIONS

On peut maintenant relier le point S aux poits des enregistrements correspondant aux heures (10h, 11h, 12h,...) et constater que les angles définis ainsi mesurent  $15^\circ$ . Comment l'expliquez-vous ?

On peut, à l'inverse partir de la connaissance préalable de la vitesse angulaire du Soleil dans son mouvement apparent autour de la Terre (parcourant  $360^\circ$  en 24 heures) et, partant du point A comme représentant de l'heure de midi, graduer l'axe Est-Ouest en heures solaires... C'est ce qui a été réalisé sur le figure 3.

On peut aussi s'apercevoir (si l'on fait le T.P. à l'équinoxe d'automne) que le Soleil ne reviendra plus caresser la partie supérieure de l'appareil avant l'équinoxe de printemps, c'est à dire six mois plus tard ; il convient alors, si l'on souhaite continuer d'observer l'ombre projetée par le stylet CS sur une graduation en heures, de prolonger les segments issus de S en les liant aux heures sur l'axe Est-Ouest, par de nouveaux segments issus de T et passant aussi par les points représentatifs des mêmes heures...

L'appareil final aura alors l'allure de la figure 4 et n'aura rien à envier aux cadrans du même type mais réalisés à grand renfort de trigonométrie. Son utilisation est désormais facile... si l'on a opris la précaution de repérer correctement l'orientation de l'appareil (avec une boussole par exemple). Il ne reste plus qu'à souhaiter qu'il fasse beau pour le prochain équinoxe et que pliage et découpage restent encore des activités susceptibles de vous ravir



### LES RESULTATS...

Comme à midi le Soleil est vers le Midi, il est logique de retrouver l'ombre du stylet vers le Nord. Plus surprenant : tous les points sont alignés ! Cherchez à définir la direction de la droite ainsi matérialisée par rapport aux points cardinaux. Le fait que tous nos points soient alignés va simplifier notre tâche, mais cela n'est possible que deux jours par an, les jours d'équinoxe.

Voici, ci contre, une reproduction en vraie grandeur de l'enregistrement réalisé à Draguignan pour le dernier équinoxe d'automne...



Quand on sait qu'il est midi "solaire" lorsque le Soleil est au plus haut de sa course diurne, chacun comprend aisément que c'est l'instant où l'ombre du gnomon est la plus courte : une perpendiculaire menée du point O (la base du stylet) à la droite tracée, coupe celle-ci en A. La position de A permet de se convaincre qu'il est alors midi...passé de près d'une heure et demie...

Comment l'expliquez-vous ?

On comprend aisément que pour ces deux jours, et pour eux seuls (c'est de là que jaillit la simplicité de l'analyse), la trajectoire du Soleil est entièrement située dans le plan défini par la droite tracée et le sommet du stylet.

Il ne reste plus qu'à matérialiser ce plan en réalisant quelques constructions simples, à la règle et au compas. Un peu de réflexion permettra ultérieurement de les justifier de façon plus ou moins approfondie selon vos connaissances de mathématiques.

Francis Berthomieu

(Lycée Jean Moulin - Draguignan)

---

---

## Courrier des lecteurs

---

---

**Formation en planétologie.** Nous avons reçu, trop tard malheureusement pour la publier dans le Cahier de septembre, l'annonce de deux séries de conférences organisées par Jean-Paul Parisot à l'Observatoire de Bordeaux. Elles ont eu lieu les 22 et 23 septembre, puis les 19, 20 et 21 octobre.

**Un nouveau logiciel astronomique.** D'une lettre de notre Collègue Eric Lindemann : "*J'ai découvert un nouveau logiciel astronomique relativement bon marché et performant qui existe aussi bien en version Macintosh qu'en version IBM Compatible. Il s'agit de Expert Astronome. On le trouve chez*

Expert Software  
800 Douglas Road, North Tower 355  
Coral Gables, FL 33134 USA  
(305)567-9990"

**Société d'Astronomie de la Côte basque :** avec le G.E.R.M.E.A. elle organise des stages MAFPEN et des classes "Découverte en Astronomie".

Situé dans un village vacances à Anglet, à côté de Biarritz, le centre d'astronomie dispose de plusieurs salles équipées d'un riche matériel pédagogique dont un planétarium performant et un observatoire. Aux activités d'astronomie, de l'école primaire au lycée, s'ajoutent la découverte du Pays Basque et des jeux de détente : pelote basque, tennis, piscine, foot... Pendant les vacances de Pâques a lieu également un stage de construction d'instruments anciens : sphère armillaire, turquet, nocturlabe, cadrans solaires...

Pour tout renseignement s'adresser à Centre Vacances PENNAROYA, 1 allée de l'Empereur, 64600 ANGLET ; tél 59 63 03 01.

**Planétarium de Chatellerault :** Quand nous avons publié (CC62, p16-17) "PETITE HISTOIRE D'UN GRAND PROJET", nous avons omis de faire suivre l'article de notre Collègue Royer de sa signature et de l'adresse du planétarium. Merci à lui de nous aider à réparer cette fâcheuse omission:

**Planétarium du Collège George Sand**  
11 rue A.Ranc, 86100 CHATELLERAULT

**Nouvelles des planétariums :** Elles nous sont données par la feuille d'information de l'APLF dont le responsable est notre Collègue Philippe Huyard, Planétarium de Saint-Etienne, Espace Fauriel, 42100 STETIENNE. Un nouveau planétarium à 81360 MONTREDON LABESSONIE dont le responsable est Emmanuel Pellegrin (tél 63 75 63 12).

