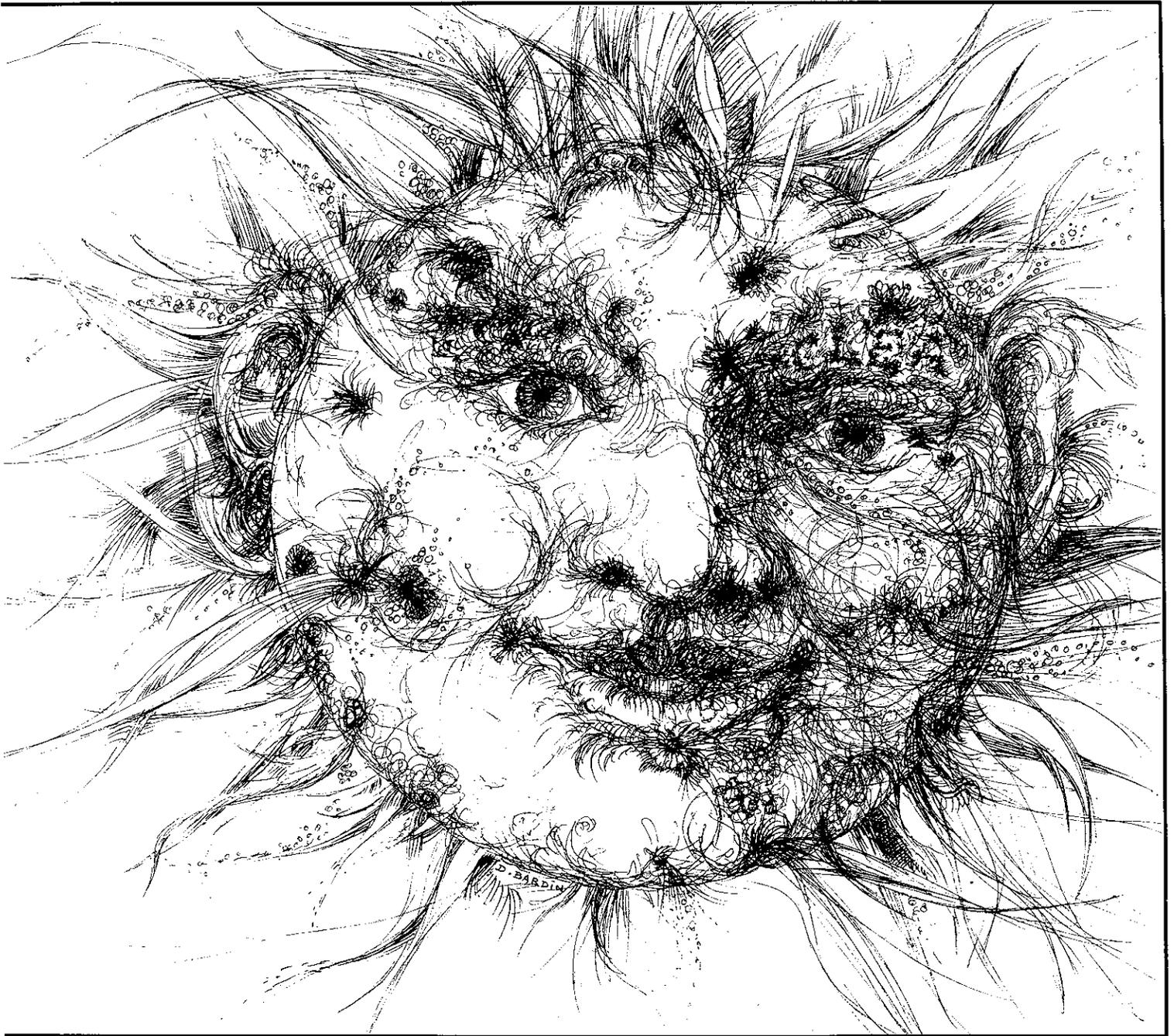


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 53 - P R I N T E M P S 1 9 9 1

ISSN 0758-234 X

LE CLEA - COMITE DE LIAISON ENSEIGNANTS ET ASTRONOMES

Le C L E A, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association séclarée (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 publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.

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

Bureau du CLEA pour 1991

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker
Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Alain Dargencourt

Marie-France Duval

Hubert Gié

Catherine Vignon

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

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

Printemps 1991

	page
La rotation des étoiles.....	2
La perception des concepts astronomiques chez les élèves (suite)	9
Les phases de la Lune	14
Position du terminateur de la Lune	15
Au petit curieux (et rata)	19
Les Potins de la Voie Lactée	20
Un planétarium mobile par département	21
Un stage planétarium à Orsay	22
L'astronomie sur un écran d'ordinateur	23
Lectures pour la Marquise	29
Soldes de printemps	30
Photographie du Soleil	31
Au petit curieux, optique curieuse	34
L'observatoire de Saint-Véran : un outil pédagogique	35
Université d'été du CLEA à Saint-Véran	36
Université-Ecole d'été du CLEA au col de Steige	36
L'étoile mystérieuse	37
Chronique du CLEA	40

EDITORIAL

Nous sommes fiers d'ouvrir ce numéro avec un bel article d'astrophysique : notre Président d'Honneur Evry Schatzman a bien voulu rédiger, dactylographier et mettre en page lui-même la conférence qu'il a prononcée lors de la dernière Assemblée Générale. Qu'il en soit ici chaudement remercié.

Nous sommes particulièrement heureux d'avoir reçu un grand nombre d'articles, très divers et tous fort intéressants : il nous a fallu effectuer un choix difficile et ... douloureux ! Que ceux qui voient leur oeuvre reportée aux prochains numéros (en particulier Cécile Iwaniszewska, Jacques Vialle, Jean-Marie Poncelet, Danièle Fauque et nos collègues espagnols et italiens traduits par Jacques Vialle) veuillent bien nous excuser ...

Nous continuons la publication en "feuilleton" de la réflexion didactique de J. Nussbaum, traduite par Jacques Vialle, que nous ne saurons jamais assez remercier pour le travail efficace qu'il accomplit pour les Cahiers. C'est lui encore qui a traduit et dactylographié une intéressante réflexion de Jan Dunin-Borkowski sur l'utilisation pédagogique de l'ordinateur. Merci à Daniel Bardin, pour de splendides photos du Soleil et de ses taches, à Jean Ripert qui vous propose une activité pédagogique à propos de la Lune et de son terminateur, à Daniel Robbe et son étoile mystérieuse, à Andrée Richelme qui est prête à vous aider à acquérir et à gérer des planétariums mobiles, à l'ami Paturel pour son optique "curieuse" et ses petits dessins...

Le CLEA redouble d'activité : vous êtes nombreux à nous dire combien vous avez apprécié le numéro hors-série sur la Lune. La réflexion du Groupe de Recherche Pédagogique se poursuit : la sortie du numéro hors-série sur l'Astronomie à l'Ecole Élémentaire est imminente et le travail sur le niveau lycée bien avancé. De nouvelles séries de diapos sont aussi en projet. A suivre ...

La Rédaction

LA ROTATION DES ETOILES

par
E. Schatzman
Observatoire de Meudon

1. Les données observationnelles.

Deux méthodes permettent de déterminer la période de rotation des étoiles :

(1) L'observations de variations périodiques du spectre. Cette méthode est dérivée de notre connaissance du Soleil : le Soleil tourne, et l'on voit défilé les taches solaires, qui apparaissent au bord est et disparaissent au bord ouest (fig. 1), la période de rotation à l'équa-

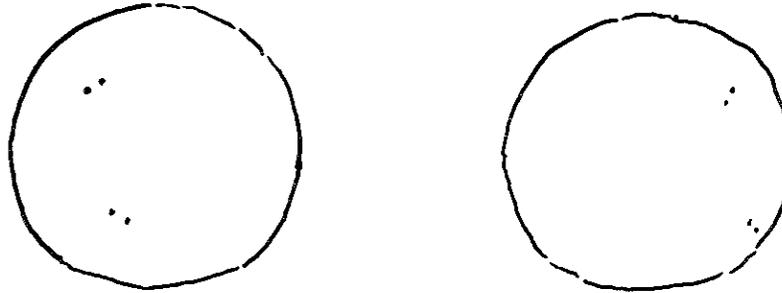


fig. 1. L'apparition des taches au bord est et leur passage sur le disque est le résultat de la rotation solaire, avec une période de 25 jours à l'équateur et de 31 jours au pôle

teur solaire étant d'environ 25 jours. Or, le spectre solaire présente des différences dans les régions actives : champs magnétiques et taches. La raie du calcium ionisé à 3934 Angström (dite raie K du calcium) à cet égard est caractéristique (fig. 2). Des variations du profil de la raie

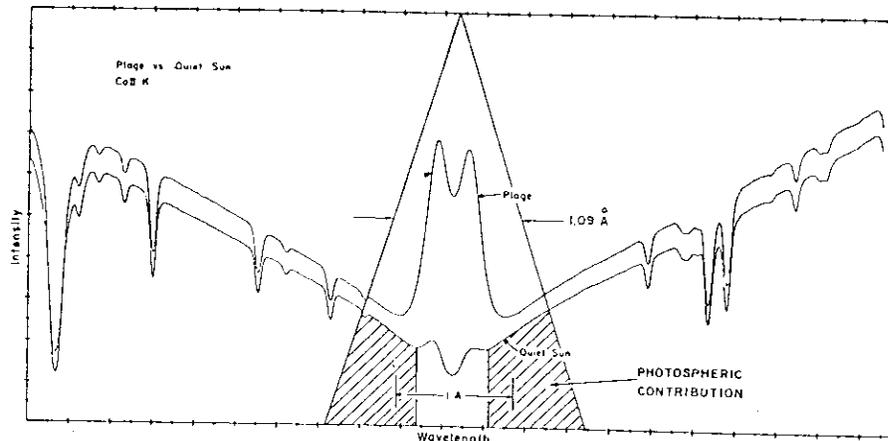


Fig. 2. Les deux courbes représentent en unités arbitraires l'intensité en fonction de la longueur d'onde au voisinage de la raie K du calcium ionisé à 3934 Angström pour des régions du Soleil calme (quiet Sun) et du Soleil actif (plages). Le triangle représente la bande passante du filtre utilisé au Mt Wilson pour l'étude de la raie K des étoiles.

K au cours du temps peuvent être interprétées simplement comme étant dues à la rotation, l'étoile présentant successivement différents aspects de sa surface. Le nombre d'étoiles étudiées de cette façon est relativement petit.

(2) l'élargissement des raies dû à la rotation. Par effet Doppler, la lumière en provenance du bord qui se rapproche de nous est déplacée vers le bleu, tandis que la lumière en provenance du bord qui s'éloigne de nous est décalée vers le rouge. (fig. 3) Ce sont ces observations qui ont permis à Struve dès 1936 de montrer que les propriétés de rotation des étoiles dépendent du type spectral. Cependant, un effet géométrique simple intervient, la direction de l'axe de rotation par rapport à nous. Si l'axe de rotation était exactement dirigé vers la Terre, il n'y aurait évidemment aucun élargissement. Si l'on appelle i l'angle de l'axe de

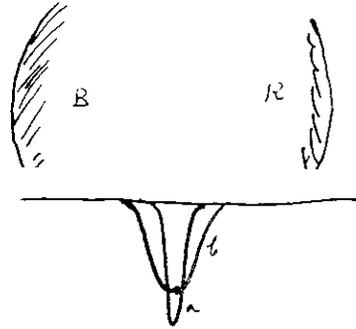


fig. 3. Schéma de l'effet du décalage spectral. (1) Le rayonnement du bord est qui se rapproche de nous est décalé vers le bleu et le rayonnement du bord ouest qui s'éloigne de nous est décalé vers le rouge.(2) Le profil d'une raie spectrale formée sans rotation (a) est élargi par effet Doppler (b).

rotation avec la ligne de visée, la grandeur caractéristique que l'on mesure par l'élargissement des raies est $V \sin i$, où V est la vitesse équatoriale de rotation de l'étoile.

2. Propriétés.

2.1. Diagramme de Hertzsprung-Russell.

Sur la base des données de classification spectrale de Harvard, il est très vite apparu que des étoiles de type spectral proche pouvaient être de magnitude très différente. Les notions de *naine* et de *géante* apparaissent déjà dans les travaux de Hertzsprung (1905) et Russell (1915), indépendamment, utilisant les données sur les distances stellaires (parallaxes) met en évidence les séquences de naines (ou séquence principale) et de géantes, et découvre les naines blanches.

Les deux données : *magnitude absolue* et *type spectral* deviendront définitivement les éléments essentiels de la classification stellaire, sans quoi toute spéculation sur l'évolution stellaire est inutile. Toutes données nouvelles seront situées par rapport à la classification stellaire de Hertzsprung-Russell. Il en est ainsi de la vitesse de rotation des étoiles.

2.2. Rotation et type spectral.

On doit à Struve (1950) une étude systématique de la vitesse de rotation des étoiles, et la mise en évidence d'une propriété remarquable des étoiles de la séquence principale : les étoiles des premiers types spectraux (O, B, A), ou, ce qui revient au même, les étoiles les plus chaudes (plus de 7000 ou 8000 K) tournent vite (environ 100 à 200 km/s à l'équateur), alors que les étoiles des derniers types spectraux (F, G, K) tournent lentement (moins de 30 km/s à l'équateur).(fig. 4) Le Soleil lui-même (type G) a une vitesse équatoriale de rotation de 2 km/s. La question que pose Struve, dès 1936 est : quelle est l'origine de cette différence ?

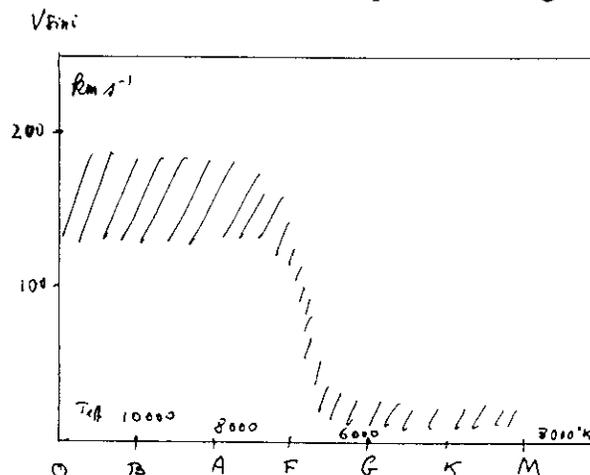


fig. 4. Vitesse de rotation en fonction du type spectral. Les hachures sont destinées à donner une idée de la dispersion intrinsèque des vitesses de rotation.

Cette découverte de Struve a encouragé les astronomes à faire de très nombreuses observations de la rotation stellaire, afin d'une part d'augmenter la quantité de données et d'autre part d'obtenir des mesures plus précises. A l'heure actuelle, l'Observatoire de Genève a entrepris la collecte de données sur 1500 étoiles, naines et géantes, avec une précision de l'ordre du km/s. Ces données n'ayant pas encore été complètement dépouillées, il est seulement possible d'en mentionner l'existence : l'analyse de leur signification demandera un important travail.

2.3. Rotation et âge.

On doit à R. Kraft (1965-1969), grâce à la mesure des vitesses de rotation des étoiles dans quelques amas brillants d'âge différent, d'avoir montré observationnellement que la vitesse de rotation des étoiles décroît avec le temps, confirmant ainsi les résultats théoriques de Schatzman (1962). (fig. 5) Il apparaît en particulier que le taux de ralentissement dépend du

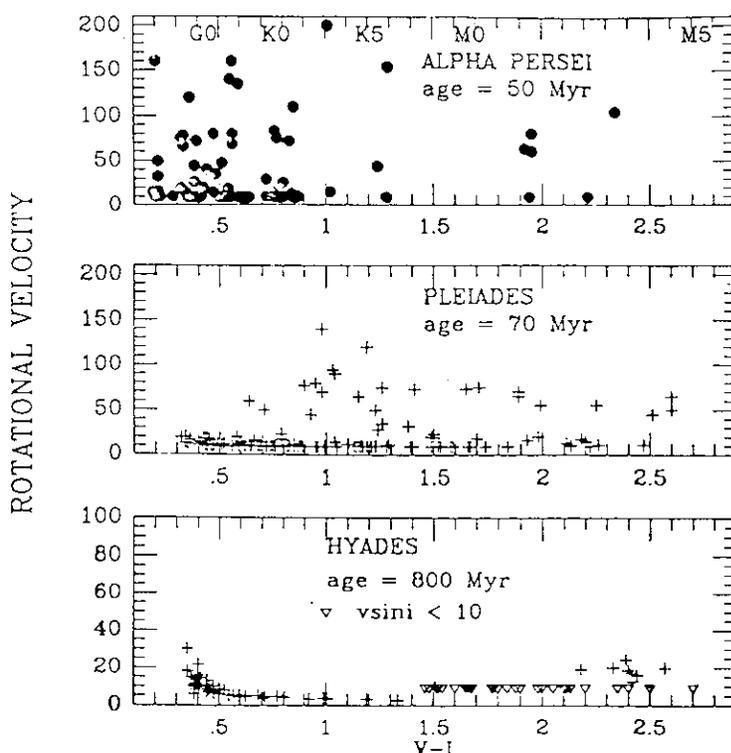


fig. 5. Distribution de la vitesse de rotation pour les étoiles de faible masse dans trois amas ouverts jeunes. Les différences dans les trois distributions illustrent l'évolution de la vitesse de rotation des étoiles de la séquence principale démontrant ainsi que les différences de vitesse de rotation ne sont pas dues aux différences de moment cinétique initial. En abscisses l'indice de couleur V-I, avec l'équivalent type spectral en haut de la figure.

type spectral, ce qui explique que les étoiles des premiers types spectraux n'ont pas eu le temps de ralentir, alors que les étoiles des derniers types spectraux montrent de façon caractéristique le ralentissement en fonction du temps.

On expliquera plus loin, dans la section 3, la logique du raisonnement qui conduit à chercher un processus de freinage de la rotation, et l'hypothèse actuellement admise sur ce mécanisme.

3. Perte de moment cinétique.

3.1. Moment cinétique.

Le moment cinétique, produit du moment d'inertie par la vitesse angulaire, est, dans un système isolé, une grandeur mécanique indestructible et inconvertible, à la différence de l'énergie mécanique, qui elle est convertible en d'autres formes d'énergie (thermique, électrique, magnétique, etc...). Cette propriété, dont l'importance apparaît au XIX^{ème} siècle, a conduit à rejeter la théorie cosmogonique de Laplace. En effet, le moment cinétique de la nébuleuse primitive est très grand, et, quelque soit le moment d'inertie du Soleil (que l'on ne connaissait pas au XIX^{ème} siècle), celui-ci aurait dû tourner avec la vitesse équatoriale maximale, celle de la limite d'instabilité rotationnelle, de l'ordre de 400 km/s. En fait, il est

facile de calculer la part des planètes et du Soleil dans le moment cinétique du système solaire, et l'on s'aperçoit vite que le moment cinétique du Soleil ne représente que 1.5% du moment cinétique total (tableau 1).

Objet	Distance à l'axe de rotation	Tableau 1		
		Masse (en unités de masse solaire)	Vitesse (en kilomètres par seconde)	Moment cinétique
Soleil	0.001	1	2	0.00014*
Terre	1	1/300000	30	0.0001
Jupiter	5.2	0.00106	13.1	0.0725
Saturne	9.5	0.00032	9.7	0.0296

* Le moment d'inertie du Soleil est donné par $I = K M R^2$ avec $K = 0.07$ environ.