**Stages ANSTJ :** 1) Initiation à l'astronomie CCD, du 12 au 14 novembre 1993 ; 2) Traitement d'images en astronomie, du 5 au 6 février 1994 au CREPS de Chatenay-Malabry (92), prix 700 F ; 3) Astrophotographie, du 27 au 30 décembre 1993, maison parc de Chamaloc (05), prix 800 F.

**Secrétariat du CLEA :** Les récents changements de programmes en classes de lycée ont entraîné une augmentation sensible des commandes de certaines publications du CLEA. Le secrétariat de l'association s'est efforcé de satisfaire ces commandes aussi rapidement qu'il le pouvait. Il remercie les Collègues de leur compréhension quand il y a eu des retards que le secrétariat n'a pu éviter. Là est la faiblesse d'une organisation tout entière fondée sur le bénévolat.

## Attirance ou attraction ?

### Petit problème :

A quelle distance faut-il placer un corps de masse 50 kg pour que son attraction gravitationnelle sur une masse  $m$  soit supérieure à celle de Jupiter ?

- On donne : - masse du Soleil  $M_S = 2 \cdot 10^{30}$  kg  
 - masse de Jupiter  $M_J = M_S / 1047$   
 - distance minimale Terre-Jupiter  $D = 4,2$  UA (1 UA =  $150 \cdot 10^6$  km)

### Résolution :

C'est la loi de Newton qui intervient. Soient  $F_J$  et  $F_{50}$  les forces d'attraction gravitationnelle qui s'exercent sur un corps de masse  $m$ , placé respectivement aux distances  $D$  et  $d$  de Jupiter et de la masse de 50 kg.

Si  $k$  est la constante de gravitation, ces forces ont pour valeur :

$$F_J = k \cdot m \cdot M_J / D^2 \quad \text{et} \quad F_{50} = k \cdot m \cdot M_{50} / d^2 \quad (\text{avec } M_{50} = 50 \text{ kg})$$

On cherche la distance  $d$  telle que  $F_{50} \geq F_J$  c'est à dire telle que

$$k \cdot m \cdot M_{50} / d^2 \geq k \cdot m \cdot M_J / D^2 \quad \text{ou encore} \quad d \leq D \cdot \sqrt{(M_{50} / M_J)}$$

L'application numérique donne facilement  $d \leq 10,2 \cdot 10^{-2}$  m soit environ  $d \leq 10$  cm.

### Généralisation :

Pour une planète  $P$  quelconque du Système solaire, appelons  $a$  son demi grand axe orbital (en UA),  $\Delta$  sa distance minimale à la Terre, et  $x$  le rapport de la masse du Soleil à celle de la planète. Dans ce cas,  $\Delta \approx |a-1| \cdot 1,5 \cdot 10^{11}$  m et la condition  $F_{50} \geq F_P$  devient :

$$\frac{M_{50}}{d^2} \geq \frac{M_S}{x \cdot \Delta^2} \quad \text{ou} \quad d \leq \Delta \cdot \sqrt{\frac{x \cdot M_{50}}{M_S}} \quad \text{ce qui s'écrit :}$$

$$d \leq 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot |a-1| \cdot \sqrt{x} \quad (d \text{ en m et } a \text{ en UA}).$$

Les résultats numériques sont alors les suivants :

Planète	<i>Mercur</i>	<i>Vénus</i>	<i>Mars</i>	<i>Jupiter</i>	<i>Saturne</i>	<i>Uranus</i>	<i>Neptune</i>	<i>Pluton</i>
$a$ (UA)	0,39	0,72	1,52	5,2	9,6	19,2	30,1	39,4
$x$	$6 \cdot 10^6$	408000	$3,1 \cdot 10^6$	1047	3500	23000	19000	$130 \cdot 10^6$
$d$ (m)	<b>1,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,70</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>	<b>2,10</b>	<b>3,0</b>	<b>330</b>

### Conclusion :

On vérifie aisément, dans la vie de tous les jours, qu'un corps de masse 50 kg (éventuellement bien bronzé), placé à moins de 10 cm de soi, a plus d'influence ... que Jupiter.

On peut dire aussi que l'attirance entraîne l'attraction !

Je dois cependant reconnaître que Jupiter exerce une "influence" sur moi, c'est à dire est capable de modifier mon comportement : en effet, quand je vois briller cette belle planète dans le ciel étoilé (et elle est en général très facile à repérer), je ne peux m'empêcher de passer quelques secondes à la regarder.

Attirance sans doute !

Michel TOULMONDE

## Chronique du CLEA

### Assemblée générale de La Rochelle

L'assemblée générale annuelle du CLEA s'est réunie le dimanche 14 novembre 1993 dans l'amphithéâtre "Les minimales" de l'IUT de La Rochelle. La séance a été ouverte à 10 heures sous la présidence de Lucienne Gouguenheim, Présidente de l'association, et en présence d'une centaine de participants. Pour commencer, Lucienne remercie chaudement les Collègues de La Rochelle qui, en coopération avec **L'Astrolabe** ont organisé parfaitement cette réunion. Chaque participant reçoit en effet un dossier établi par **L'Astrolabe** qui contient des documents sur La Rochelle, un notice sur l'éclipse de Lune du 29 novembre prochain (fiche établie par Michel Toulmonde, empêché de venir à La Rochelle et tenant pourtant à participer à l'assemblée) ainsi qu'une fiche sur les "**Dix-huit activités d'astrophysique**" qui sont une production du GRP-CLEA qui doit être prochainement éditée par Belin. Soulignons aussi la grande diversité des régions représentées dans cette assemblée, Aix-en-Othe, Angers, Biarritz, Bilbao, Cahors, Dordogne, Le Mans, Marseille, Nantes, Nice, Paris, Poitiers, Quimperlé, Rennes, St Etienne, St Quentin, Saumur, Strasbourg, Tarbes, Toulouse. La Présidente précise l'ordre du jour : compte rendu des activités du Bureau et des groupes du CLEA, discussion ouverte sur l'application des nouveaux programmes qui font une place importante à l'astronomie. De 12h30 à 14h30 pause du déjeuner dans des locaux voisins et reprise à 14h30 précises pour que la conférence de Brahic puisse commencer comme prévu à 15 h.

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

Vue depuis Paris-Meudon, l'activité et la situation générale du CLEA paraissent satisfaisantes même s'il est évident que nous n'avons toujours pas atteint tous les objectifs que le CLEA s'est fixé depuis qu'il existe. Quant à l'organisation matérielle du secrétariat, l'ami Jacques Dupré assure toujours l'entrée des adresses des abonnés et des adhérents sur son ordinateur (cf la fiche de réabonnement que vous trouverez dans ce numéro des **Cahiers Clairaut** et que vous remplirez sans tarder, c'est promis !). Un gros changement est intervenu, la machine à écrire du secrétaire est morte et a été remplacée par une "Canon-Starwriter" dont les lecteurs ont vu l'effet (avantages du traitement de texte et variété de caractères ; il reste à l'utilisateur à faire des progrès, là aussi, c'est promis).

Comme on le constate dans l'encadré ci-après, la situation financière du CLEA est bonne ; même sans la subvention de l'Education Nationale, les recettes dépassent largement les dépenses. Cela ne signifie pas que nous voulons accumuler du capital. D'abord, les ventes de "fascicules pour la formation des maîtres" et de diapositives ont beaucoup progressé par suite des nouveaux programmes des lycées, des stocks dont la fabrication avait pesé sur les bilans des années antérieures ont été fortement entamés ; des rééditions deviennent donc nécessaires. Exemple typique, le Hors Série n°1 **Astronomie à l'école élémentaire** qui avait été tiré à 2000 exemplaires est en cours de retraitage. Saluons ce beau travail de Michel Laisne et Victor Tryoen qui non seulement est fort apprécié dans maints IUFM mais qui est aussi traduit en polonais et édité par ZDN à Torun sous le titre **ASTRONOMIA W SZKOLE PODSTAWOWEJ** ; une édition où nous retrouvons la main amicale de Cecilia Iwaniszewska. De plus, d'autres projets sont déjà en cours, une nouvelle série D7 de diapositives **Taches solaires et rotation du Soleil** réalisée par Jean-Paul Rosenstiehl qui nous les présentera tout à l'heure ; on pense aussi à un nouvel Hors Série pour le collège. Beaucoup de réimpressions deviendront nécessaires si les commandes continuent à affluer comme c'est le cas depuis la rentrée 93. Bref, nos finances seront sérieusement mises à contribution.

Au sujet des commandes, il avait été précisé sur les bons de commande "Il suffit d'être adhérent pour pouvoir se procurer les publications du CLEA." Ceci pour des raisons réglementaires qui tiennent au caractère du CLEA, association à but non lucratif. Comme notre catalogue offre des prix réduits aux abonnés, le prochain bon de commande précisera : "Il faut être abonné aux **Cahiers Clairaut** pour bénéficier des tarifs réduits." Nous pensons en effet que suivre, grâce à la revue trimestrielle l'action du CLEA donne toute leur signification à nos publications. Pour nous exprimer autrement, nous souhaitons que nos lecteurs soient des militants en faveur de l'enseignement de l'astronomie.



Avant d'ouvrir la suite des rapports, n'oublions pas de remercier les Collègues absents qui ont pris la peine de s'excuser, Josée Sert (Villeneuve sur Lot), Françoise Suagher (Besançon), Michel Toulmonde (Corbeil) qui envoie à tous une fiche sur la prochaine éclipse de Lune, ainsi que Josette et Francis Berthomieu qui ont envoyé un FAX pour saluer tous les membres de l'assemblée. "A Draguignan, écrivent-ils, l'option astronomie a eu un succès certain en Première S... Dernière invention, les orbites de la Terre et de Mars en volume et en papier, accompagnées d'un découpage qui matérialise, au niveau de l'écliptique, les constellations zodiacales ou non. Précisons que l'orbite de Mars est construite selon la méthode Kepler-CLEA et que la "voute céleste" devenue cylindrique est le résultat informatique de l'idée de Daniel Toussaint."