La tentation était grande d'attribuer cette étonnante répartition du moment cinétique dans le système solaire à une interaction entre le Soleil et la nébuleuse primitive. Un seul inconvénient : cela n'explique pas la dépendance de la vitesse de rotation des étoiles en fonction du temps.

3.2. Perte de masse.

La première hypothèse qui se présente consiste à supposer que le moment cinétique a été emporté par le vent solaire. En quittant la surface du Soleil, une quantité de matière de masse m emporte un moment cinétique $(2/3)m V R$, à comparer, pour l'ensemble du Soleil à un moment cinétique de l'ordre de $(1/14) M V R$, le facteur $(2/3)$ correspondant à la moyenne prise sur la surface du Soleil, et le facteur $(1/14)$ (approché !) correspondant à la moyenne prise sur l'ensemble du Soleil (cette valeur fait intervenir la structure du Soleil et la répartition de la masse du centre à la surface). Pour que sa vitesse de rotation ait pu passer de 400 km/s à 2 km/s, le Soleil aurait dû perdre 40% de sa masse. Une telle perte de masse créerait autour du Soleil un environnement nébulaire aisément détectable que l'on n'observe dans le spectre d'aucune étoile analogue au Soleil. Cette idée d'un important taux de perte de masse avait été envisagée il y a plus de 40 ans par Fessenkoff et Massevitch pour expliquer une sorte d'universalité de la relation masse-luminosité et réfutée par J.L. Greenstein justement sur des arguments spectroscopiques. Notons en passant que les idées sur l'évolution stellaire ne sont plus du tout celles de la fin des années 40.

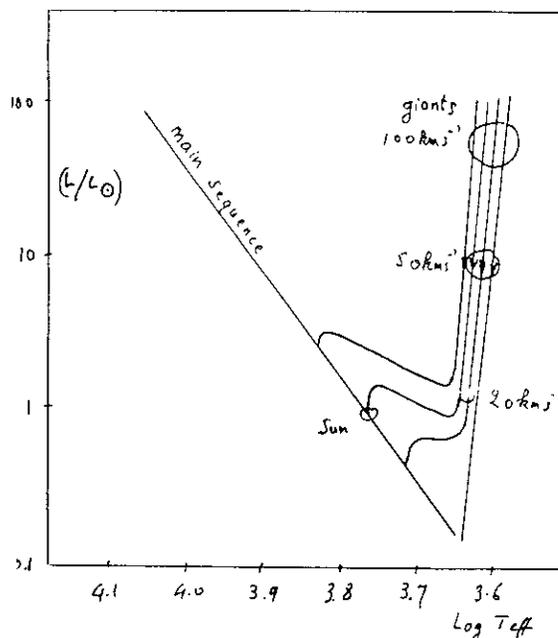


fig. 6. Les vitesses de rotation des étoiles jeunes dans le diagramme de Hertzsprung-Russell. Les étoiles récemment formées évoluent en se contractant et font un détour pour atteindre la séquence principale. Ce détour se produit lorsque commence la production d'énergie nucléaire dans les régions centrales de l'étoile. Les mesures de la vitesse de rotation sont symbolisées par des cercles de diamètre proportionnels à ces vitesses. La décroissance de la vitesse de rotation au cours de la contraction est due à la très grande efficacité du mécanisme de perte de moment cinétique.

3.3. Avant la séquence principale.

On a identifié, il y a maintenant plus de trente ans une classe d'étoiles présentant un système complexe de raies d'absorption et d'émission, les étoiles **T Tauri** que l'on a identifiées il y a maintenant plus de dix ans comme étant des étoiles en contraction vers la séquence principale. Elles sont entourées d'une vaste nébulosité qui tombe sur l'étoile. Chose remarquable, très visible dans l'élargissement des raies d'absorption qui proviennent de la surface de l'étoile, ces étoiles tournent et tournent d'autant plus lentement qu'elles sont plus proches de la séquence principale. (fig. 6) Par simple conservation du moment cinétique, on devrait s'attendre à ce qu'elles tournent de plus en plus vite au fur et à mesure qu'elles se contractent, or c'est justement le contraire qui se produit. On ne peut échapper à l'idée qu'il y a un mécanisme très efficace de perte du moment cinétique qui a pour effet de ralentir leur rotation pendant cette contraction.

3.4. Activité électromagnétique.

La présence de champs magnétiques à la surface du Soleil et à la surface des étoiles, la variation au cours du temps du système de taches, la relation entre la structure du champ magnétique et les immenses phénomènes des éruptions, sont des manifestations d'**activité électromagnétique**. Ces champs magnétiques s'étendent à de grandes distances du Soleil, comme le montrent les photographies du voisinage solaire obtenues au cours des éclipses, la forme du champ magnétique étant modifiée par la présence du vent solaire. Les observations spatiales le confirment et l'on peut même déterminer, grâce à ces observations, jusqu'à quelle distance la structure vent et champ magnétique tourne avec le Soleil (co-rotation). Au delà de cette distance, c'est le mouvement du vent qui domine et impose sa structure au champ magnétique. Les lignes de force du champ magnétique spiralent autour du Soleil, et le mouvement de la matière est essentiellement Képlérien.

Il y a donc entraînement du vent solaire par le champ magnétique jusqu'à une distance de l'ordre de 20 rayons solaires. Nous verrons plus loin à quoi correspond physiquement cette distance d'entraînement. Chaque gramme de matière, lâché à une distance de 20 rayons solaires, emporte 400 fois plus de moment cinétique que s'il était lâché à la surface du Soleil. Il suffit alors que le Soleil perde 0.1% de sa masse en 4.6 milliards d'années pour assurer une perte de moment cinétique par un facteur 200. On tombe alors sur des grandeurs tout à fait compatibles avec les observations. Reste alors la question : d'où vient ce champ magnétique?

4. La dynamo stellaire.

4.1 Un peu d'électricité.

Il y a à peu près un siècle, Siemens inventait la dynamo monopolaire (fig.7). Ce qui

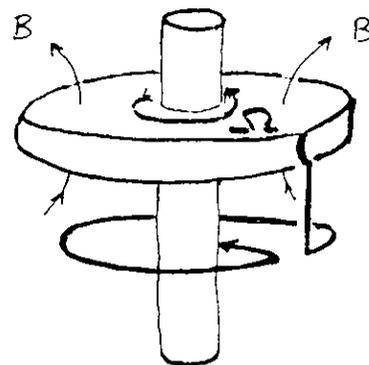
fig. 7. La dynamo de Siemens (vers 1880). Soit L l'inductance du circuit, R sa résistance, M l'inductance entre le fil et le bord du disque. La différence de potentiel s'écrit :

$$L \frac{dI}{dt} + R I = M \Omega I$$

Soit G le couple appliqué au système. L'équation du mouvement s'écrit :

$$C \frac{d\Omega}{dt} = G - M I^2$$

En régime stationnaire, $G = M I^2$, $\Omega = (R/M)$.



caractérise le montage de Siemens, c'est que malgré les apparences, il n'a pas la symétrie de révolution. Il y a un fil de retour qui rejoint l'axe de rotation, si bien qu'au cours de la rotation, le champ magnétique coupe le fil et induit un courant qui vient accroître le champ magnétique. Les équations qui décrivent les propriétés de cette dynamo sont reportées sur la figure. Il suffit que la résistance du circuit soit suffisamment petite, comparée à l'inductance entre le fil et le bord du disque pour que la dynamo fonctionne. Le travail effectué pour vaincre la force de Laplace est limité par la puissance disponible pour faire tourner la dynamo et fixe la valeur maximale du courant et du champ. Mais, au début, dans la phase linéaire, le courant et le champ magnétique croissent exponentiellement.

4.2. Plasmas.

On désigne sous ce nom les milieux ionisés ou fortement ionisés. Le milieu solaire (atmosphère et intérieur) est un plasma, très bon conducteur de l'électricité. La notion de *bon* conducteur signifie que le temps caractéristique de dissipation Joule d'un courant dans le plasma est très long, et en tous cas beaucoup plus long que les échelles de temps dynamiques du milieu considéré. Par exemple, à des mouvements de durée 5 minutes, peuvent correspondre des temps de dissipation de la semaine. Cette haute conductivité explique qu'il soit possible que des mouvements engendrent des champs magnétiques.

La première idée est due à Larmor (1920) qui a suggéré la possibilité que des mouvements tourbillonnants puissent engendrer des champs magnétiques et c'est Cowling (1935), qui a montré par un argument de symétrie très simple que des mouvements axisymétriques ne pouvaient maintenir un champ magnétique axisymétrique. Parker a donné une description très intuitive du mécanisme de régénération du champ magnétique (1935) que nous allons décrire plus loin. La théorie *électrodynamique du champ moyen*, due à Rädler et Krause (1970) a fourni l'appareil mathématique sur lequel est fondée actuellement la théorie de la dynamo.

4.3. Mouvements des couches extérieures du Soleil.

Les observations faites par Jansen à l'Observatoire de Meudon (vers 1878) ont révélé la présence à la surface du Soleil d'une structure de durée de vie assez brève (5 à 10 minutes), la granulation solaire. On sait maintenant que cette structure est la manifestation, jusque dans l'atmosphère solaire, de mouvements convectifs, dûs à une instabilité thermique classique (instabilité de Rayleigh-Bénard), du même type que celle qui entraîne des mouvements de convection dans l'huile chauffée dans une casserole à fond plat. En fait, toute une série de mouvements observés à la surface du Soleil indiquent l'existence de plusieurs échelles de la convection, indiquant clairement que la zone convective est profonde et entièrement turbulente, c'est à dire le siège de mouvements chaotiques à toutes échelles.

L'analyse des oscillations solaires a permis de déterminer la profondeur de la zone convective. Les oscillations solaires, mesurées grâce à des observations prolongées des vitesses radiales de la surface solaire, sont dues à la propagation d'ondes acoustiques de très basse fréquence à travers le Soleil. L'échelle des mouvements turbulents est pour sa plus grande part petite comparée à l'échelle des ondes acoustiques solaires, qui ne voient que la moyenne des mouvements turbulents. L'analyse des fréquences permet de déterminer la vitesse de propagation du son en fonction de la profondeur, elle permet d'accéder à une connaissance de l'intérieur du Soleil et en particulier de déceler l'endroit où l'on passe d'une zone convective instable, à une zone radiative stable. La profondeur de la zone convective ainsi déterminée est de 28.7% du rayon solaire, soit environ 200 000 km.

En raison de la rotation solaire, tous ces mouvements de matière dans la zone convective sont soumis à la force de Coriolis, et sont alors des mouvements tourbillonnaires. Ce caractère tourbillonnaire est un des éléments essentiels qui explique la production du champ magnétique.

4.4. Production des champs magnétiques.

La présentation de Parker (1955), très intuitive, permet de se représenter la production des champs magnétiques (fig.8). Un tube de force toroïdal est déformé par la convection, une boucle commence à se former (a);, sous l'effet du mouvement tourbillonnaire dû à la force de Coriolis, la boucle se tord (b) jusqu'au moment où deux parties du tube de champ magnétique, de direction opposée viennent se juxtaposer (c); à ce moment, une instabilité apparaît, un courant très intense passant dans un très petit volume a (contrairement à ce qui se passe en général) un effet dissipatif important dans un très petit intervalle de temps, produisant une modification de la topologie du champ magnétique et la reconnection des lignes de force (d), avec apparition d'un tore de champ magnétique, dont le plan est perpendiculaire au tube de force toroïdal d'où tout est parti (d).

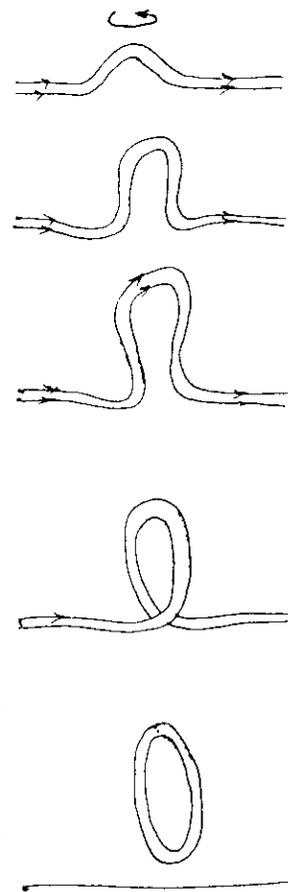


fig. 8. Schéma de Parker de production du champ poloïdal sous l'effet du mouvement cyclonique.

Il y a donc eu, à partir d'un champ magnétique toroïdal (autour de l'axe de symétrie de l'étoile) apparition d'une composante située dans le plan méridien (que l'on appelle composante poloïdale). Cette composante poloïdale, à son tour, étirée par la rotation différentielle, engendre une composante toroïdale. Le rôle du mouvement cyclonique est capital, car c'est lui qui engendre la composante poloïdale du champ magnétique.

Il apparaît ainsi que la production du champ magnétique est liée à la fois à la rotation et à la présence d'une zone convective. Il est essentiel, dans ce mécanisme que le plasma se mélange par turbulence et qu'il soit soumis constamment à une torsion sous l'effet de la force de Coriolis. Pour que la production de champ magnétique soit efficace, il faut que, pendant le temps de retournement d'un tourbillon, le milieu ait fait plusieurs tours sur lui-même. Le temps de retournement, en ordre de grandeur, c'est le temps qu'il faut au tourbillon animé de la vitesse u pour parcourir une distance de l'ordre de sa propre dimension l , soit $(u/l)^{-1}$. La période de rotation est $(1/\Omega)$, et le quotient de ces deux temps caractéristiques est $(u/\Omega l)$. On peut encore dire que c'est le quotient de l'accélération du mouvement tourbillonnaire par l'accélération de Coriolis, ce que l'on écrit/:

$$\frac{u^2}{l} \frac{1}{2u \Omega}$$

et que l'on appelle nombre de Rossby.

En raison de l'importance de l'effet cyclonique dans la production du champ magnétique, c'est lorsque le nombre de Rossby est petit que la dynamo peut être efficace. L'étude de l'activité à la surface des étoiles, telle qu'on l'identifie par le profil de la raie K du calcium ionisé, ou par l'émission de rayons X, montre bien que l'activité est d'autant plus importante que le nombre de Rossby est plus petit (fig.9). En même temps, la présence de la turbulence est indispensable, si bien que seules les étoiles présentant une zone convective superficielle montrent les signes d'une activité électromagnétique, symptôme de la présence d'un champ magnétique. Ce sont aussi les seules étoiles dont la rotation se ralentit au cours du temps. Sur la séquence principale, ce sont les étoiles de type spectral plus tardif que F2.

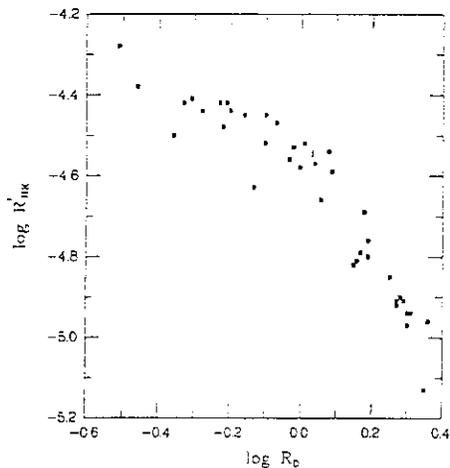


Fig 9. Relation entre le nombre de Rossby $Ro=(u/l\Omega)$ et l'activité. Celle-ci, qui est une mesure de l'importance du champ magnétique, est évaluée à partir de l'émission chromosphérique dans la raie K du calcium ionisé. (d'après Noyes *et al*, 1984).

On explique ainsi la différence entre les étoiles des premiers types spectraux et les étoiles des derniers types spectraux. Les premières, n'ont pas de zone convective, donc ne présentent pas l'effet dynamo, à la différence des dernières.

5. Conclusion.

Dans cette présentation, on a fait porter l'accent sur ce que l'on comprenait : le ralentissement de la rotation des étoiles des derniers types spectraux (étoiles jaunes et rouges), le rôle du champ magnétique, le mécanisme de production des champs magnétiques, demandant la présence d'une zone convective, ce qui circonscrit le domaine spectral dans lequel le ralentissement peut se produire.

En fait, d'autres problèmes de champ magnétique se posent, dûs en particulier à l'existence d'étoiles présentant manifestement un champ magnétique fossile. Ces étoiles n'ont pas de zone convective, ne présentent pas de symptômes d'activité électromagnétique, on voit apparaître et disparaître par un simple effet de rotation lente les indices spectraux de la présence d'un champ magnétique intense (des dizaines ou des centaines de milliers de Gauss).

Dans ces étoiles, dépourvues de mouvements hydrodynamiques violents, le temps de dissipation du champ magnétique se chiffre en millions d'années, comparable, en fait à leur durée de vie. D'où vient leur champ magnétique ? Comment s'est-il formé ? Comment ont-elles atteint cette lente vitesse de rotation ? Ces questions, soulevées en conclusion, parmi beaucoup d'autres, liées aux problèmes des champs magnétiques et de la rotation, n'ont pas d'autre but que de rappeler que la résolution pas à pas de problèmes de l'astrophysique stellaire ne cesse de mettre en évidence de nouvelles questions encore sans réponse.

LA PERCEPTION DES CONCEPTS ASTRONOMIQUES CHEZ LES ELEVES (2)

Résumé: Les enfants (et souvent les adultes) ont une vision du monde fondée sur un ensemble de concepts naïfs et erronés auxquels ils adaptent l'information scientifique reçue par la suite. Une démarche de type cognitif analogue à celle couramment pratiquée en Histoire et en Philosophie des Sciences met en évidence les composantes de ces fausses représentations, permettant ainsi de guider les élèves vers une vision plus rationnelle du monde (voir CC n°52).

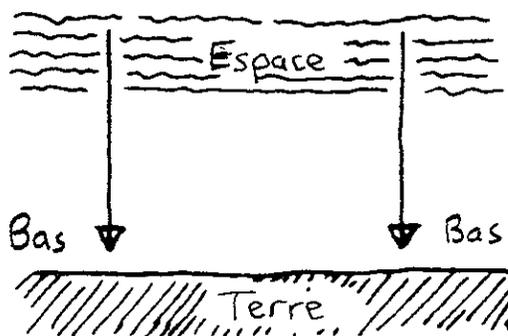
3: CONCEPTIONS DE LA TERRE EN TANT QUE CORPS COSMIQUE TROUVEES CHEZ LES ELEVES

3.1 Analyse des concepts selon une approche cognitive

Nous venons de voir que l'attitude fondamentale nécessaire à toute approche historique du progrès de la Science consiste à écarter résolument la vision du monde généralement acceptée par la communauté scientifique contemporaine et à chercher sincèrement à voir la nature avec les yeux de nos prédécesseurs. Dans une recherche pédagogique, l'attitude correspondante consisterait à rejeter une approche disciplinaire au profit d'une approche cognitive. Cette approche est centrée sur le défi cognitif, autrement dit l'évolution conceptuelle exigée de l'élève à chaque étape de son parcours.

Parmi les méthodes qu'il est possible d'utiliser dans ce genre d'approche, on peut opposer un concept à son antithèse et bien faire ressortir en quoi ils sont différents. Cela contribuera peut-être à éviter l'impression trompeuse que les idées proposées coulent de source. Ainsi, à propos du modèle terrestre, le problème est de connaître les composantes essentielles de la représentation la plus élémentaire que l'on puisse avoir de la Terre.

Fig.2: Les trois composantes essentielles du modèle terrestre le plus primitif que l'on puisse imaginer.



L'idée la plus ancienne et la plus primitive qu'on ait eu de la Terre est celle d'une Terre plate s'étendant à l'infini, horizontalement et vers le bas. Il est clair que toute affirmation de la platitude de la Terre implique du même coup une hypothèse sur la nature du ciel et de l'espace. Une Terre plate qui s'étend à l'infini suppose que le ciel (quel que soit l'élément qui le compose) soit horizontal et parallèle à la Terre (rappelez vous comment Igal se repré-

sentait la Terre et le ciel, fig.1). Quand les enfants parlent de l'espace, ils affirment que celui-ci est limité par un "plancher": la Terre, plate et illimitée (sans exclure d'éventuelles limites dans d'autres directions). Il est donc très important de remarquer que ces deux idées: 1) la platitude de la Terre et 2) la nature "horizontale" du ciel et la "limitation de l'espace" par celle-ci s'impliquent l'une l'autre et dépendent l'une de l'autre. La troisième notion fondamentale de ce modèle primitif est que 3) tous les corps graves tombant en chute libre en divers endroits de la Terre suivent des trajectoires parallèles (ce qui est compatible avec l'existence d'une dimension absolue "haut-bas"). Les trajectoires sont verticales et perpendiculaires à la surface (plate) de la Terre. Ces trois notions essentielles constituent une représentation cohérente (bien que primitive) visualisée par la figure 2.

Le passage de ce modèle plus que primitif à un modèle scientifique exige la modification simultanée de chacune de ces trois composantes. A mesure que le concept de forme de la Terre évolue d'un modèle plat vers un modèle sphérique, le ciel cesse d'être "horizontal", l'espace "perd son plancher", devenant ainsi également étendu dans toutes les directions. La Terre plate, solide et illimitée, qui jusque là bornait l'espace vers le bas, s'incurve et se contracte sur elle-même pour devenir un corps sphérique limité, "flottant" dans un espace infini. Le passage de l'idée que l'espace cosmique possède un "plancher" solide (la Terre) à celle d'un espace totalement ouvert, également étendu dans toutes les directions est un saut cognitif encore plus grand que celui qui consiste à passer d'un modèle plat à un modèle sphérique. A mesure que l'enfant accepte le modèle sphérique, les chutes s'opèrent selon des directions radiales et verticales (directions du champ gravitationnel terrestres) et les verticales "haut-bas" en différents points de la Terre cessent d'être parallèles (figure 3).

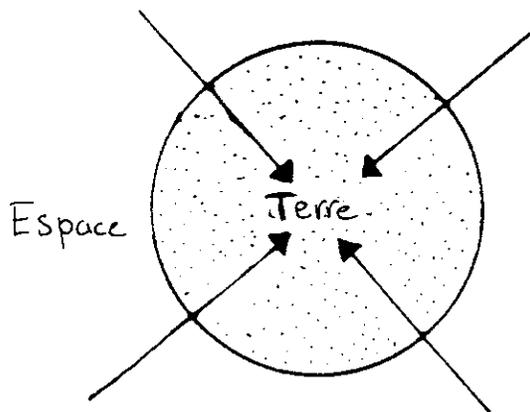


Fig.3: Les trois composantes essentielles d'un modèle scientifique de la Terre

L'idée que les verticales haut-bas ne sont pas absolues, c'est à dire dirigées vers ce qui sert de "plancher" à l'espace, mais déterminées par le centre de la Terre, qui sert alors de référentiel, est au coeur de tout modèle scientifique de la Terre. Il n'est pas essentiel de savoir pourquoi les corps graves tombent vers le centre de la Terre pour comprendre que notre planète est bien un corps cosmique. On peut très bien admettre avec Aristote que:

"...tous les corps graves ont une tendance naturelle à se mouvoir vers le centre de la Terre." (ref.22)

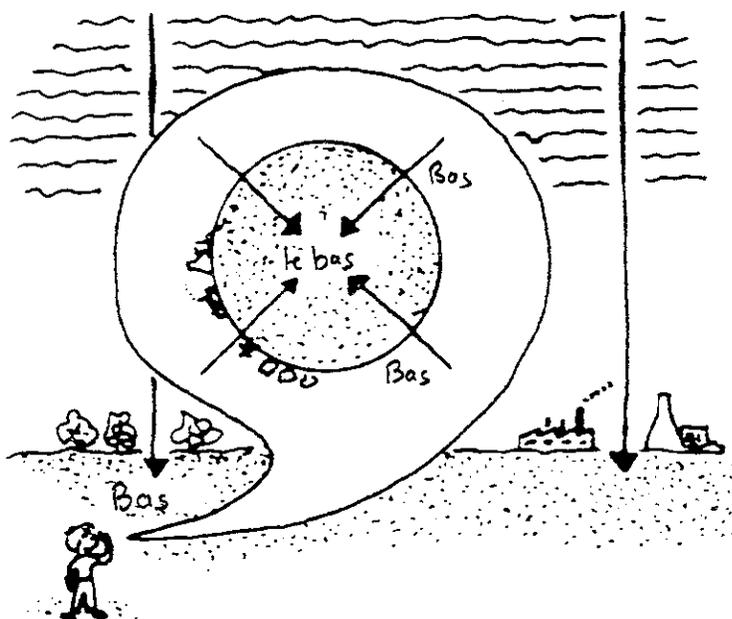
D'un autre côté, on pourrait aussi bien adhérer à l'explication newtonienne selon laquelle la Terre et les autres corps s'attirent mutuellement, ce qui se traduit par la perception que nous avons d'objets tombant vers le centre de la Terre. Dans les deux cas, l'explication respecte bien les contraintes imposées par un modèle construit sur les trois composantes décrites ci-dessus.

J'espère que les chapitres qui vont suivre convaincront le lecteur que ces trois composantes sont, de fait, les éléments fondamentaux à la base de tout modèle mental de la Terre.

3.2 Difficultés d'ordre cognitif pour élaborer une représentation scientifique de la Terre.

Quelles difficultés d'ordre cognitif les élèves rencontrent-ils en rejetant leur modèle primitif de la Terre pour adopter un modèle plus rationnel? La difficulté cognitive essentielle repose probablement sur le phénomène général de l'"égocentrisme" de l'enfant, décrit par Piaget.

Fig.4: Exigences cognitives pour conceptualiser la Terre en tant que corps céleste: se débarrasser d'un référentiel égocentrique.



L'enfant a fortement tendance à interpréter la réalité telle qu'il la voit, selon sa propre perspective (son référentiel "égocentrique"). La seule façon pour les gens de voir la Terre sur laquelle ils vivent comme une immense sphère "flottant" dans l'espace est de visualiser leur environnement immédiat tel qu'on pourrait le voir de l'espace. Ils doivent donc rejeter tout ce que leur perception immédiate leur "dit" à propos des trois composantes fondamentales du concept "Terre": Terre plate, ciel "horizontal" et espace limité vers le bas par la Terre, directions absolues (définies par la chute des corps) parallèles. La figure 4 donne une représentation visuelle de cette difficulté.

Pour reprendre la théorie de Piaget, l'opération mentale impliquée dans le processus d'élaboration du concept "Terre sphérique" consiste à imaginer la réalité telle qu'on la verrait de différentes perspectives (c'est à dire, à rejeter une vision égocentrique). Ainsi, le signe certain qu'un élève a réussi à élaborer de façon significative un modèle scientifique de la Terre sera son aptitude à opérer de façon cognitive sur ce modèle sans qu'il y ait interférence avec un mode de pensée égocentrique.

3.3 Modèles de la Terre propres aux enfants

Les points dégagés ci-dessous résultent de travaux menés aux Etats-Unis, en Israël, au Népal et en Italie par l'auteur et d'autres chercheurs (ref.1-4,6).

Cinq types de modèles qualitativement différents ("ensemble de croyances") ont été mis en évidence chez des enfants appartenant à des groupes divers. Il va sans dire que ces cinq types ne sont probablement pas les seuls à prévaloir chez les enfants en général. Toutes les études menées les ont toutefois retrouvés de façon répétée chez des enfants appartenant à des tranches d'âge et à des groupes ethniques différents. Bien entendu, la fréquence d'apparition de chacun de ces modèles variait d'un groupe à l'autre, comme on le verra plus bas.

Premier type de modèles:

- * La Terre sur laquelle nous vivons est plate et non ronde comme une boule

Les enfants qui soutiennent cette idée ne la formulent pas d'emblée. Ils commencent par déclarer explicitement, comme tous les autres, que la Terre est ronde. Cependant, un bref entretien révèle qu'ils ne croient pas réellement vivre à la surface d'une gigantesque boule. Ils croient plutôt que la Terre est plate. On aurait tort de penser que leurs réponses sont à leurs yeux complètement dépourvues de signification. Tous les enfants ont entendu parler de la rondeur de la Terre par différentes sources. Comme ils n'arrivent pas à saisir le véritable sens de cette idée, ils essaient de lui donner une signification par leurs propres moyens.

En voici quelques exemples:

(a) A la question: "Dans quelle direction faut-il regarder pour voir la Terre?", Constantine (8 ans) a répondu: "Il faut regarder dans le ciel". Une analyse plus approfondie a révélé qu'il croyait en l'existence de deux Terres: celle sur laquelle il vit est plate et l'autre, qui est ronde, est une sorte de planète dans le ciel. Il expliqua que les globes représentaient cette Terre sphérique située dans le ciel. A la question, "Qu'est ce qu'on trouve sur cette Terre?", il répondit: "Il y a des astronautes là-haut."

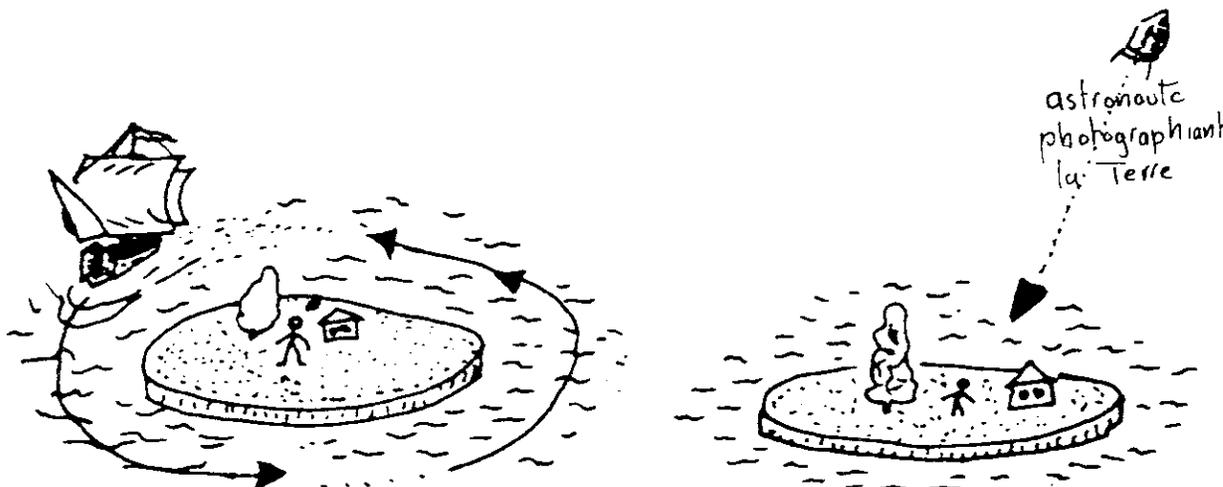
(b) Dan (12 ans $\frac{1}{2}$) dit que la Terre est ronde et que Christophe Colomb fut le premier à le découvrir en faisant un voyage autour du monde. Dan dessina effectivement une Terre ronde mais il se révéla très vite qu'il croyait en fait la Terre plate, servant en quelque sorte de plancher au cosmos. Un modèle plat ne permet pas la circumnavigation et c'est seulement en poursuivant l'entretien que cet enfant réussit à clarifier ses idées. Il croyait la Terre plate et circulaire, entourée par un océan (1). La nef de Christophe Colomb avait fait le tour du monde, puis était retournée au port comme sur la figure 5.

(c) Sarah (10 ans) partageait les mêmes vues que Dan et soutenait que seuls les astronautes pouvaient voir cette forme "ronde" (figure 5).

(1): Ce modèle se trouve dans Homère, pour qui la Terre est un disque flottant entouré par le fleuve Okéanos (Ndt)

Les exemples ci-dessus montrent comment le contenu d'une information scientifique sur la forme de la Terre peut subir des déformations importantes et des modifications significatives dans l'esprit des élèves lorsqu'ils tentent de lui donner une signification pour la rendre compatible avec leur croyance ferme en une Terre Plate.

L'enfant croit que la Terre sur laquelle nous vivons est plate et entourée par un Océan



Voici comment Christophe Colomb réussit à faire le tour du monde

La forme ronde de la Terre est visible sur les photos prises de l'espace

Figure 5. Exemples typiques de réponses données par des enfants croyant en une Terre plate et circulaire (modèle du premier type)

Lorsqu'on demanda ensuite à ces enfants croyant que la Terre était plate de prédire dans quelle direction tomberait un corps pour divers lieux dessinés sur des représentations de la Terre (des globes et des dessins sur le questionnaire d'enquête), ils dirent que si on laissait tomber un objet en n'importe quel endroit de l'hémisphère Sud, il "tomberait de la Terre". À la question: "Vers quoi tombera-t-il?", la réponse fut: "vers le bas" et ils représentèrent cette chute sur le dessin. À la question suivante: "Qu'y a-t-il vers le bas?", ils répondirent qu'il y avait du sol ou un océan au dessous. Lorsqu'on leur demanda de représenter ce qu'ils voulaient dire, ils dessinèrent un sol en grisé ou un océan en bleu "par dessous la Terre".

Leonidas (9 ans) raconta au chercheur qui conduisait l'entretien que les astronautes voyaient la Terre comme une boule. Il savait que la Terre était plus grande que Mars. Il savait localiser un endroit sur le Globe. Léonidas possédait une Encyclopédie Spatiale qui était sa source principale d'information. On lui proposa la séquence entière des questions mentionnées plus haut. Après avoir dessiné "le sol" au dessous de la Terre, l'enquêteur lui demanda: "Suppose que toi et moi nous soyons dans ce dessin. Dessine deux personnages à l'endroit où nous serions." Léonidas dessina deux personnages sur le sol, au dessous de la Terre (figure 6).

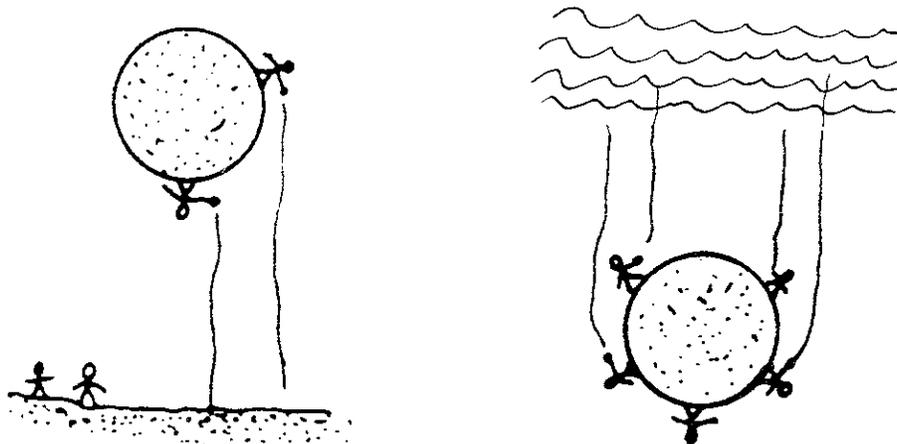


Figure 6: Autres réponses typiques données par des enfants qui croient en une Terre plate. (modèle du premier type)

Une autre activité révèle à coup sûr qu'un enfant croit encore en une Terre plate. On donne un dessin du globe terrestre avec cinq bonshommes debout en divers endroits qui vont chacun lancer une balle vers le ciel. On demande alors à l'enfant de dessiner les trajectoires suivies par ces balles et de représenter le ciel à sa vraie place. La figure 6 illustre des réponses assez typiques.

Diana (8 ans) dont le dessin ressemblait assez à celui de la figure 6 et à qui l'on demandait pourquoi elle n'avait pas figuré la trajectoire de la balle lancée par le bonhomme situé au pôle sud répondit que cette personne ne pouvait pas lancer de balle vers le ciel. On demanda alors ce que le bonhomme devait faire pour pouvoir la lancer et Diana répondit: "Aller ailleurs".

Le dessin de Diana et ses réponses illustrent un autre caractère de ce type de modèle. Alors que dans la tâche précédente décrite ci-dessus, l'enfant limitait l'espace par le bas avec des océans et un sol, il établissait maintenant une limite par le haut en dessinant le ciel au dessus de la Terre. Avec un sol "en dessous" et le ciel "par dessus", le modèle de la Terre ainsi créé est bien une reconstruction mentale du réel à partir d'une perspective égocentrique parfaitement claire pour l'enfant.

J. Nussbaum

(à suivre)

LES PHASES DE LA LUNE

Beaucoup d'enfants - et aussi d'adultes! - pensent que les phases de la Lune sont provoquées par l'ombre que la Terre porte sur la Lune. Comment les amener à trouver eux-mêmes l'interprétation correcte?

Le CLEA vient de publier une série de 20 diapositives "Les Phases de la Lune" réalisées et commentées par Victor Tryoën et Daniel Toussaint, qui illustrent le phénomène. Elles ne peuvent remplacer l'observation du phénomène réel, mais elles constituent une synthèse de toutes les descriptions, orales, graphiques individuelles, portant sur chacune des phases. Elles peuvent aussi réaliser une synthèse finale débouchant sur la notion de lunaison.

Ces diapositives présentent également une expérience originale, simple à mettre en oeuvre, (mais plus difficile à photographier) qui induit les conclusions suivantes:

- La Lune n'est pas une médaille plate, même si elle tourne toujours la même face vers la Terre ; c'est une boule éclairée par le Soleil ; si cette boule paraît incomplète c'est que les régions où règne la nuit lunaire sont invisibles (la Lune se fait de l'ombre à elle-même) ;

- Le Soleil qui l'éclaire est beaucoup plus éloigné de la Terre que la Lune.

POSITION DU TERMINATEUR DE LA LUNE

Lorsqu'on organise une observation de la Lune avec un groupe d'élèves, ceux-ci posent toujours des questions sur les cratères ou les reliefs qu'ils voient le mieux, c'est-à-dire ceux situés sur le terminateur.

Il est donc nécessaire de préparer cette observation et de faire chercher aux élèves la position du terminateur le jour de l'observation. Ils peuvent également se documenter à l'avance sur les caractéristiques des différents reliefs.

Le présent article propose de construire géométriquement la position du terminateur à un instant donné.

RAPPELS

Lorsqu'on observe la partie éclairée de la Lune, on distingue le limbe (bord du disque lunaire), qui est un demi-cercle, et le terminateur (séparation entre la partie éclairée et la partie dans l'ombre), qui est en général une demi-ellipse sauf à la Pleine Lune où c'est un demi-cercle (confondu avec le limbe) et aux Quartiers (PQ et DQ) où c'est un segment de droite.

La Lune présente toujours la même face vers la Terre car son axe de rotation est pratiquement perpendiculaire au plan de son orbite autour de la Terre, et sa période de rotation est égale à sa période sidérale de révolution (27,32 j). Mais du fait que l'axe de rotation n'est pas parfaitement perpendiculaire au plan de son orbite (il fait un angle de $6,68^\circ$ avec la perpendiculaire au plan de son orbite), on aperçoit tantôt un peu plus de la région Nord et tantôt un peu plus de la région Sud. C'est la libration en latitude.