#### SUITE DU RAPPORT GENERAL

**Lucienne Gougenheim** fait état des travaux en cours : les fiches du GRP-CLEA qui vont être éditées par Belin et concernent les activités astrophysiques en Première S ; un nouvel Hors Série purement CLEA concernant les élèves de Quatrième ( des fiches sur les cadrans solaires, les lunettes et télescopes, le gnomon à fente, des expériences de spectroscopie, une carte du ciel simplifiée, sur les marées, sur la mesure de la durée de l'année, l'héliographe et des fiches sur la Lune et le mouvement des planètes ; nous avons aussi le plaisir d'avoir l'offre d'Agnès Acker de participer à cet ensemble).

Lors des Universités d'été, tous les Collègues ont convenu que lors des activités optionnelles, une démarche vraiment nouvelle était souhaitable qui soit vraiment expérimentale. Nous avons la chance de pouvoir en présenter un bon exemple avec le travail réalisé par Jean-Paul Rosenstiehl sur les taches solaires et la mesure de la rotation du Soleil.

**Jean-Paul Rosenstiehl** précise en effet que les diapositives qu'il va nous présenter et qui sont destinées à être éditées sous le n° D7 par le CLEA ne doivent pas se substituer à l'observation du Soleil. Pour lui, il est évident que le travail avec les élèves doit commencer par une observation du Soleil en projection, si possible à plusieurs jours d'intervalle pour que le déplacement des taches soit effectivement observé. Ensuite, mais seulement ensuite, on pourra se servir des diapositives et les notices d'accompagnement donnent des indications sur toutes les utilisations possibles. En dehors de la diapo qui représente le dispositif photographique utilisé, les autres diapos sont des négatifs (le Soleil est un disque noir sur lequel les taches sont blanches) ; un échange a lieu avec les auditeurs sur l'intérêt de présenter au moins une diapo en positif où les taches seront noires sur disque blanc. La série D7 sera disponible après le 15 décembre.

---

Quelques informations : Une cassette vidéo a été éditée par l'Observatoire de Toulouse "24 heures au Pic du Midi", durée 24 minutes, prix 150 F franco de port, écrire à Robert Futaully, Observatoire de Midi-Pyrénées, 14 av Ed.Belin, 31400 Toulouse. Dans cette cassette des informations sur l'Observatoire du Pic et sur des observations qui y ont été effectuées. Diffuser cette cassette est une façon pour nous de défendre l'existence de l'Observatoire du Pic.

Signalons aussi une cassette vidéo que doit produire la Cité des Sciences et de l'Industrie de La Villette sur l'étoile de Noël. Signalons aussi une cassette vidéo réalisée par nos Collègues de l'Observatoire de Bordeaux sur le Soleil.

---

**Jean-Luc Fouquet** : au cours des dernières Universités d'été, nous nous sommes posés le problème de la lumière et des couleurs ; dans ces ateliers nous avons tenté de définir des filtres pour définir couleurs primaires et couleurs secondaires ; en utilisant les idées de Mme Wanda Kamiski. La question ici est de discuter l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre une réalisation sur ce thème. On projette une série de spectres. Jean Ripert pose la question : où peut-on se procurer de bons filtres ? Autre question de Daniel Toussaint sur la possibilité de reproduire des diapos sur le thème avec ou sans l'autorisation de Mme Kamiski. Il peut être envisagé de faire cette reproduction en citant l'idée originale de Mme Kamiski. Jean-Luc revient sur l'utilisation qu'il a fait de ce thème dans des stages récents dans l'académie. Lucette Mayer fait état de son expérience avec les élèves en utilisant ces diapos et ces spectres.

**Jean-Bernard Vaultier** responsable de L'ASTROLABE, décrit ce centre culturel installé dans le parc Kennedy de La Rochelle depuis février 1990. Dès avant son ouverture, il avait pris contact avec Jacques Vialle puis avec Jean-Luc Fouquet, Jean Gagnier et Lucette Mayer. L'idée était de travailler en partenariat avec l'équipe du CLEA dont on apprécie la rigueur pédagogique. Un observatoire d'amateurs est ouvert régulièrement et accueille des groupes. Chaque mois, nous organisons une conférence

scientifique et nous essayons de faire venir des personnalités scientifiques. L'ASTROLABE est d'autant plus heureuse d'accueillir l'assemblée du CLEA qu'elle se félicite de la collaboration de l'équipe rochelaise du dit CLEA.

**Thierry Derbord** exploite un planétarium itinérant et s'occupe aussi du nouveau planétarium-lasérium de Poitiers. Il décrit d'abord son planétarium itinérant à structure gonflable. Le nouveau planétarium de Poitiers a été installé au centre ville, précisément au Centre Pierre Mendès-France près de la cathédrale (avec l'inconvénient de l'absence de stationnement proche). Les diapos montrent l'évolution du planétarium itinérant, du premier "l'astrobus" où la projection se faisait sur le toit d'une voiture au dernier dôme gonflable avec porte d'accès facile. On a une bonne qualité d'images projetées et plusieurs centaines d'étoiles. Avec des élèves très petits (CP) Thierry travaille avec une conteuse qui raconte une histoire. Il projette quelques diapos sur des réalisations diverses au cours de stages en Poitou-Charente, y compris une exposition sur l'éclipse de Soleil de 1991. Le planétarium de Poitiers a coûté onze millions de francs (hors bâtiment) payés par la ville, le conseil général et une subvention du Ministère de la Culture ; prix des places aux scolaires 15 F.