De plus, l'orbite de la Lune étant une ellipse (première loi de Kepler), d'après la loi des aires (deuxième loi de Kepler) son mouvement n'est pas uniforme et donc au cours d'une révolution on aperçoit tantôt un peu plus du bord Est et tantôt un peu plus du bord Ouest. C'est la libration en longitude.

PRINCIPE

Dans la construction ci-dessous, on ne tiendra pas compte des librations (phénomènes de faible amplitude).

Au cours d'une lunaison (période synodique de révolution : 29,5 j) la direction Terre - Lune tourne de 360° dans le sens direct par rapport à la direction Terre - Soleil ("direction" au sens de l'astronomie, et non de la géométrie) (Fig. 1)

On observe le même phénomène (même éclairage de la Lune) en faisant tourner la direction Terre - Soleil de 360° dans le sens rétrograde en une lunaison. On admettra la distance Terre - Soleil très grande devant la distance Terre - Lune (Fig. 2).

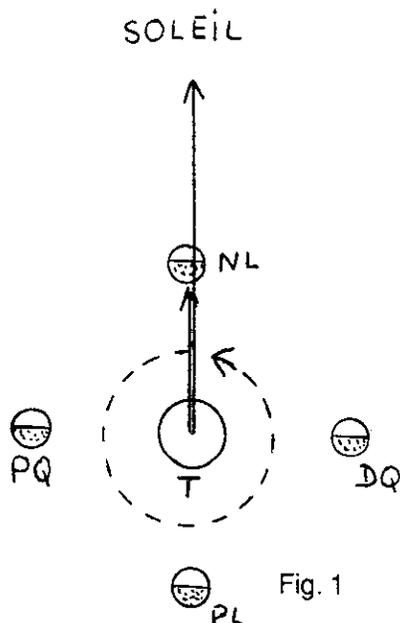


Fig. 1

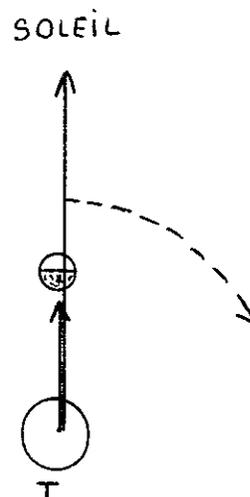


Fig. 2

Supposons que l'on veuille observer la Lune quatre jours après la Nouvelle Lune. Le Soleil aura tourné d'un angle α tel que : $\alpha \Rightarrow 4 \text{ j}$ et $360^\circ \Rightarrow 29,5 \text{ j}$; d'où $\alpha = [360 \times 4] / 29,5 = 48,8^\circ$.

Il est alors possible de (Fig. 3) :

- construire les directions Terre - Lune et Terre - Soleil,
- tracer le terminateur perpendiculaire aux rayons solaires,
- repérer les parties de la Lune éclairées et dans l'ombre (grisées),
- repérer la partie visible depuis la Terre (entre les repères A et B).

Si on regarde de plus près la Lune (Fig. 4), on constate que :

- P_N est le pôle Nord de la Lune,
- B est sur l'équateur et sur le limbe (partie éclairée visible depuis la Terre).
- le segment $P_N C$ représente la partie du terminateur visible depuis la Terre.

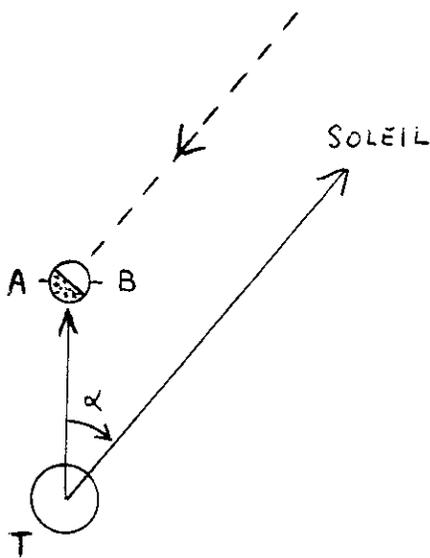


Fig. 3

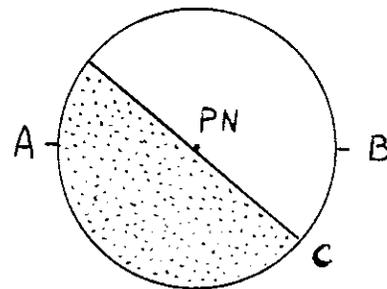


Fig. 4

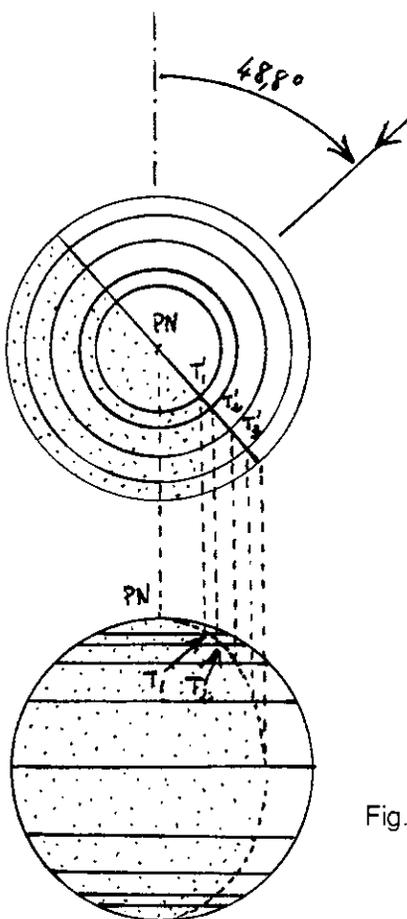


Fig. 5

Quand on regarde la Lune depuis la Terre, on n'est pas placé au-dessus du pôle Nord de la Lune, mais pratiquement dans le plan de l'équateur lunaire. Les parallèles sont donc vus pratiquement sous forme de segments de droite.

CONSTRUCTION (Fig. 5)

On trace des parallèles centrés sur P_N . Les points d'intersection (T'_1, T'_2, \dots) de ces parallèles avec le terminateur seront projetés sur les parallèles correspondants tels qu'ils sont vus depuis la Terre. On obtient les points T_1, T_2, \dots

En joignant ces points, on obtient la trace du terminateur dans l'hémisphère Nord et par symétrie dans l'hémisphère Sud.

Si ce travail a été fait sur un calque, il suffit de placer celui-ci sur une carte de la Lune de même diamètre pour repérer les cratères situés au voisinage du terminateur.

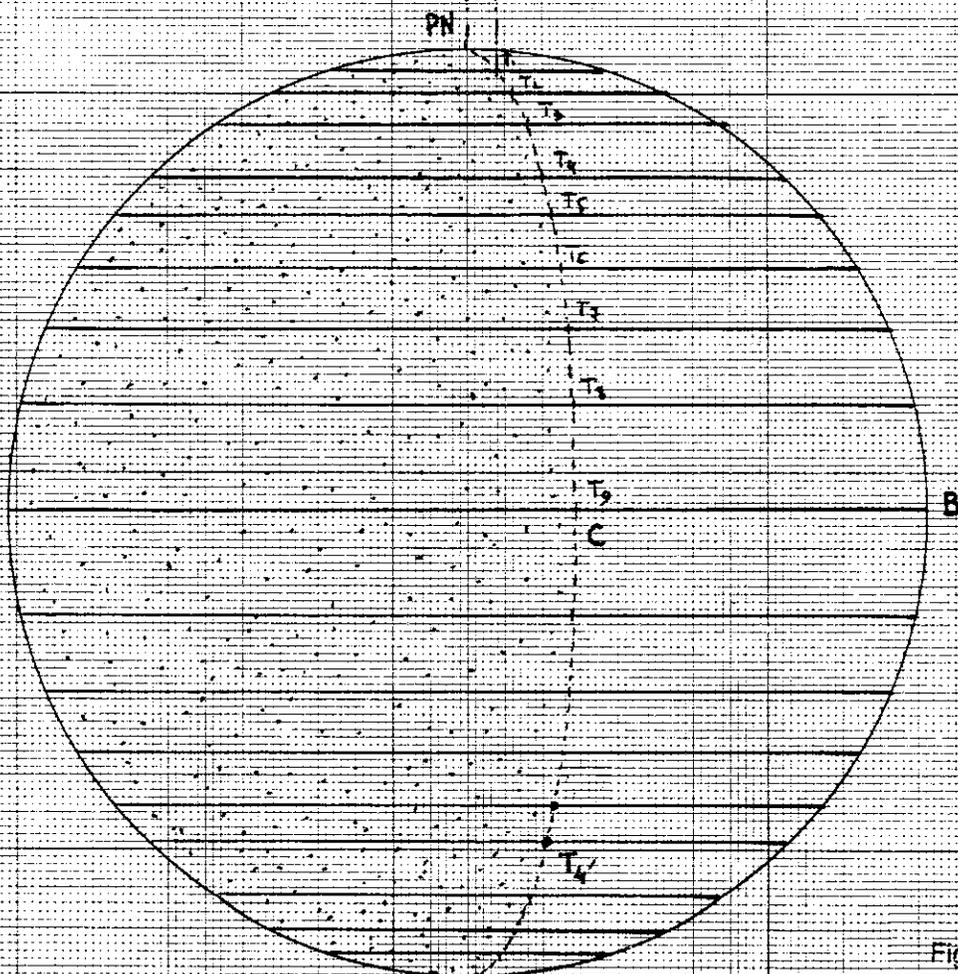
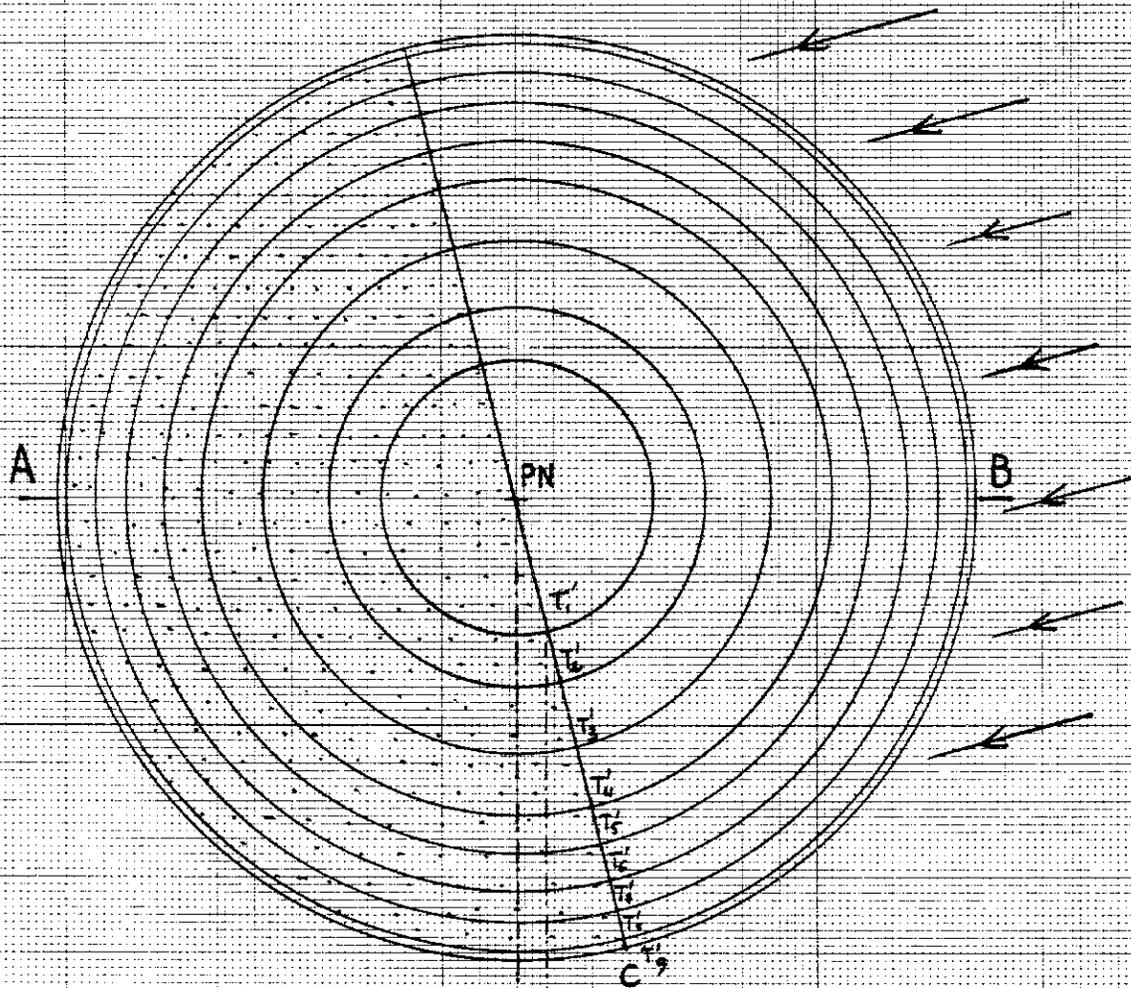


Fig. 6

Exemple : détermination de la position du terminateur le 21 avril 1991 à 3h 06min heure légale (c'est un week-end), soit 1h 06min TU. Quel est le temps t qui s'est écoulé depuis la dernière Nouvelle Lune (14 avril 1991 à 19 h 38 min TU) ?

$$t = 6j 05h 28min = 6,2277 j$$

L'angle α dont a tourné la direction Terre - Soleil est donc :

$$\alpha = [360 \times 6,2277] / 29,5 = 76^\circ$$

D'où la construction de la figure 6 :

- tracé du terminateur (perpendiculaire aux rayons solaires),
- obtention des points T'_1, T'_2, \dots, T'_9 ,
- projection de ces points sur les parallèles correspondants $\Rightarrow T_1, T_2, \dots, T_9$.

Remarque : on peut tracer directement le terminateur car il fait un angle α avec le segment AB.

Il suffit alors de reproduire la position du terminateur sur un transparent et de placer celui-ci sur la carte de la Lune (Fig. 7). Cette carte a été tirée de "Lune, Vénus et Mars", collection "Approche de la Nature", Gründ, ouvrage peu onéreux qui donne une cartographie détaillée de la Lune.

On constatera que le symétrique du point T_4 (dans l'hémisphère sud) est situé à la base de la case 66 de la carte. Il est en fait situé dans le cratère ... CLAIRAUT.

Citons l'éditeur de la carte : *"Alexis Clairaut 1713 - 1765 mathématicien, géodésien et astronome français de premier plan (et l'éditeur ne connaissait pas les Cahiers du même nom !), son nom a été donné à un cirque de 75 km de diamètre dont la muraille est interrompue au sud par deux petits cirques".*

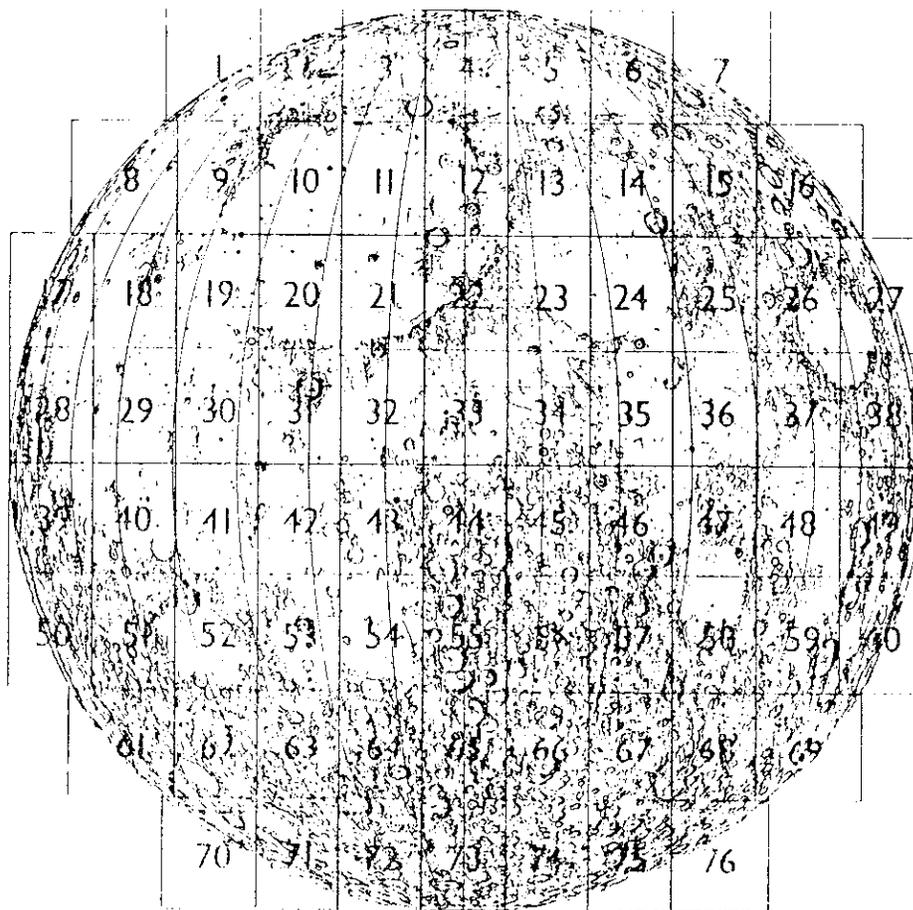


Fig. 7

Librations : Les puristes peuvent essayer de tenir compte des phénomènes de libration. Les éphémérides donnent les longitudes (λ ou l) et les latitudes (β ou b) sélénographiques de la Terre, c'est-à-dire du point central observé à un instant donné. Les longitudes sélénographiques sont comptées positivement vers l'Est de la Lune (Ouest géocentrique), c'est-à-dire vers la Mer des Crises. Les latitudes sélénographiques sont comptées positivement vers le Nord de la Lune (vers la Mer des Pluies).

Donc, si $\beta > 0$, on voit un peu plus de la région Nord ; si $\lambda > 0$, on voit un peu plus de la région Est de la Lune, donc vers la Mer des Crises. Pour 1991 les valeurs extrêmes sont :

$$-7,73^\circ \leq \lambda \leq +7,52^\circ \quad -6,80^\circ \leq \beta \leq +6,86^\circ$$

Le 21 avril 1991 : $\lambda = +3,18^\circ$ et $\beta = +0,11^\circ$.

Pour la carte reproduite dans le présent article, 6° représentent un déplacement de 6 mm au niveau de la case 33 et 3 mm pour la case 15.

Avec des élèves, il est préférable d'effectuer la démarche inverse : constater que l'observation ne concorde pas avec le tracé et donc introduire le phénomène de libration. Supposons que la construction prévoie que le terminateur passe par un cratère. Au moment de l'observation, si $\lambda > 0$ ce cratère sera dans l'ombre et si $\lambda < 0$ il sera déjà éclairé. Evidemment il faut que $|\alpha| \approx 3$ à 6° . Sinon, les erreurs de construction risquent de compenser le phénomène.

Jean Ripert

Rubrique : Au petit curieux - Optique curieuse

Et rata

Dans la rubrique du précédent numéro, il y a eu un raté. Notre dessinateur a affublé son héros de 2 mains gauches. Simple effet curieux d'optique.

Note à benêts

Si vous avez eu des difficultés pour mettre en évidence le phénomène décrit dans le numéro 52, prenez le vol AF97 pour Santiago. En effet, l'appareil est équipé de téléviseurs vous donnant à tout instant la position de l'avion au-dessus de l'océan et le café est servi avec une cuillère en plastique qui convient parfaitement bien à l'expérience.

Vous aurez une dizaine d'heures pour trouver la bonne fréquence.



LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

DE NOUVEAUX TROUS NOIRS

Les astronomes viennent de découvrir trois nouveaux candidats trous noirs bien documentés à partir d'observations spectroscopiques, suivies dans le temps, de deux galaxies à noyaux actifs et d'un système d'étoile double. Rappelons que la théorie prévoit la formation d'un trou noir, pour une masse M contenue dans une sphère de rayon R , lorsque le rapport M/R devient très grand, ce qui conduit le système à s'effondrer gravitationnellement sur lui-même indéfiniment. Dans le cas des étoiles en fin d'évolution, la phase ultime sera un trou noir si la masse est à ce stade de 2 à 3 fois la masse du Soleil. Rappelons quelques ordres de grandeur typiques pour ce rapport M/R en utilisant la masse et le rayon du Soleil comme unités : pour une étoile naine blanche : 100, pour une étoile à neutrons : 10^5 . Pour un trou noir M/R doit être supérieur à 10^5 ; cela peut être réalisé pour des masses stellaires (quelques dizaines de masses solaires) - on parle alors de "trous noirs stellaires", - ou de masses beaucoup plus élevées (quelques millions de masses solaires) - on parle alors de "trou noir supermassif" -. On prévoit la formation de ce premier type de trou noir non stellaire dans la région centrale de galaxies actives pour expliquer la production d'une énorme puissance lumineuse (de l'ordre de 10^{12} fois celle du Soleil) dans une région de dimension extrêmement petite (de l'ordre de un jour lumière ; c'est-à-dire que le rayon R a une longueur qui est la distance parcourue par la lumière en 1 jour avec une vitesse de 300 000 km/s) (voir l'article de S. Collin sur les noyaux actifs paru dans les Cahiers Clairaut n°47).

Le premier candidat est le noyau de la galaxie de Seyfert NGC 6814, observé en rayonnement X par le satellite GINGA. L'émission continue en X du noyau de cette galaxie est très rapidement variable ; l'intensité est parfois multipliée par 2 en moins d'une minute. Cette échelle de temps donne une indication sur la dimension de la source centrale émissive ; en effet, son rayon doit être inférieur à la distance parcourue par la lumière pendant la durée observée de la variation d'intensité pour que cette variation puisse être perçue par l'observateur. Dans ce cas, la dimension caractéristique doit être inférieure à une minute de lumière, soit 18 millions de km. Par ailleurs, on observe, également en X, une raie d'émission du fer produite par du gaz entourant le noyau de la galaxie et ionisé par le rayonnement continu émis par ce noyau. Les observations de GINGA ont montré que l'intensité de la raie varie également dans le temps en reproduisant avec un certain retard les variations d'intensité de la source excitatrice centrale. La mesure de ce décalage temporel, de l'ordre de 4 minutes, constitue également une contrainte sur la distance de la zone centrale aux nuages de gaz émettant la raie observée. Au total, l'explication la plus plausible résultant des variations observées dans le temps est celle de la présence d'un trou noir supermassif avec une masse de 1,4 millions de masses solaires dans une région de dimension de l'ordre de la distance Terre-Soleil (soit 150 millions de km).

Le second candidat est également une galaxie de Seyfert, à noyau variable, NGC 5448, qui a fait l'objet d'une campagne internationale de surveillance pendant 8 mois à raison d'une observation tous les 4 jours, à l'aide du satellite IUE((International Ultraviolet Explorer). L'analyse approfondie de la variabilité du rayonnement continu UV ionisant et d'une raie UV du carbone 3 fois ionisé montre clairement le décalage dans le temps des variations des deux phénomènes (de l'ordre de 9 jours) et corrélativement un changement de forme du profil de la raie se traduisant par un excès de décalage Doppler-Fizeau vers les grandes longueurs d'onde. Cet effet s'interprète comme la manifestation d'un mouvement de chute de nuages de gaz ionisé sur le noyau de la galaxie ; en effet le décalage observé correspond à un éloignement par rapport à l'observateur. Il s'agit là d'une manifestation directe de l'effet gravitationnel produit par un trou noir supermassif dont la masse peut être estimée à 10 millions de masses solaires.

Le troisième candidat relève de la catégorie des trous noirs stellaires et concerne l'étoile variable V616 dans la constellation de la Licorne. Il s'agit d'une étoile reconnue comme nova en 1917 et de nouveau en 1975, présentant un spectre double avec un système de raies d'absorption attribué à une étoile visible de type K, et un spectre de raies d'émission larges attribué à un disque d'accrétion entourant une composante invisible et compacte. En 1986, l'analyse photométrique et spectroscopique de l'étoile K a révélé les caractéristiques de l'étoile binaire : période orbitale de 0,32j, amplitude de variation de la vitesse radiale de 457 km/s. Les observations récentes du spectre d'émission lié à la composante invisible, viennent de révéler une variation périodique avec la même période et une amplitude de 43 km/s. Cela implique que le rapport des masses des composantes, égal au rapport des amplitudes, vaut 10,6 et que les masses (en unité solaire) des 2 étoiles sont **supérieures** respectivement à 3,82 pour la composante invisible et 0,36 pour l'étoile visible. La limite inférieure de $3,82 \pm 0,24$ est nettement au-dessus de la limite possible pour une étoile à neutrons : V616 Monocerotis est un des meilleurs candidats trou noir à ce jour !

UN PLANETARIUM MOBILE PAR DEPARTEMENT

Tout enseignant désirant expliquer à ses élèves le mouvement diurne ou bien les saisons et l'inégalité des jours et des nuits a commencé par dessiner au tableau ce qui devait, selon son idée, représenter la sphère céleste. S'il est bricoleur ou artiste, peut-être a-t-il aussi construit une sphère armillaire. Ou bien il a rêvé de disposer d'une sphère céleste comme on en voit dans les musées et sur laquelle des artistes de temps anciens auraient représenté les figures des constellations, un dragon, une ourse, un lion... En couleurs, bien sûr.

Et puis, après avoir admiré, on se pose des questions. Cette sphère céleste en mappemonde nous présente sa convexité alors que la sphère céleste que nous observons "pour de vrai", c'est de son centre que nous la voyons. On pense alors au planétarium, outil pédagogique incomparable : la voûte du planétarium sur laquelle se projettent les constellations est une représentation fidèle de la réalité ; si le projecteur est animé comme il doit l'être, la sphère des fixes se met en mouvement, le Soleil, la Lune et les planètes décrivent leurs mouvements apparents particuliers.

Les spectacles présentés par les grands planétariums fixes offrent de nombreux attraits selon leurs programmes. Encore faut-il, pour en faire bénéficier une classe, que celle-ci se déplace au prix d'un voyage parfois long et coûteux.

Les petits planétariums mobiles ont donc aussi leurs avantages. Puisque petits, l'effectif d'élèves installés sous sa voûte est forcément réduit, environ une quinzaine d'élèves ou même une classe de 25 selon le planétarium. Si le présentateur les connaît - situation idéale - et même s'il ne les connaît pas, la communication se fera dans les deux sens, les questions fuseront du côté des élèves, les réponses viendront des élèves eux-mêmes, corrigées éventuellement par le maître. Le planétarium mobile devient ainsi l'outil pédagogique exemplaire de l'initiation astronomique, outil pédagogique interactif, que l'animateur soit extérieur à la classe ou le maître lui-même.

Encore faut-il que l'enseignant qui désire l'utiliser puisse en disposer facilement. Ce qui serait le cas si, par exemple, il existait un planétarium mobile par département à la disposition des écoles, collèges et lycées de ce département. Ce n'est pas le cas aujourd'hui. Mais l'expérience des collègues qui ont pu réaliser l'acquisition et l'utilisation d'un tel instrument dans leur ville ou dans leur région devrait servir à motiver et aider les collègues susceptibles de les imiter ou de faire mieux. Tel est donc l'objet pratique du présent article : analyser les problèmes posés par l'acquisition et la gestion d'un planétarium mobile, grouper au sein du CLEA les bonnes volontés engagées dans une telle tâche et par conséquent aider à son succès.

1. Qui peut devenir acquéreur et gestionnaire d'un planétarium mobile ? A priori on pense au CDDP ou au CRDP ou encore mieux à une association spécifique comme il en existe dans maintes villes. Exemples : le CLEA gère le "starlab" qu'il a pu acquérir grâce à une subvention de l'académie de Versailles; à Grenoble, c'est l'APPAG, Association Pour un Planétarium dans l'Agglomération Grenobloise ; à Strasbourg, c'est le justement célèbre planétarium de la ville qui gère le planétarium mobile, ce qui prouve, en passant, la bonne coordination qui peut et doit se développer entre installations fixes et mobiles, leurs rôles sont largement complémentaires, le planétarium mobile assurant la promotion du planétarium fixe.
2. Comment trouver le financement ? Il faut évidemment commencer par convaincre les élus et, plus généralement, tous les responsables susceptibles de donner un avis. Pour convaincre, expliquer - en citant ce qui a déjà été réalisé ailleurs -, et montrer - en organisant des séances avec un planétarium emprunté. Toucher ainsi les responsables du Conseil Régional, du Conseil

Général, des municipalités, des responsables universitaires (recteur, inspecteurs d'académie; inspecteurs pédagogiques régionaux, inspecteurs départementaux, chefs d'établissement), responsables de l'action culturelle, etc, y compris des sponsors éventuels (banques, industriels?..). La réussite appartiendra aux équipes persévérantes et motivées qui, grâce aux échanges réalisés dans ces démarches sauront pour conclure présenter un dossier bien ficelé qui enlèvera la décision finale.

3. Comment utiliser le planétarium mobile ? On y réfléchira dès la mise en route des démarches d'achat :

- quel modèle de planétarium mobile acheter ?
- comment sera-t-il utilisé ? Quels seront les animateurs ? Comment ceux-ci seront-ils formés ? Exemples : des stages MAFPEN comme dans l'académie de Grenoble, des cours de l'Université comme à Strasbourg.

Bien sûr, il serait hautement souhaitable que les maîtres fussent formés pour être animateurs du planétarium mobile lorsque celui-ci sera installé dans leur établissement. Cela peut se faire quand les Collègues déjà formés veulent bien guider les premiers pas des Collègues désireux de les imiter. Mais ce système peut limiter l'utilisation de l'appareil à quelques établissements privilégiés. Il vaut mieux organiser des stages durant lesquels tous les collègues reçoivent la même formation très méthodique (à la fois sur le plan pratique, la longévité du matériel en dépend, mais aussi sur le plan pédagogique).

°°

Les remarques précédentes ne sont qu'un schéma-amorce des échanges auxquels les Cahiers Clairaut feront naturellement écho si l'appel de cet article provoque, comme je l'espère, des réactions, des questions, des discussions. Exemples : Quels tarifs pratiquer pour louer le planétarium mobile pendant une semaine au collège X ? A qui s'adresser au CLEA pour toute question relative aux planétariums mobiles ? Bien sûr, le signataire du présent appel accepterait cette responsabilité pour commencer. Ensuite une commission CLEA-planétarium pourrait s'organiser, démocratiquement bien sûr, et sans faire pièce le moins du monde à l'Association des Planétariums de Langue Française (APLF) qui a d'autres ambitions et dont personne parmi nous ne voudrait gêner ou contrarier l'action.

Non, simplement, ici, entre Collègues du CLEA, nous entraîner pour réaliser ce projet : UN PLANETARIUM MOBILE PAR DEPARTEMENT.

Andrée Richelme

Corps d'Uriage
38410 URIAGE
(tél 76 89 70 03)

UN STAGE PLANETARIUM à ORSAY

L'équipe CLEA d'Orsay a proposé à la MAFPEN de Versailles un stage "Utilisation pédagogique d'un planétarium" (23, 24 et 25 mars 1992). Si vous êtes intéressés, guettez le PAF de Versailles et inscrivez-vous. Si le stage n'était pas retenu, ou si des collègues relevant d'autres académies souhaitaient suivre un tel stage, l'équipe d'Orsay envisage d'en proposer un autre, sous une forme légèrement différente (3 mercredis après-midi, à partir du 25 mars).

Les collègues intéressés sont invités à se faire connaître le plus rapidement possible auprès de L. Gouguenheim, Laboratoire d'Astronomie Bât. 470 91405 ORSAY Cedex (tel : 69 41 77 66).

L'ASTRONOMIE SUR UN ECRAN D'ORDINATEUR

Jan Dunin-Borkowski

Département "Enseignement Assisté par Ordinateur", Varsovie

Il est communément admis que les ordinateurs peuvent jouer un rôle très important dans l'enseignement. Cependant, ils sont trop souvent utilisés de façon très primitive, comme un tableau noir électronique ou comme appareil à tourner les pages. Cela reflète l'idée traditionnelle qu'on se fait de l'enseignement, c'est à dire transmettre une somme de connaissances. Dans ce cas, "l'ordinateur programme les étudiants plutôt qu'il ne développe leur créativité et leur autonomie."(1) A l'heure actuelle, on ressent très fortement la nécessité d'une approche heuristique (*) et investigatrice ayant pour objectif le développement de la capacité de penser et de remettre en question.

L'ouvrage classique édité par Robert Taylor (2) discute les applications possibles de l'ordinateur en définissant trois rôles: être un tuteur, un outil, un apprenant ("Tutor, Tool, Tutee"). Bien que la discussion ne mette l'accent sur aucun de ces aspects en particulier, l'évolution constatée au cours de la dernière décennie semble claire. "L'objectif principal de l'enseignement est de montrer aux gens comment réussir [...] à maîtriser leur destinée."(3). Les ordinateurs sont particulièrement appropriés à cet objectif, grâce à leur aptitude à gérer et à maîtriser l'information. Plusieurs auteurs recommandent donc de les utiliser surtout comme un outil. A.Luehrman soutient qu'il faut non seulement enseigner avec l'ordinateur mais aussi apprendre à utiliser ce puissant outil intellectuel (4). Ainsi il existe un besoin, et une chance d'infléchir les stratégies et la problématique de façon à faire une plus grande place à la curiosité et à l'investigation (5).

Pour utiliser l'ordinateur à l'école de façon positive, il faut définir un certain nombre de lignes directrices fondées sur la réflexion pédagogique et une analyse soignée de ses possibilités matérielles et logicielles. L'application pédagogique devrait se développer à partir des besoins éducationnels et des capacités de l'ordinateur.

Les outils les plus puissants et les plus prometteurs sont probablement les programmes de modélisation à structure modulaire. La modélisation a toujours eu une grande valeur éducative, car la démarche ressemble beaucoup à la remise en question typique de la démarche scientifique. En fait, la vision scientifique que l'on a du monde est un ensemble de modèles. C'est ainsi que l'être humain explore le Réel. Un modèle est une "image animée" d'un phénomène qui en représente les mécanismes internes. On peut aussi dire que le modèle représente la structure des éléments du système dans lequel se produit le phénomène et leurs relations réciproques. De ce point de vue, n'importe quel programme informatique est un modèle. C'est pour cette raison que l'ordinateur se prête admirablement bien à la modélisation. Un pas en avant considérable a été accompli récemment avec le développement de nombreux systèmes nouveaux de modélisation (7). Afin de les améliorer encore, il est nécessaire d'en étudier les caractères, en écartant les sujets trop spécifiques (8).

(*) heuristique: qui conduit à la découverte. Une démarche heuristique est une démarche dans laquelle on guide l'apprenant vers ce qu'il doit découvrir par lui-même, plutôt que de lui livrer cette connaissance par un exposé magistral (NdT).

Lorsqu'on fait fonctionner un modèle, il y a simulation du phénomène représenté. La simulation est équivalente à une perspective extérieure au système et qui imite la réalité. La valeur pédagogique d'une simulation informatique dépend de l'objectif qu'on s'est donné. On peut distinguer deux types de simulations: les animations (simulations évolutives) et les simulations à caractère heuristique. Une approche éducative créative exige que l'on sollicite le raisonnement et la discussion. Le recours à la simulation est donc fécond chaque fois que l'on suppose connu le modèle sous-jacent, mais il n'est pas facile de prévoir le résultat final d'une telle démarche. Le but que l'on se propose d'atteindre devrait donc être soigneusement défini dès lors qu'on recourt à une simulation évolutive.

Voyons maintenant comment ces considérations générales peuvent s'appliquer en pratique à l'élaboration d'un module d'enseignement. Tout d'abord, l'objectif pédagogique d'un module doit être clairement formulé. L'astronomie a donné naissance à de nombreux modèles physiques. Le plus simple de ces modèles mais aussi le plus révolutionnaire est celui de la gravitation. On verra plus loin comment utiliser l'ordinateur pour passer de l'image qu'on se fait du ciel à la théorie de la gravitation.

Les logiciels de représentation du ciel, en fait de simples cartes informatiques du ciel (simulation d'un planétarium) sont très populaires. Bien que de tels programmes ne peuvent directement inciter l'étudiant à des inférences de type heuristique, ils possèdent évidemment une qualité opératoire: ils sont une initiation à l'observation du ciel. On peut aussi les traiter comme des bases de données spécialisées. Toutefois, pour en tirer tout le profit possible, il faut aller plus loin. En examinant différents programmes de ce genre, on constate aisément combien ils sont inconséquents. Au lieu d'inciter à des déductions de type heuristique, le programme saute d'un sujet à l'autre, avec comme objectif l'illustration ce que les étudiants doivent se mettre dans la tête! Les plus simples ne sont guère plus qu'une image du ciel nocturne. Ils peuvent servir de toute façon d'introduction à l'observation du ciel en aidant à identifier les étoiles et les constellations. Les programmes plus sophistiqués permettent de reconnaître les "astres errants" dans la mesure où ils comprennent des éphémérides. Cependant, ils ne cherchent généralement pas à présenter les données d'observation sous une forme propice à la construction un modèle.

Le logiciel "Planets in the Classroom" conçu et commercialisé par David Chandler (1) est une exception notable. Il est conçu selon la stratégie éducative du Harvard Project Physics Course (11), et cela n'est sûrement pas un hasard. Le programme démarre sur une simulation à partir de données d'observation puis permet à l'utilisateur de voir les mouvements des planètes selon différentes perspectives. Il montre clairement comment ces mouvements peuvent être décrits différemment selon le référentiel qu'on se donne. Puis il montre les positions planétaires sous la forme d'un calendrier graphique "position en fonction du temps". On peut déterminer la forme réelle de l'orbite à partir de ce diagramme. Et c'est bien d'une démarche analogue que naquit le modèle d'un Nouvel Univers. Le modèle héliocentrique créé par Copernic puis amélioré par Kepler fut pour Newton la pierre de fondation sur laquelle il bâtit son modèle de la gravitation universelle. C'était en fait l'aube d'une nouvelle manière de penser et d'une nouvelle approche. C'était la fameuse Synthèse Newtonienne et, pour la première fois, l'être humain avait l'audace d'appliquer les règles de la physique terrestre aux choses du ciel.