**Jacques Vialle** rappelle que les **Cahiers Clairaut** ont publié sous le titre "Petite histoire d'un grand projet" (n°62, p.16) comment notre Collègue Royer a réalisé, avec des moyens seulement scolaires le planétarium de Chatellerault. Il est dommage qu'il n'ait pas pu venir nous en parler ici. C'est d'un autre projet qu'il nous entretient, le projet *Arès* qui consiste à faire débarquer une équipe de douze gamins sur Mars au début de 1994. Nous construisons un espace clos où l'on simule un débarquement sur Mars en 2015. Les enfants seront devant des ordinateurs dans lesquels on aura fait entrer les données fournies par la NASA ; ils auront à réaliser diverses analyses, la météo du site, la nature du sol, la recherche de l'eau et même réaliser le débarquement d'un véhicule. On cherchera à mettre les enfants dans des situations d'activité, par exemple, même provoquer des pannes et leur demander de dépanner. Nous sommes en relation avec la société planétaire de Pasadena. Un dossier pédagogique est en préparation et sera distribué aux classes avant leur visite au site. Dans la salle quatre ordinateurs ; certains ne pourront commencer leur travail qu'avec les données fournies par d'autres. A partir de cette fiction, on veut faire un travail scientifique qui durera jusqu'en juillet. Il y aura une certaine participation aux frais mais minime.

**Jean-Luc Fouquet** complète ce qui a été dit sur l'académie de Poitiers à propos de la formation des maîtres : un stage d'astrophysique en action culturelle, stage de formation pour les professeurs de Première S et un stage pour les professeurs de sciences naturelles ; le CLEA est reconnu pour sa compétence par le rectorat et les Inspecteurs pédagogiques régionaux. Il peut aider lui-même des instituteurs dans 5 écoles primaires et 4 écoles maternelles. Ce mouvement a l'avantage de faire tache d'huile, on en parle et d'autres classes veulent aussi faire de l'astronomie.

**Lucienne Gougenheim** souligne l'intérêt qu'il y a pour le CLEA à tenir périodiquement son assemblée générale hors de son lieu habituel d'Orsay. On le voit bien par tout ce qui vient d'être dit, cette réunion de La Rochelle nous fait apprécier à sa juste valeur le dynamisme de l'équipe rochelaise et de toute l'académie Poitou-Charente. Ouvrons maintenant la discussion sur l'action actuelle dans les lycées à propos de la nouvelle option en Première S. Comment faites-vous, qu'en pensez-vous ?

**Catherine Vignon** (Lycée Jules Ferry, Paris) a la chance d'avoir tous les élèves de sa classe de Première S en option. Elle a profité de cet espace de liberté qu'accorde ce programme et elle a commencé par l'étude de la rétrogradation de Mars en profitant du matériel disponible. Autre avantage de l'option, on peut prendre son temps sans courir après le programme. On a commencé par la trajectoire vue de la Terre. Des questions se posent alors : le mouvement de Mars est-il uniforme, à quel moment la distance à la Terre est-elle la plus grande ou la plus courte...Découverte par les élèves de ce qu'est un référentiel. A la fin de chaque séance un exercice est proposé en utilisant le livre de Lévy-Leblond "Questions de mécanique" ; exemple : quels arguments en faveur ou contre le système de Tycho Brahé. On notera que les élèves ont demandé : "comment ce travail sera-t-il noté ?" Ensuite, étude des vitesses et de leurs compositions ; intérêt de la vitesse d'entraînement dans le cas d'un mouvement de translation circulaire ; je viens de commencer l'effet Doppler sonore. Des élèves ont objecté qu'à Paris il n'y a pas de planètes visibles ; Catherine leur a donné une copie des éphémérides du mois pour qu'ils essayent de repérer les planètes visibles même à Paris...

**Frédéric Dahringer** a commencé par les diapositives et en pratiquant par questions ; les élèves ont éprouvé des difficultés de repérage. Il a paru clair que les élèves ne savaient rien a priori sur la question et ils ont appris à modéliser. j'ai été surpris par la lenteur des élèves à mettre au point un compte rendu précis.

D'autres Collègues citent leur expérience, soit par l'étude de la lumière, les ondes, la couleur et la spectroscopie, le projet étant l'étude du Soleil, ou sur Mars. Les élèves sont peu préparés au travail expérimental. L'aide du CLEA est appréciée mais des bruits courent selon lesquels ces programmes seraient remis en question l'an prochain

**Lucette Mayer** travaille en Première ST (ancienne Première E) à Orléans ; les élèves ont trois heures d'option par semaine, 1h1/2 avec un collègue sur la couleur, 1h1/2 avec Lucette sur le mouvement de Mars. Elle se pose la question de ce qu'elle pourra faire pour retenir l'attention des élèves durant toute l'année.