Plusieurs stratégies sont possibles pour enseigner la gravité (12). Mais tout raisonnement physique devrait partir de l'observation et de l'expérience. On peut utiliser l'ordinateur pour maîtriser les conditions de l'expérience,

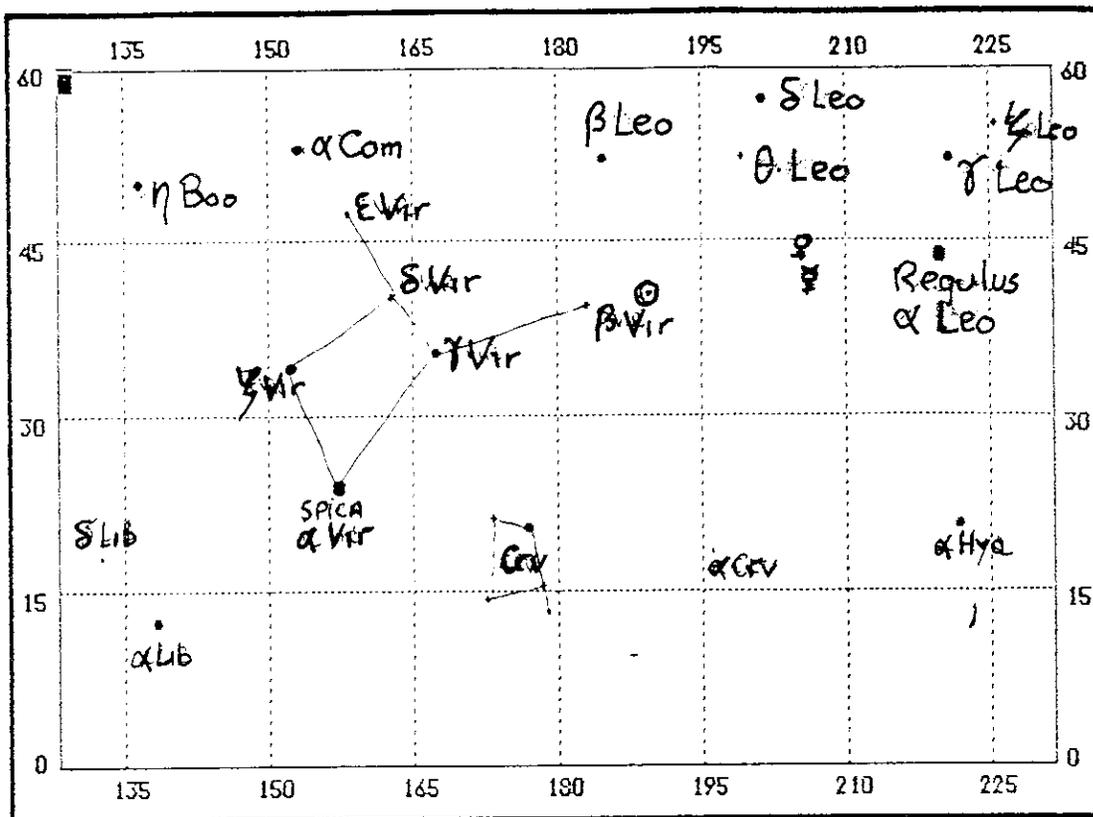
pour analyser les données expérimentales, mais non pour remplacer l'expérience elle-même. Le modèle jaillit de l'intuition et du raisonnement stimulés par les résultats fournis par l'observation. Alors seulement le modèle peut être entré dans la machine puis vérifié en confrontant les résultats obtenus par la simulation avec des observations réelles. Dans ce but, on peut se servir de divers programmes modulaires. L'accord entre la structure du système solaire générée par l'ordinateur et les données astronomiques vérifie alors ce modèle.

Les programmes de modélisation offrent la possibilité d'investigations plus poussées. En faisant varier de façon périodique la vitesse radiale, on peut simuler puis explorer le problème des perturbations des orbites et de leur stabilité. On peut étudier les conséquences d'une légère modification des lois de la gravitation, telles qu'elles sont prédites par la théorie de la relativité généralisée. Tout cela débouche sur la précession de l'orbite de Mercure.

En résumé, les ordinateurs offrent un moyen extrêmement puissant de simuler les phénomènes astronomiques. Pour développer l'intelligence, il est souhaitable d'utiliser surtout des simulations à caractère fortement heuristique afin de stimuler le raisonnement et la discussion, faute de quoi on ne développera que des aptitudes opératoires. L'étape suivante, encore plus importante, consiste à utiliser les données observationnelles pour déduire, vérifier et modifier les modèles physiques. Pour atteindre ces objectifs, les modèles informatiques sont irremplaçables.

REFERENCES:

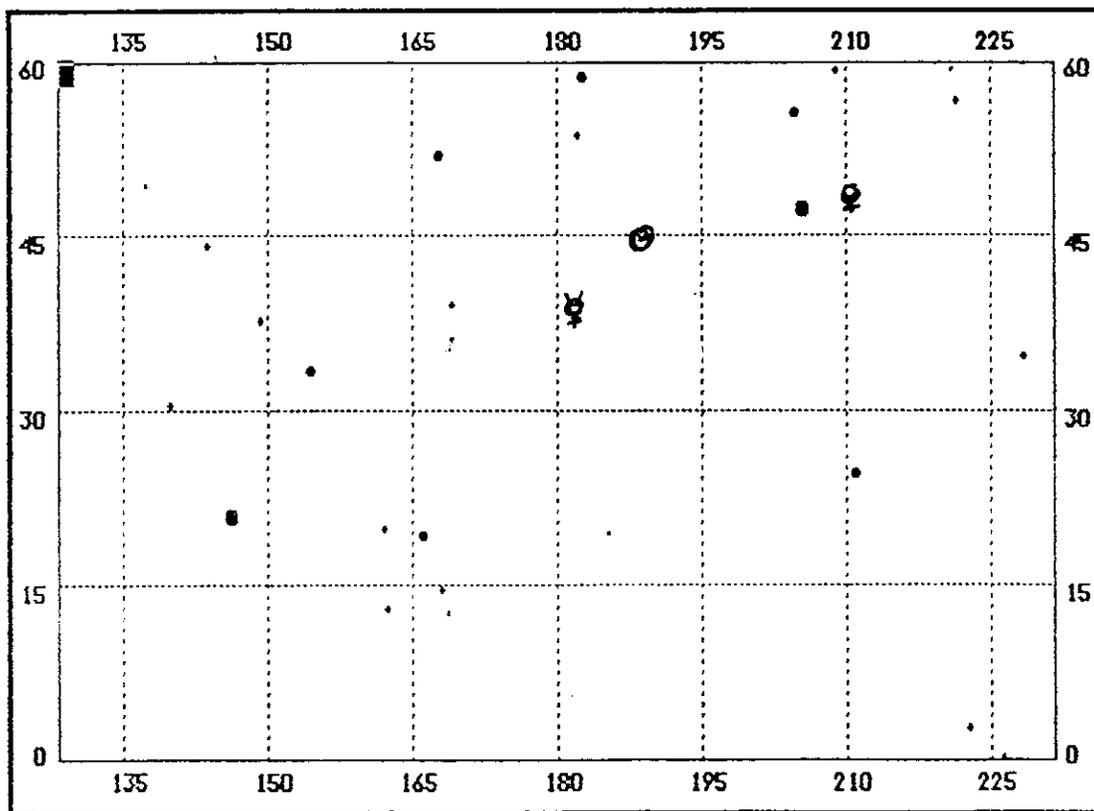
- (1) E.F. Redish, Curriculum - Physics: The Computer, in EDUCOM Review, 24, Printemps 1989
- (2) The Computer in the School: Tutor, Tool, Tutee, Robert Taylor (Ed.), Teachers College, Columbia University, New York, 1980
- (3) T. Dwyer, in The Computer in the School, *ibid.*, p.88
- (4) A. Luehrman, in The Computer in the School, *ibid.*, p.133
- (5) J.Dunin-Borkowski, Mikrocomputery a styl nauczania, III Krajowa Konferencja "Informatyka w szkole", p.38, Wałbrzych, 1987
- (6) E.F.Taylor, Comparison of Different Uses of Computers in Teaching Physics, Proc. of Intern. Conf. on Trends in Physics Education, s.108, Tokyo, 1986
- (7) J.Ogborn; New Technologies in the Classroom, *ibid.*, p.42
M.Cox, the Integrated Modelling Project, Centre for Educational Study, King's College, London, 1989
- (8) J.Dunin-Borkowski, Computer Models in Teaching Physics, Proc. of Euro-physics Study Conference, Gdansk, 1989 (in press)
- (9) A.Mazurkiewicz, "Niebo", Computer program for IBM-PC, Warszawa, 1989, 1990
- (10) "Planets in the Classroom", software package and teaching guide, David Chandler Co., La Verne, California, 1989
- (11) F.J.Rutherford, G.Holton, F.G.Watson, Harvard Project Physics, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1970
- (12) J.Dunin-Borkowski, J.Peters-Maszkiewicz, Motion in Space and Micro-computers, Proc. of Intern. Conf. Girep'86 "COSMOS - an Educational Challenge", p.433, Copenhagen, 1986
- (13) R.M.Eisberg, L.S.Lerner, Physics - Foundations and Applications, McGraw-Hill Inc., 1981



1990.9.15 12:0 (1)
52 14 N, 21 0 E

S (Poludnie)
Pomoc: P

Copyright (c) 1988,1990 Antoni Mazurkiewicz



1990.9.4 12:0 (1)
52 14 N, 21 0 E

S (Poludnie)
Pomoc: P

Copyright (c) 1988,1990 Antoni Mazurkiewicz

Fig.1: Visualisation sur écran du mouvement des planètes. Aspects du ciel à 12h (heure polonaise) pour différentes dates. Logiciel "Niebo" ("Ciel") conçu par A.Mazurkiewicz. [Poludnie= méridien]

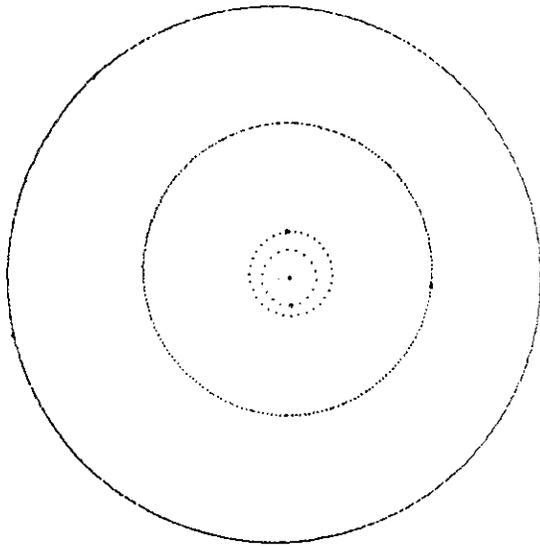


Fig.2: Orbites de la Terre, de Mars, de Jupiter et de Saturne selon une perspective héliocentrique.

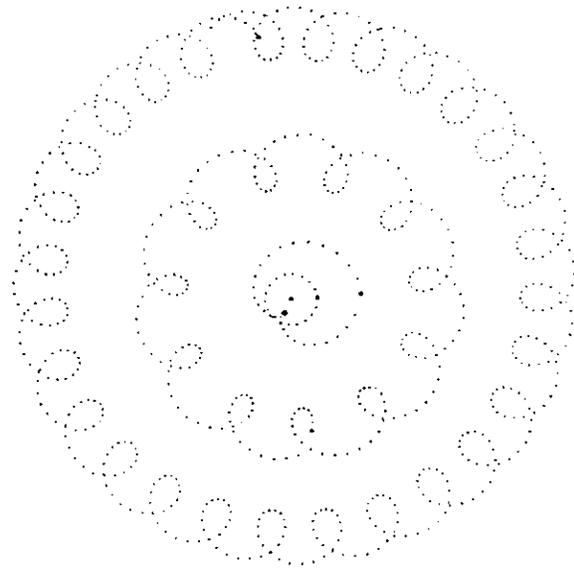


Fig.3: Les mêmes orbites selon une perspective géocentrique.

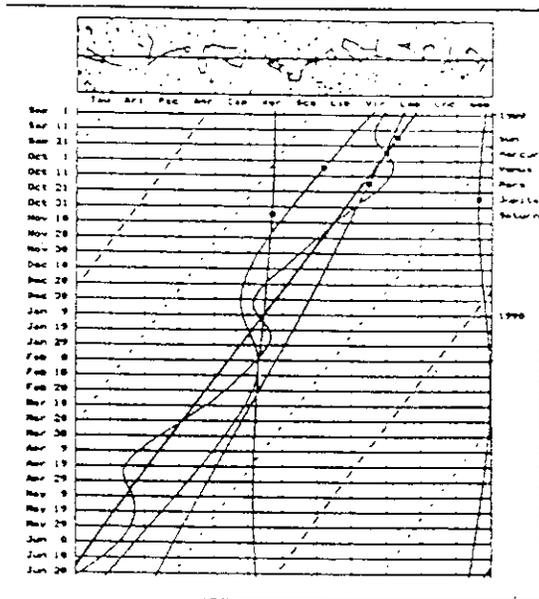


Fig.4: Calendrier graphique rapporté au Zodiaque. La ligne en trait appuyé traversant le diagramme en diagonale représente le Soleil. Chaque courbe représente une planète. On peut lire sa position dans le Zodiaque à une date quelconque en traçant la verticale correspondante.

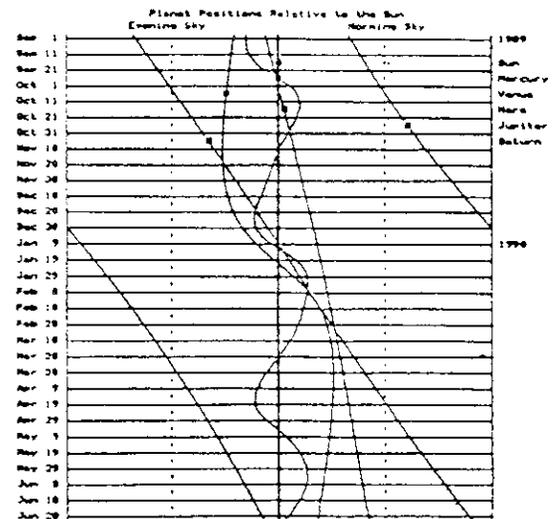


Fig.5: Le même calendrier graphique mais rapporté au Soleil. La ligne verticale en trait appuyé figure le Soleil. Les positions des planètes sont rapportées au Soleil. Comparer les positions relatives des planètes à différentes dates avec les représentations correspondantes de la fig.4 ci-contre.

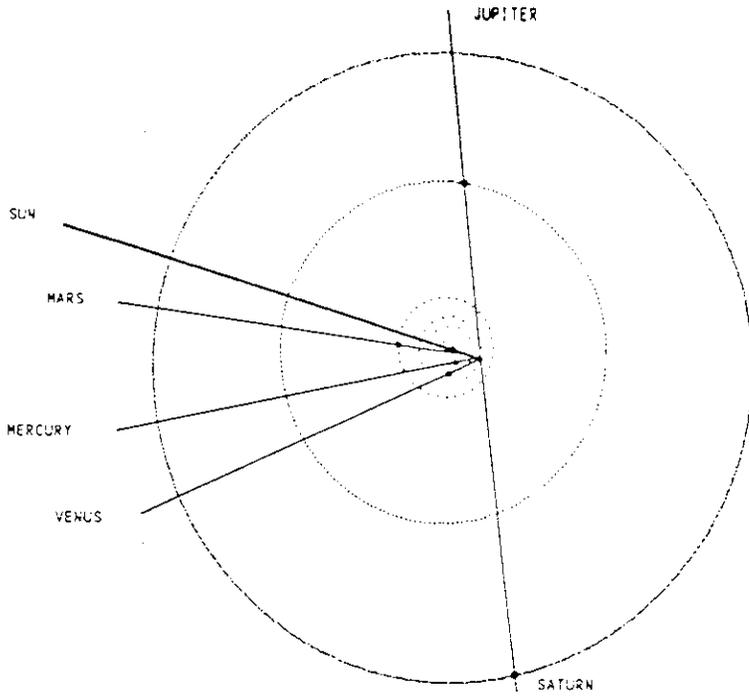


Fig.6: les flèches représentent les lignes de visée reliant la Terre au Soleil et aux autres planètes. Positions pour le 1989 SEP 10. Comparer avec la fig.7.

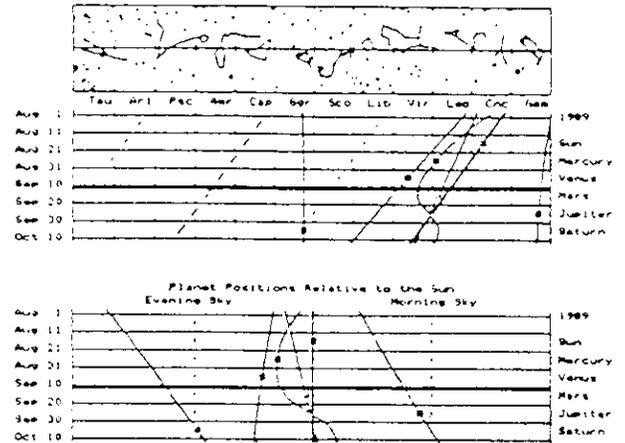


Fig.7: Les positions figurées sur la carte correspondent aux positions héliocentriques de la fig.6.

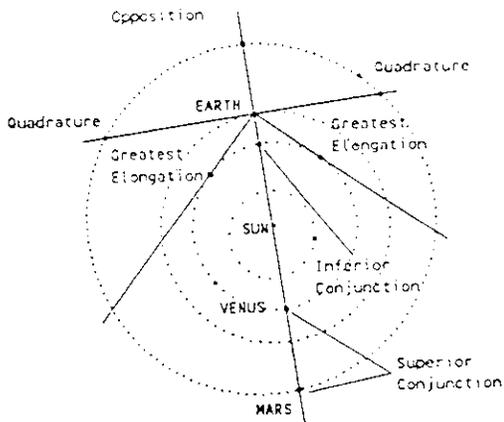


Fig.8: Aspects planétaires de Vénus et de Mars.

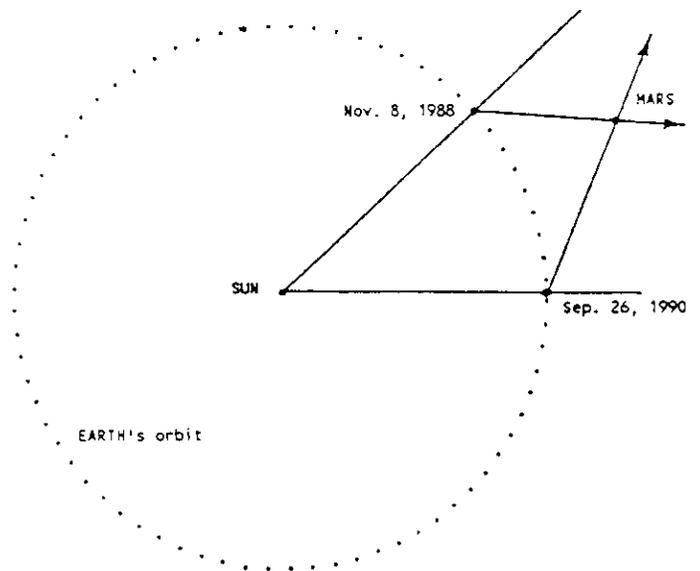


Fig.9: Comment repérer un point sur l'orbite de Mars.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

ENTRETIENS SUR LA PLURALITE DES MONDES

par Fontenelle ; préface de François Bott ; 140 p., éd de l'Aube (69 F), 1991.

La réédition sous une forme facilement accessible de ce grand classique advient au bon moment. Le préfacier, grand amateur de la littérature au XVII^{ème} siècle, publie en même temps "L'Entremetteur, esquisse du portrait de Fontenelle" (éd PUF) et une biographie de Fontenelle par Alain Niderst est annoncée pour paraître bientôt (éd Plon).

Ces Entretiens ont pour nous un attrait évident, ils sont un des premiers jalons de ces chefs d'oeuvre de la vulgarisation scientifique qui furent, au cours des siècles, les bons outils de la culture populaire.

Quand l'ouvrage paraît, en 1686, les Principia de Newton sont encore à venir, Newton a développé ses idées et il en a discuté avec ses contemporains, mais Fontenelle est un jeune homme de vingt-neuf ans qui ne fréquente pas les savants de Cambridge et qui est beaucoup plus familier des salons parisiens. Il est d'ailleurs un cartésien convaincu et la théorie des tourbillons suffit à ses explications. Ce qui importe à ses yeux, c'est surtout la description des phénomènes et quand cela lui paraît utile, il n'hésite pas à laisser courir sa fertile imagination. Ainsi n'hésite-t-il pas à peupler la Lune et les planètes d'habitants comme s'il avait besoin sur ces astres d'interlocuteurs, de répondants. En fait, cela devait plaire à ses lecteurs de l'époque, à cette marquise avec qui il fait de si belles promenades nocturnes : "C'est à dire, me dit la Marquise, que vous savez seulement que tout est bien, sans savoir comment il est; c'est beaucoup d'ignorance sur bien peu de science ; mais il faut s'en consoler, je suis trop heureuse que vous ayez rendu à la Lune ses habitants."

Il faut donc prendre ce texte pour ce qu'il est, un modèle de vulgarisation par la qualité du style et l'habileté de la présentation. On sait que Fontenelle mourut centenaire en 1757. Il eut donc le temps de connaître Newton et de reconnaître son importance. Cependant, il ne reprit pas le texte de ses Entretiens pour l'actualiser. Sans doute l'aspect mathématique de l'attraction newtonienne lui paraissait-il trop ardu pour en discourir avec sa marquise qui n'était pas la "nôtre", celle du Châtelet capable de traduire les Principia.

Prenons donc le simple plaisir de lire ou relire cette belle et plaisante prose dont Voltaire disait : "L'ignorant l'entendit, le savant l'admira." Et le lecteur de 1991 peut encore y puiser de sages conseils :

"En fait des découvertes nouvelles, il ne faut pas trop presser de raisonner, quoiqu'on en ait toujours assez d'envie, et les vrais philosophes sont comme les éléphants qui en marchant ne posent jamais le second pied à terre, que le premier n'y soit bien affermi."

LA ROCHELLE, L'ASTROLABE ET LES ETOILES

esquisse d'une histoire astronomique de La Rochelle, par Jacques Vialle ; 32p. (50 F) ; édition Astrolabe 1991.

Les lecteurs des Cahiers Clairaut qui passeront par La Rochelle ne manqueront pas de visiter le Centre d'Animation culturelle de Mireuil (avenue Kennedy) qui a pris nom L'ASTROLABE. Pour expliquer ce choix, notre Collègue Jacques Vialle a rédigé cette belle brochure, nourrie de ses lectures à la bibliothèque municipale riche d'ouvrages anciens.

Au sommaire : 1. Qu'est-ce que l'astrolabe. 2. L'astronomie à La Rochelle d'après le catalogue des richesses de sa Bibliothèque, l'Astronome rochelais Dulirès ; les curiosités locales dont les douze impasses du zodiaque devenues neuf, le Taureau et le Scorpion ayant été victimes des "restructurations" et le Sagittaire devenant une rue. 3. Les vaisseaux qui portèrent le nom d'Astrolabe, en particulier celui de La Pérouse...

L'ami Jacques Vialle est aussi passionné d'astronomie que d'enseignement de celle-ci et que de vieux livres. Il a trouvé avec cette brochure, une belle occasion de nous montrer tous ses talents ; les lecteurs des Cahiers Clairaut n'ont pas fini d'en profiter.

NEWTON ET LA MECANIQUE CELESTE

par Jean-Pierre Maury ; 144 p. ; Collection Découvertes-Gallimard.

Du même auteur, dans la même collection, nous avons lu déjà "Galilée, le messager des étoiles" (1986) et "Comment la Terre devint ronde" (1988). Nous raconter la vie de Newton et l'illustrer grâce à de nombreux documents, c'est faire revivre presque tout ce grand siècle de l'astronomie que fut le XVII^{ème}. Les circonstances particulières de la jeunesse de Newton - la grande peste et son exil à Woolthorpe - précèdent la construction des grands observatoires (Paris et Greenwich). Les travaux de Picard et de Huygens vont préparer le grand tournant, 1687 et la publication des Principia. J.P. Maury fait aussi une grande place aux continuateurs de Newton, les mécaniciens et astronomes du XVIII^{ème} siècle jusqu'à Le Verrier et la découverte de Neptune.

Comme le veut la formule de cette collection, des textes originaux complètent l'exposé. On peut relire ainsi la fameuse lettre de Newton à Hooke avec la citation la plus souvent reprise du grand savant: "Si j'ai vu plus loin, c'est en montant sur les épaules de géants."

Une lecture à recommander à nos élèves à partir de la Seconde.

G.W.

DANS LES REVUES

L'Astronomie, nov-déc 1990, un numéro spécial "Activité solaire", 72 pages qui montrent que "le Soleil reste d'actualité" comme l'écrit Schatzman. La Recherche. "La naissance de Mercure" par Willy Benz (n°228, jan 91). Dans le même numéro un billet "Comment peut-on enseigner la physique ?" par la Société Française de Physique.

Pour la Science. "Des trous noirs au centre des galaxies" par Martin Rees (n°159 jan 91). "Nouvelle vision des galaxies, la matière noire serait cachée dans leur disque" par Lucienne Gouguenheim (n°160, fév 91). Dans le même numéro, "La surface de Vénus" par Stephen Saunders, des photos à conserver.

Les revues locales. Il faut signaler et souligner l'intérêt de ces petites revues qui témoignent de l'activité de groupes locaux d'amateurs. Elles présentent des études originales mais peuvent aussi, bien sûr, reprendre des textes des Cahiers Clairaut en indiquant leur source :

Pégase (n°31) est éditée par l'Association Astronomique d'Anjou.

Le Point de Lagrange (n° 26) par l'AEAAC d'Orléans.

L'écho d'Orion (n°92) par la Société Lorraine d'Astronomie.

Bon courage à tous leurs animateurs.

SOLDES DE PRINTEMPS

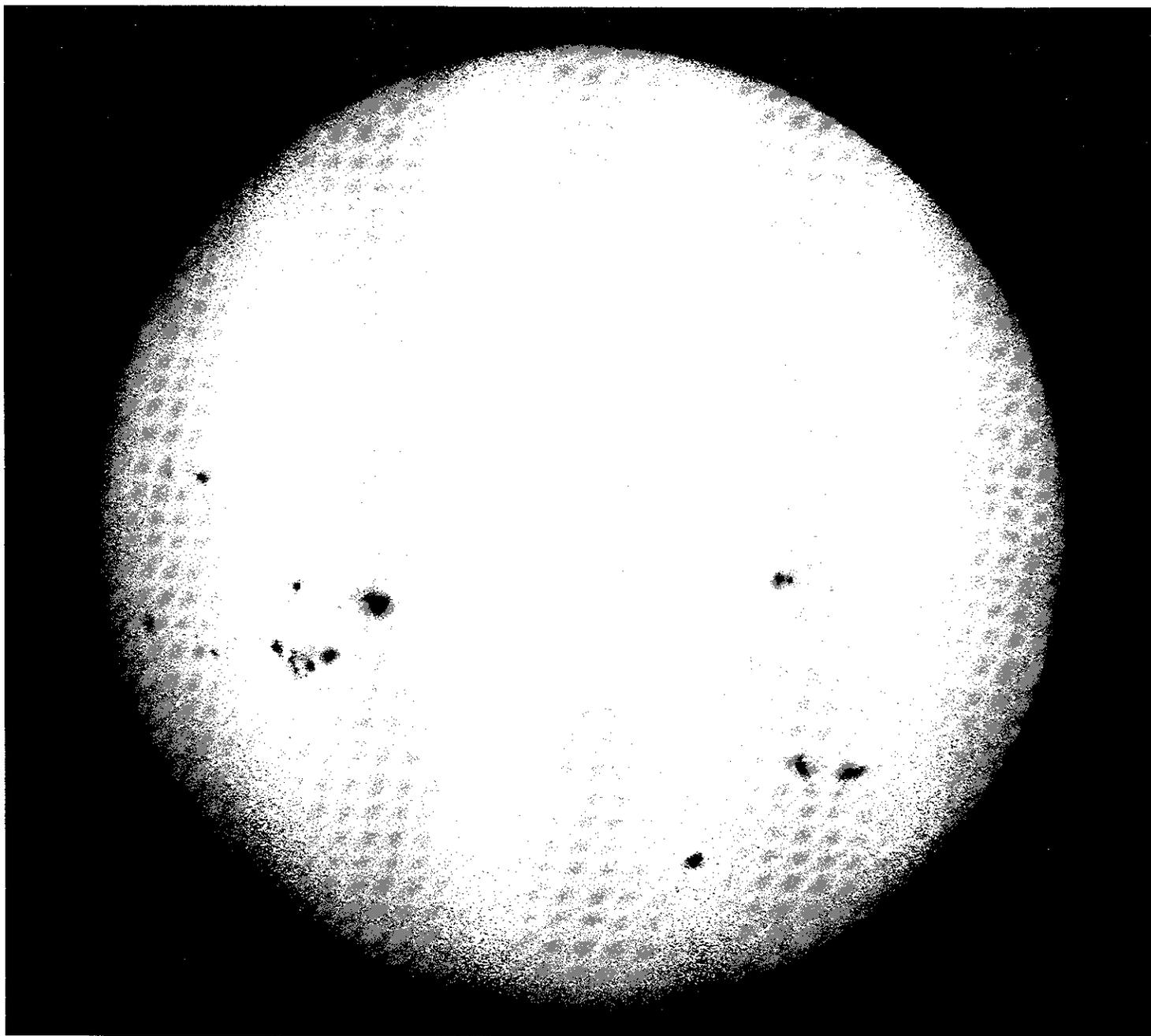
Les deux compte rendus des Universités d'été de Formiguères (1985 et 1986) sont vendus chacun avec une réduction de 50% (50 F au lieu de 100 F) pour les commandes qui nous parviendront **avant la fin du mois de juin 1991**.

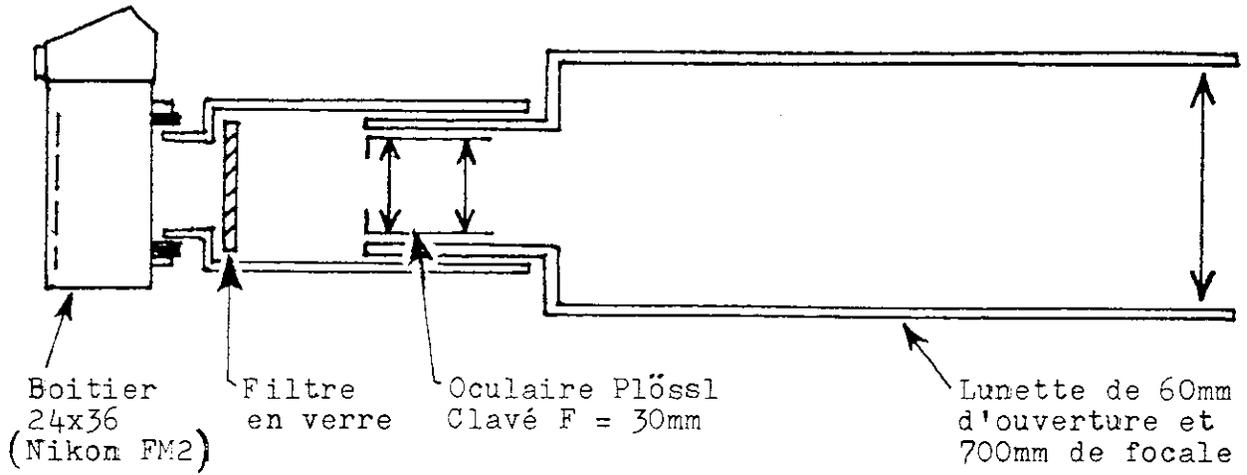
Adresser la commande au secrétaire du CLEA : Gilbert Walusinski, 26 Bérengère 92210 Saint-Cloud
Etablir le chèque à l'ordre du CLEA.

PHOTOGRAPHIE DU SOLEIL.

Ces trois images ont été prises les 22, 23 et 24 août 1990, pendant l'université d'été du C.L.E.A., au col Bayard. Les heures des prises de vues sont, respectivement, 14h 30, 14h 50 et 15h 25 T.U.

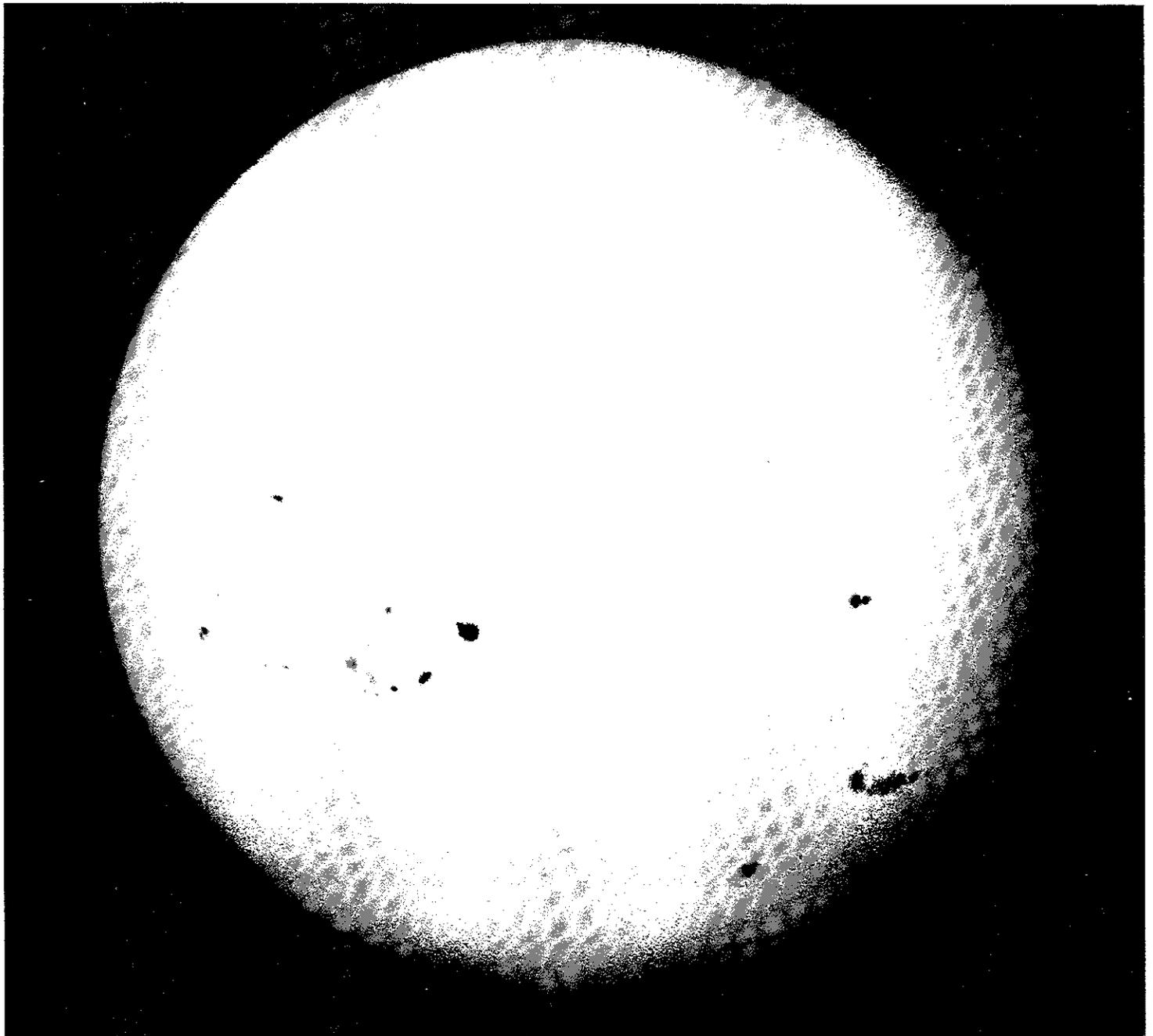
La technique utilisée, tout à fait classique, met en oeuvre des constituants simples à rassembler; le croquis ci-dessous donne le principe du montage:

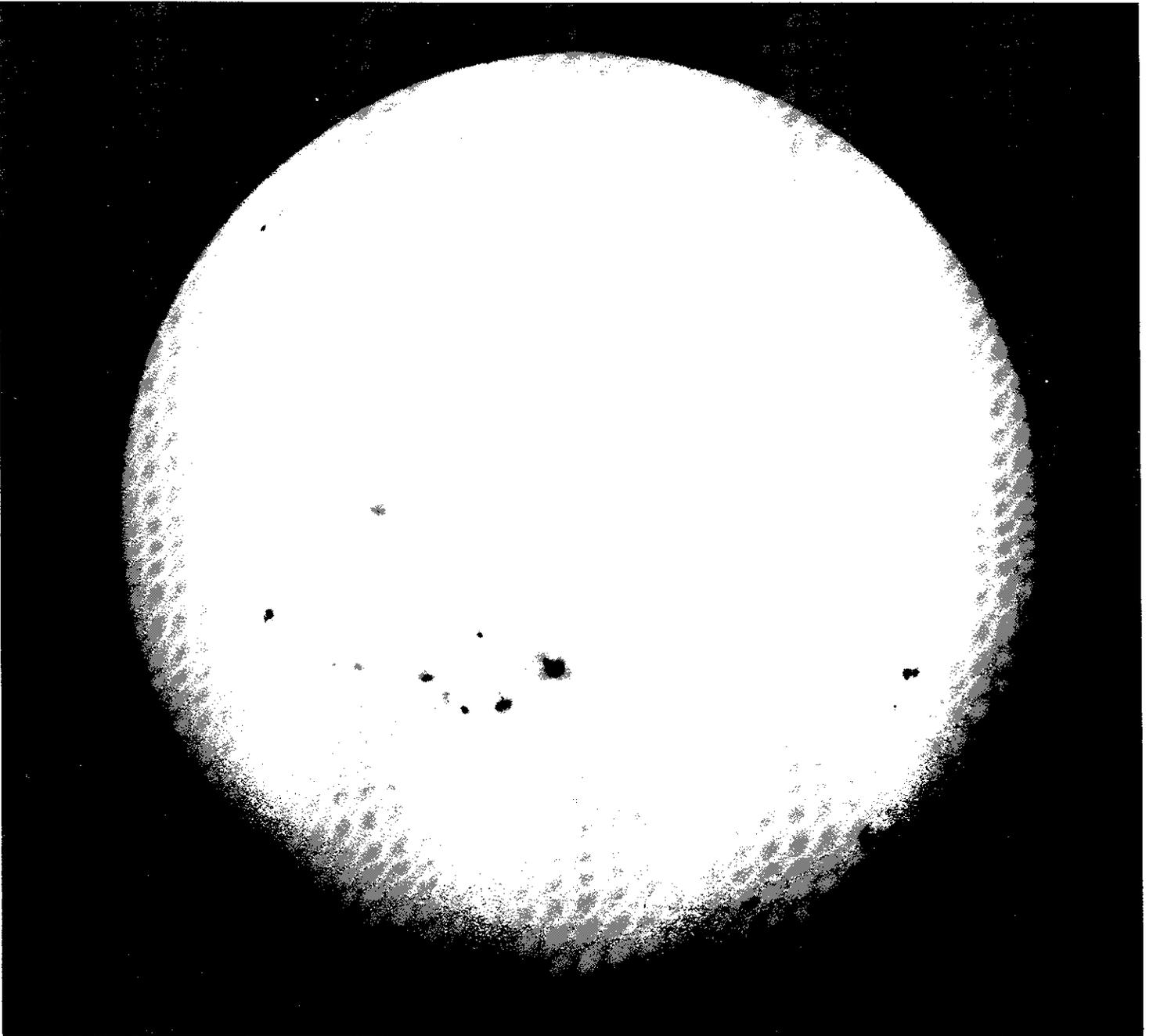




Le film: T.P. 2415 de Kodak développé à 100° ISO.