**Jean Ripert** : dans son lycée, le choix a été de commencer par la couleur ; de là on passera au spectre et alors il faudra bien parler de l'effet Doppler-Fizeau. La partie chimie sera traitée dans la deuxième partie de l'année. Une remarque sur le stage qu'il a animé dans l'académie de Toulouse ; 75 candidats se sont manifestés, 17 seulement ont été retenus ; les collègues sont inquiets car ils manquent de documents et de formation spécifique. j'ai proposé de faire d'autres stages, mais cela a été refusé et on dit que les options n'auront pas lieu l'an prochain. Dahringer signale aussi que certains stages ont été supprimés. Rosenstiehl signale que dans son lycée 9 classes de Première S, on s'est réparti les diverses options ; nous avons commencé par la mécanique et par Vénus parce que Vénus était visible à ce moment là ; observer la Grande Ourse à différents moments ; nous travaillons avec des petits groupes.

**Lucienne Gouguenheim** voudrait tirer la leçon de tous ces témoignages. L'intérêt principal de ces options est de pouvoir pratiquer un véritable travail expérimental, laisser les élèves se poser des questions et le résultat est positif du point de vue de la formation de l'esprit. Vous avez donné des exemples comment on a couplé les thèmes U1 et U3, par exemple ce que m'a écrit Berthomieu sur ce qui se fait à Nice. L'expérience de ces options est une grande chance pour l'enseignement de la physique. Il y a des difficultés et la situation est très diverse selon les académies. Lucienne connaît le cas de l'académie de Clermont Ferrand où l'IPR a demandé à deux Collègues dont un ancien élève de l'Université d'Orsay de réunir une documentation qui est communiquée à tous les enseignants, un document très remarquable (distribué un par établissement).

**Jean-Yves Daniel** (Inspecteur Général de Physique) : la réforme actuelle nous donne un espace de liberté qu'il ne faut absolument pas perdre ; la réforme a surpris tout le monde et nous pensons qu'elle est la préoccupation principale de toute cette année scolaire. Une réunion est prévue les 2 et 3 décembre prochains pour tirer un premier bilan. Nous réaliserons un document d'accompagnement qui sera diffusé ; envoyez-moi des textes de deux à trois pages précisant les expériences réalisées. Quant aux fausses nouvelles, il n'est pas question de changer ces programmes ; il peut seulement y avoir des adaptations en fonction des expériences réalisées.

Lucienne ajoute qu'ici à La Rochelle on n'a rien dit de la complémentarité entre physique et science naturelle mais elle sait que dans l'académie de Versailles il y a eu des liaisons très intéressantes, des coopérations entre le physicien et le naturaliste. Jean-Yves Daniel souhaite aussi que l'astronomie favorise ces coordinations interdisciplinaires ; Lucienne signale que des physiciens et des naturalistes ont pu de cette façon travailler ensemble sur un horaire de trois heures.

Jean Ripert pose la question de l'évaluation du travail de l'option ; quoi évaluer, comment ? Aussi bien les élèves que les professeurs s'en inquiètent. Jean-Yves Daniel répond qu'on envisage de modifier le livret scolaire ; il faut y réfléchir et laisser le temps de développer l'expérience.

Lucienne : oui, il faut faire un bilan de l'année, mais une année c'est bien court. Laisser le temps au temps...

---

L'assemblée générale proprement dite est interrompue à 12h30 et les participants se retrouvent devant un excellent buffet dans un réfectoire de l'IUT. Ils retrouvent des forces en poursuivant les échanges ou en retrouvant avec plaisir des souvenirs communs d'anciennes universités d'été.

Il faut souligner la parfaite organisation de toute la réunion, Bravo et merci à toute l'équipe rochelaise.

---

La séance générale est reprise à 14h30.

**Philippe Huyard** : le planétarium de Saint-Etienne a ouvert le 22 février 1993 ; les scolaires constituent plus de 40% du public soit en dix mois 12000 élèves. Nous nous efforçons de baser notre travail sur la qualité du contact et l'échange. Trop de classes viennent sans préparation et l'apport d'une séance du planétarium est alors limité. Des documents courts sont à imaginer pour les mettre à la disposition de tous et transformer une visite "touristique" d'éveil en une étape d'apprentissage de base. Nous nous efforçons de nous situer dans la même voie de travail pédagogique que celle du CLEA dont, d'ailleurs nous diffusons les publications.

Suivent quelques communications. Jean Ripert communique une amusante carte postale trouvée par hasard sur "le rendez-vous de la Lune avec le Soleil" et sur un vieux manuel d'astronomie écrit par un professeur de La Rochelle. Daniel Toussaint signale quatre émissions sur FR3 du 22 au 26 novembre de 1 h à 11h, *Génération 3*. Les participants ont pu admirer les panneaux qu'il a réalisés pour une exposition sur les cadrans solaires ; 20 grands panneaux qui vont du cadran sphérique du Collège d'Aix en Othe à la chasse aux comètes en passant (panneau 15) par "Midi solaire à Aix en Othe et en Guadeloupe".

Dernière intervention de Daniel Bardin pour nous montrer quelques photos prises pendant l'université d'été de Gap (en juillet) et de Sault (en août).

Le temps manque alors pour donner la parole à Jean-Yves Marchal pour nous rendre compte des activités de l'équipe strasbourgeoise et à Marie-France Duval pour nous parler des réalisations marseillaises. L'heure est venue d'écouter la brillante conférence d'André Brahic.

N.D.L.R.- En relisant ce compte rendu, le secrétaire prend bien conscience de sa faiblesse ; il n'a pu rendre compte exactement, ni de la richesse des échanges de cette journée ni du charmant climat convivial qui les a favorisés. Les participants ont à peine eu le temps de voir qu'il faisait un beau soleil sur La Rochelle. En appendice, le secrétaire donne un extrait des communications prévues de Jean-Yves et de Marie France ainsi que le résultat attendu de l'élection du Conseil du CLEA pour 1994.

---

#### ELECTION DU CONSEIL DU CLEA POUR 1994

Conformément aux statuts de l'association, les membres du CLEA ont voté le 14 novembre pour le renouvellement du Conseil du CLEA. Trop intéressés par les échanges, alors qu'il y avait cent participants à la réunion du matin (et plus de 160 auditeurs pour la conférence de Brahic), il n'y a eu que 51 participations au vote, 2 bulletins nuls (abstentions) et 49 suffrages pour la liste proposée qui était ainsi constituée (le nom est suivi de l'académie ou du groupe représenté) :

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

## Complément au compte-rendu de l'Assemblée Générale 1993

Jean-Yves Marchal nous dresse le tableau des activités de l'équipe strasbourgeoise :

1°) Université d'été du 11 au 18 juillet 1993 animée par Agnès Acker ainsi que par Ch.Dumoulin, D.Kayser, J-M.Poncelet, J-P.Parisot et F.Suagher. 31 participants ont eu une grande activité malgré une météo peu clémente qui a limité les observations.

2°) Centre de Formation des professeurs de l'Université Louis Pasteur :

- Etudiants de DEUG, 25 heures au deuxième semestre 93/94 en plus du module d'astrophysique de 56 heures des DEUG "sciences" rassemblant 280 étudiants ;

- Candidats au Capes Biologie-Géologie, 8 heures pour une trentaine d'intéressés ;

- Candidats au Capes Sciences naturelles, 15 heures pour une trentaine d'intéressés

3°) Journées de stage MAFPEN, 6 heures pour les professeurs de Sciences naturelles, stage pour les physiciens en cours

4°) Activités du Planétarium en progression, 50 000 par an dont 60% de scolaires soit plus de 5000 visiteurs par mois (au lieu, antérieurement de 2500) ; en marge du planétarium, une exposition "Secrets d'Ambre"

Le fonctionnement du planétarium est régi par une convention qui date de 1980. Tout le fonctionnement, tous les postes administratif (1) et d'animation (3) ainsi que les vacances sont payés sur ressources propres, la Direction est assurée à titre bénévole. La situation du planétarium est donc préoccupante, une modification de son statut est à l'étude

Des projets : une exposition "Découvrir l'Univers", des maquettes, un spectacle en préparation "Influences du cosmos sur la Terre"

Marie-France Duval - D'après les documents communiqués, la rédaction donne un aperçu des activités marseillaises :

1°) Visites de l'Observatoire, 2500 et 4200 élèves ces dernières années, 3500 en 92/93, de la maternelle aux terminales ; visites assurées par 5 enseignants et l'animateur du planétarium ; subvention de 20 000 F du Rectorat et 6 heures d'enseignants du secondaire ; 72% des élèves viennent du primaire, baisse de fréquentation des collèges.

2°) Soirées d'observation, 3 soirées en 92/93 dont celle de l'éclipse de Lune pour 1200 personnes malgré le froid ; moyens, le personnel de l'observatoire

3°) les deux planétariums itinérants, environ 10 000 entrées par an; 95% de scolaires ; accompagnement, exposition "Promenade dans l'Univers", montage audiovisuel "La vie des étoiles"

4°) Réhabilitation du télescope de 80 cm de L.Foucault, la construction d'un nouveau bâtiment vient de s'achever.

On remarquera que dans ces notes, Marie-France ne dit rien de l'Université d'été de Sault. Elle devra réparer cet oubli et nous en parler dans un prochain Cahier.

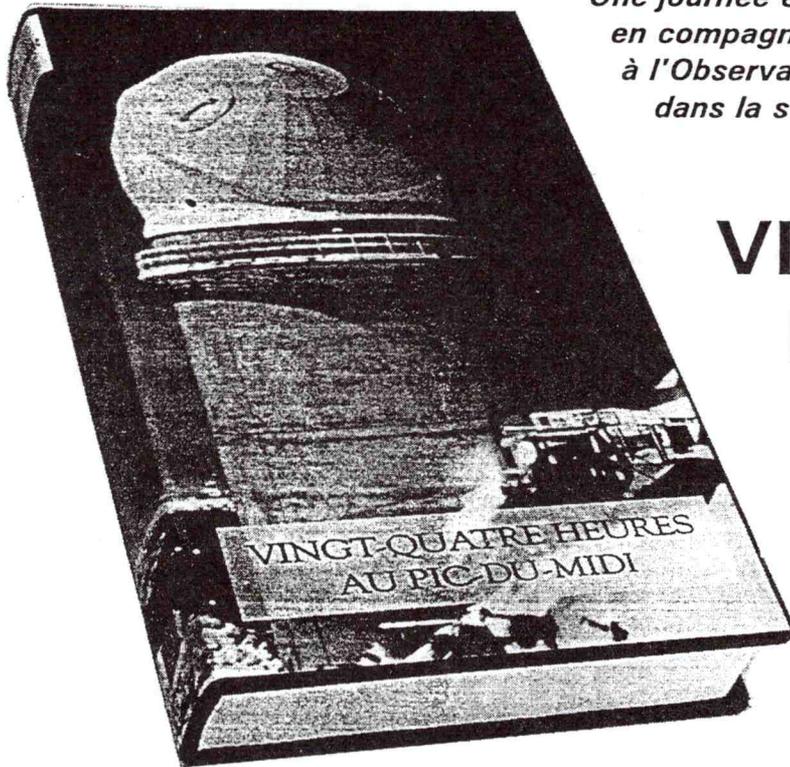
Pour le moment citons deux productions du groupe Andromède, 2 place Le Verrier, 13248 Marseille cedex 4, soit 1) Cassettes vidéo "Regard sur le Cosmos" (durée 35 minutes), 150 F + 20 F de port ; 2 "La vie des étoiles" un diaporama de 36 vues + cassette topée 150 F + 20 F de port. Dans les deux cas commande par chèque à l'ordre de l'Association Andromède.

### UNE NOUVEAUTE A NE PAS MANQUER

## **D7 - Taches solaires et rotation du Soleil**

Une série de 20 diapositives et une notice proposant d'intéressantes utilisations pédagogiques du document en particulier en Première S,  
par **Jean-Paul Rosenstiehl** (Lycée Montesquieu, Le Mans)

Prix de vente : 60F-65 (50F-55F pour les abonnés)



*Une journée et **une nuit,**  
en compagnie des astronomes et des techniciens  
à l'Observatoire du Pic-du-Midi,  
dans la solitude des cimes pyrénéennes:*

## VINGT-QUATRE HEURES AU PIC-DU-MIDI

"Vingt-quatre heures au Pic-du-Midi", le film qui retrace les principaux résultats obtenus ces dernières années dans les domaines du soleil, des planètes et de l'univers lointain. Il retrace aussi l'histoire de cet observatoire fondé en 1878, et présente les fameuses images de la couronne solaire obtenues par Bernard Lyot.

"Vingt-quatre heures au Pic-du-Midi", la cassette vidéo VHS-Secam, d'une durée de 24 minutes, est la version longue du film vidéo présenté au cours de la visite de l'observatoire du Pic-du-Midi.

Présenté dans un boîtier rigide et sous jaquette couleurs illustrée, "Vingt-quatre heures au Pic-du-Midi" est proposé à la vente, dès le début de la saison touristique, à l'Observatoire du Pic-du-Midi, au prix unitaire de 120 Francs. "Vingt-quatre heures au Pic-du-Midi" est également disponible par correspondance au prix de 150 Francs (30 Francs de port et emballage).

---

Nom.....Prénom.....

Adresse.....

commande la cassette "Vingt-quatre heures au Pic-du Midi" (1) au prix de 150 Francs (envoi compris); ci-joint mon règlement par chèque libellé à l'ordre de Madame l'Agent Comptable de l'U.P.S.

**Bon de commande à adresser à:**

R.Futaully, Médiathèque, Observatoire Midi-Pyrénées, 14 av. Edouard Belin, 31400 Toulouse

(1) pour les grandes quantités les frais d'envoi sont dégressifs, se renseigner auprès de R.Futaully.

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

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

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

## FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

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

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

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

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

## TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

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

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

- D1. Les phénomènes lumineux  
D2. Les phases de la Lune  
D3. Les astres se lèvent aussi  
D4. Initiation aux constellations  
D5. Rétrogradation de Mars  
D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F - 35F)

## LE CINECIEL, une sphère armillaire à monter en kit (100 F)

## LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

Grasse 1983 (58F-66F) ; Formiguères 1984 (65F-75F) ; Formiguères 1985 (100F-110F)  
Formiguères 1986 (100F-110F) ; Gap 1990 (100F-110F)

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire :  
Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD - Tél (1) 47 71 69 09

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

### Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1993 :

Cotisation simple au CLEA pour 1993	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°61 à 64	100 F
Abonnement aux Cahiers (n°61 à 64) ET cotisation au CLEA pour 1993	120 F
Contribution de soutien (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers Clairaut (port compris)	35 F

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

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

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

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

- C1. Collection complète du n°1 au n°60 (800F-860F)
- C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 80F-90F)
- C90. C91. C92. Collection 1990 ou 1991 ou 1992 (chaque 90F-100F)

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

### PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- SCPS1. Le système solaire, 10 cartes postales en couleurs (30 F)
- SCPS2. Les Merveilles de l'Univers", 10 cartes postales en couleurs présentant quelques-uns des plus beaux objets célestes (30F)
- LS0. Catalogue des étoiles les plus brillantes, toutes les données disponibles au Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75F)

Vos commandes sont à adresser au Service librairie, Planétarium de Strasbourg, rue de l'Observatoire, 67000 STRASBOURG.

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