Le filtre: un morceau de verre pour la soudure à l'arc,
découpé et fixé au fond du tube qui raccorde le boitier à la lunette.
Ce composant constitue l'élément le moins précis du montage: sa
planéité optique ne présente sans doute qu'une perfection relative.





Cependant, en choisissant un oculaire de longue focale, on réduit les risques: l'image entière du soleil projetée sur le film est assez loin de l'oculaire et le filtre, rapproché au maximum du boîtier, ne subit pas un échauffement considérable. Pour être plus rigoureux avec ce type de filtre, il conviendrait de le placer juste devant le film, là où ses défauts optiques altéreraient le moins possible l'image. La place manque dans les 24x36 reflex; il faudrait choisir, alors, certains boîtiers 4,5 x 6 ou 6 x 6 cm avec obturateur focal.

Les images obtenues ne sont pas inutilisables pour autant: la rotation du soleil, l'assombrissement des bords, la déformation des taches et quelques plages faculaires sont lisibles; le temps de pose de 1/1000ème de seconde ne dispense pas d'assurer la plus grande stabilité au dispositif: deux pieds photographiques ont été utilisés, l'un sous le boîtier, l'autre sous l'objectif de la lunette.

Daniel BARDIN.

Rubrique : Au petit curieux - Optique curieuse

Que vous soyez myope ou presbyte, vous pouvez améliorer votre vision avec un carton percé d'un petit trou d'épingle.

Vous pouvez remplacer vos verres de lunettes par de simples cartons percés.



Pour une fois, l'explication du phénomène est simple. Sans le carton, l'image du point P est une grosse tache T. Avec le carton, la tache est plus petite, la vision est donc plus nette.

oeil de taupe sans le carton



oeil de taupe avec le carton



Ça vous explique pourquoi les myopes plissent les yeux et aussi pourquoi ils préfèrent lire en pleine lumière (l'iris de l'oeil se referme, améliorant la netteté).



L'OBSERVATOIRE DE SAINT-VERAN : UN OUTIL PEDAGOGIQUE

Note de la rédaction: Christian Lebouché et Roger Roussel nous ont adressé la lettre ci-dessous. Nous avons pensé qu'elle devrait intéresser les lecteurs des Cahiers, et nous la publions ici, sous un titre rédigé par nous.

Parce que nous savons l'intérêt que vous portez à la fois à l'astronomie et à l'enseignement, nous nous permettons de vous faire part d'une expérience et d'une perspective qui semblent bien aller dans la direction des idées et objectifs de votre association.

L'expérience, c'est celle de l'Ecole Normale d'Antony où nous exerçons et qui est une des Ecoles Normales de France qui a le plus développé sa réflexion et ses activités de formation dans le domaine de l'astronomie, et cela aussi bien au niveau de la formation initiale qu'à celui de la formation continue des instituteurs.

La perspective, c'est celle que l'ouverture du site de Château-Renard à Saint-Véran permet d'envisager pour tous ceux, et vous en êtes, qui pensent que l'astronomie pourrait constituer un champ idéal de pratiques pédagogiques.

Nous parlerons d'abord de notre expérience : plusieurs raisons ont justifié le démarrage de nos activités : la première fut peut-être que nous savions que ce domaine offrait d'énormes possibilités pédagogiques et cela dans plusieurs directions (observations, mesures, modélisations mais aussi évasion et rêve) et cela quel que soit l'âge des enfants ; il pouvait être un excellent support pour des acquisitions fondamentales à cet âge, qu'il s'agisse du dire, du lire, de l'écrire, du compter, du dessiner ou de quelques autres encore. La seconde fut que les normaliens en formation n'avaient aucune connaissance opérationnelle pour entreprendre des activités dans ce domaine. La troisième fut que les activités en astronomie figurent désormais au programme de l'école élémentaire.

Nous ne serions pas justes si nous ne signalions pas l'aide que deux membres de votre association (et non des moindres) nous ont apportée ; nous voulons parler de Lucette Bottinelli et Lucienne Gouguenheim qui ont su s'adresser pendant plusieurs années à nos étudiants peu préparés et peu prédisposés par leurs études antérieures à entendre et à comprendre des astronomes professionnels.

Après plus de dix ans d'expérience au cours desquels une cinquantaine de stages ont été organisés, touchant près de 800 personnes, le bilan est extrêmement positif et notre intention est de développer cette activité de sorte que tous les normaliens ou maîtres du département qui le désireraient puissent en profiter. La demande en ce sens existe.

Ces stages se déroulent généralement à Saint-Véran. Le site a été choisi pour ses qualités astronomiques (altitude et nombre de jours d'ensoleillement). La réouverture de l'observatoire de Château-Renard pourrait constituer pour nous un atout supplémentaire et c'est pourquoi nous avons souhaité être membres, à côté des astronomes professionnels et des clubs d'amateurs de l'Association Astroqueyras qui gèrera cet observatoire. La réouverture de ce site avec l'installation d'un télescope de 60 cm constitue sans doute une information qui pourrait intéresser votre association et ses membres. Elle constitue aussi la seconde raison de cette lettre. Si nous avons demandé à faire partie d'Astroqueyras qui gèrera le site, c'est parce que nous croyons que les enseignants scientifiques devraient tous avoir une expérience dans ce domaine. Le fait que la principale, pour ne pas dire la seule voie d'accès aux observations et aux connaissances en astronomie soit l'appartenance à un club pourrait très bien traduire une insuffisance caractéristique de l'enseignement scientifique de notre système éducatif.

Quant à nous, l'utilisation que nous envisageons dépendra des possibilités d'accueil sur le site lui-même (Château-Renard). Si les possibilités d'accueil restent ce qu'elles sont, la base de nos stages resterait Saint-Véran (village) et c'est par roulement que nos stagiaires pourraient, par groupes de 6 environ, monter passer une ou deux nuits sur le site de Château-Renard. Si les possibilités d'accueil sur le site étaient développées, en particulier sous forme d'un gîte dans lequel les stagiaires pourraient suivre des cours (salle commune) et préparer leurs repas, les stages pourraient se dérouler partiellement ou totalement sur le site lui-même.

Ce type d'utilisation de l'observatoire, assez différent de celle correspondant aux intérêts des astronomes professionnels et de celle correspondant aux intérêts des astronomes amateurs pourrait très bien se développer. On comprend que si dans le seul cadre de la formation des instituteurs d'un département, 5 à 6 stages par an ne parviennent pas à satisfaire la demande, l'extension de ce type d'activité à d'autres départements pourrait accroître énormément cette demande. C'est dire que l'observatoire de Saint-Véran pourrait constituer une importante ressource pour les IUFM (Instituts Universitaires de Formation des Maîtres) qui seront chargés de la formation des maîtres de toute une académie mais aussi de la formation des professeurs de physique. Il pourrait aussi constituer une ressource pour ces professeurs de physique qui souhaiteraient organiser des stages avec leurs élèves. Il faut encore noter que cette utilisation du site et du télescope correspondrait généralement à des périodes qui intéressent moins les amateurs.

C'est dire que nous espérons vivement que les différents groupes intéressés par le projet réussiront à s'entendre et à dégager les énergies et les moyens nécessaires à sa réalisation.

A une époque où un ministre supprime l'enseignement des sciences physiques en 6ème et en 5ème, on pourra toujours penser que la justification invoquée (le caractère trop abstrait de cet enseignement) est un prétexte. Mais même si cela est en partie vrai, il faut bien reconnaître que l'enseignement des sciences physiques en France est très peu expérimental. Il n'y a pas si longtemps que les seuls cours de notre enseignement secondaire où l'on parlait des astres étaient ceux de cosmographie et que ces cours étaient assurés par des professeurs de mathématiques. (On peut faire remarquer que en 1990 encore, les textes officiels confient l'enseignement de l'astronomie en Ecole Normale aux professeurs de mathématiques). Les raisons lointaines de ces faits sont à rechercher dans l'histoire de notre système éducatif ; mais des raisons plus proches sont à rechercher dans nos têtes et dans les têtes des responsables, des responsables des programmes et des responsables de la formation des enseignants.

Cette lettre voudrait être un témoignage de la faisabilité de nombreuses activités ; si l'on ne veut pas que l'enseignement scientifique soit encore réduit parce qu'il est trop abstrait, il nous paraît important de témoigner de la nécessité et de la possibilité d'activités expérimentales à tous les niveaux de l'enseignement.

C'est parce que nous pensons que les changements peuvent aussi venir des praticiens et que les possibilités existent pour que de nombreux professeurs dans différents types d'établissements organisent des activités dans le domaine de l'astronomie que nous avons désiré parler de nos stages, de Saint-Véran et de Château Queyras. Certes il faudrait décrire plus en détail les activités exactes proposées pendant ces stages et l'ambiance assez extraordinaire qui les caractérise et dont on ne sait jamais si elle n'a pas quelque chose à voir avec ce que certains appellent l'ivresse de l'espace ou de l'altitude (ou des profondeurs) ou plus simplement avec l'émerveillement du découvrir ou le plaisir de comprendre mais dont on peut affirmer hélas qu'elle fait actuellement et paradoxalement plutôt défaut dans les établissements scolaires qui devraient en être les haut-lieux.

Confraternellement.

Christian Lebouché et Roger Roussel, Professeurs de physique à l'Ecole Normale d'Antony

o o o o

UNIVERSITE D'ETE DU CLEA A SAINT-VERAN du 4 au 12 août 1991

Organisée par l'Université de Provence et l'Observatoire de Marseille, elle s'adresse aux enseignants de tous niveaux.

Le prix de journée en pension complète est fixé à 250 F par jour maximum, mais pourra être bien inférieur si l'Université d'été reçoit l'agrément du Ministère de l'Education Nationale.

Outre les cours théoriques, les enseignements pratiques et les observations nocturnes sur place, des observations quotidiennes seront organisées à l'observatoire de Château-Renard (3 000 m d'altitude) par groupes de 6 à 8 personnes.

Pour tous renseignements et pour les pré-inscriptions écrire à :

Marie-France DUVAL, Observatoire de Marseille
2, Place Le Verrier 13248 Marseille Cedex

o o o o

UNIVERSITE-ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE DU CLEA AU COL DE STEIGE 7-14 Juillet 1991 "L'ASTRONOMIE ET L'ESPACE"

Cette cinquième école d'été d'astronomie du groupe CLEA d'Alsace est une mise à jour des connaissances astronomiques (exposés théoriques), de travaux pédagogiques (diffusion des connaissances vers le grand public et les enfants), et permettra aussi l'utilisation et la familiarisation avec des équipements spécialisés (construction d'une antenne radio pour l'observation du Soleil, utilisation d'instruments d'observation du ciel, avec applications, initiation aux techniques du Planétarium).

Ce stage est ouvert aux enseignants des écoles primaires, des collèges et des lycées, aux animateurs de clubs intéressés par le sujet et aux jeunes (à partir de 17 ans) et adultes passionnés par l'astronomie.

Modalités d'inscription :

Au Planétarium de Strasbourg Secrétariat, Rue de l'Observatoire 67000 STRASBOURG (88 36 12 50 - Corinne)

L'ÉTOILE MYSTÉRIEUSE

Lundi 5 novembre 1990, 19 heures à quelques minutes près. Je suis sur la place d'un petit village, PALIS, dans l'Aube, à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Troyes. Le temps est clair, pas un seul nuage, la Lune n'est pas encore levée ; je jette un coup d'oeil aux étoiles, je vois le carré de Pégase vers l'Est...

Soudain, quelqu'un crie : "Regardez, regardez... Qu'est-ce que c'est ?"

Une boule très brillante apparaît venant du Sud-Ouest (X). Elle monte rapidement dans le ciel, elle avance beaucoup plus rapidement qu'un avion à haute altitude, sans aucun bruit, laissant derrière elle une assez longue traînée lumineuse ; huit ou dix points lumineux bleutés assez groupés la précèdent, six ou huit la suivent à distance... C'est très beau !

Après être passé par un maximum (Y) en direction du Sud, la trajectoire s'est poursuivie en direction du Nord-Est où elle disparut dans la brume de l'horizon (Z).

La longueur boule/traînée représentait environ deux fois le diamètre de la Lune.

Cet étrange et mystérieux phénomène avait duré environ deux minutes ; c'était bien ce qu'on appelle un Objet Volant Non Identifié, c'est à dire un OVNI.

A quelle altitude se trouvait-il ? Vingt kilomètres, trente kilomètres, peut-être moins ou plus... Impossible de l'affirmer avec certitude.

Le lendemain, dans la presse, c'est le mystère autour de ce "vaisseau lumineux"... Mais quand, dans la soirée, ma fille m'a téléphoné qu'elle l'avait aussi observé, du Midi, pendant six secondes, de sa maison, en direction du Nord et entre deux montagnes... Je fus très surpris. Elle habite, en effet, au Sud du Massif Central, dans un petit village, MONS, à une trentaine de kilomètres de Béziers et la distance PALIS-MONS est de 530 km en ligne droite... c'est loin !

J'ai alors compris que l'engin était beaucoup plus haut que je ne le pensais et qu'avec l'aide de ma fille, je pourrais peut-être en déterminer l'altitude.

Nouveau hasard, les deux villages sont sensiblement sur le même méridien. Lorsque, pour ma fille l'objet passait au Nord (Y), pour moi, il passait au Sud (Y) dans le même plan.

Je décidai de faire ce qui me paraissait le plus simple, un dessin à l'échelle. Je connaissais la distance, il me fallait les deux angles, à chaque extrémité de ces 530 km.

En ce qui me concernait, à PALIS, je n'avais pas de point de repère mais j'estimais avoir vu l'objet lumineux sous un angle de 30 à 40 degrés. C'était peu précis.

Par contre, ma fille avait un point de repère assez précis sur la montagne qu'elle voyait de chez elle. En se mettant à 3,70 m de sa fenêtre, à l'intérieur de sa maison, elle visa cet endroit et fit une marque sur le montant de la fenêtre. Cette marque se trouvait à 75 cm au-dessus de l'horizontale menée de B. Je pouvais donc déterminer cet angle important avec une bonne précision et je trouvais 11,5 degrés. (par la

trigo : $\tan B = 75/370 = 0,203$ soit $B = 11^{\circ},5$.

Je n'avais donc plus qu'à faire mon petit dessin...

C'est alors que je pensai qu'il fallait peut-être tenir compte de la courbure de la Terre ; il y a en effet $4^{\circ},7$ de différence de latitude entre les deux villages. Ce qui revient à dire que les deux lignes (tangentes) horizontales en T et en B font entre elles un angle de $4^{\circ},7$ ou bien encore que chacune d'elles est inclinée de $2^{\circ},35$ sur la droite (TB).

La mesure à PALIS étant peu précise, il n'y a pas tellement lieu d'en tenir compte pour l'angle T (l'erreur relative $2,35/40$ est faible). Cependant, pour l'angle B, c'est plus important : $13^{\circ},85$ au lieu de $11^{\circ},5$, cela joue sur le résultat.

Finalement, par un dessin aussi précis que possible, j'ai trouvé que l'objet était passé à une altitude comprise entre 90 et 100 km au-dessus d'un point dont la distance à PALIS est comprise entre cent et cent cinquante kilomètres.

J'en ai déduit que cette fusée (car on a appris plus tard, dans la presse, qu'il s'agissait de la rentrée dans la haute atmosphère des morceaux d'une fusée soviétique ayant servi au lancement du satellite de télécommunications Gorizont 21, le 3 octobre dernier) était passée au dessus du Morvan et qu'elle venait de la direction de Bordeaux pour se diriger sur Strasbourg (Sud-Ouest/ Nors-Est).

Calculs annexes :

L'altitude H peut se lire directement sur le dessin à l'échelle ou se calculer ainsi :

$$TB = TM + MB = 530 \text{ km}$$

$$TM = H \tan(TYM)$$

$$MB = H \tan(MYB)$$

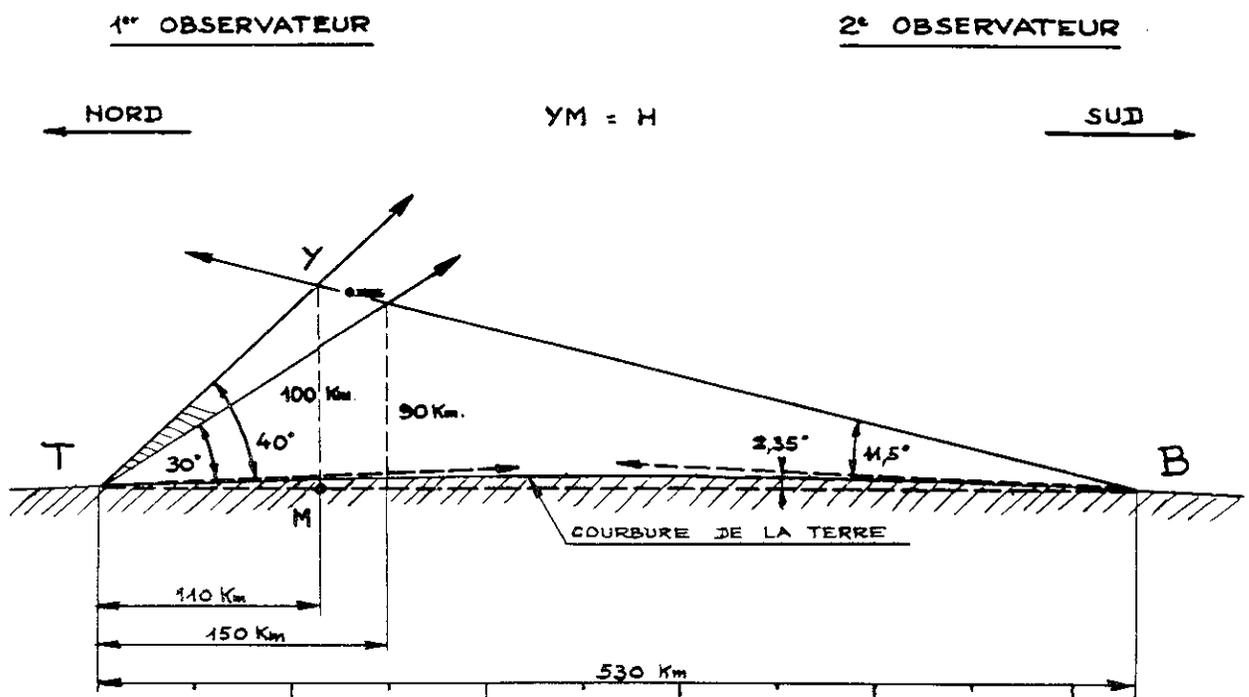
$$H = TB / (\tan TYM) + \tan (MYB))$$

$$H \text{ (km)} = 530 / \tan 90^{\circ} - 30 \text{ à } 40^{\circ}) + \tan (90^{\circ} - 13^{\circ},85))$$

$$\text{Soit } 91 \text{ km} < H < 101 \text{ km}$$

Daniel Robbe

TRIANGULATION DANS LE PLAN MÉRIDIEN



CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

APRES L'ASSEMBLEE GENERALE DU CLEA. Les membres élus du Conseil du CLEA ont été consultés pour désigner le Bureau de l'association en 1991. A l'unanimité des votants (abstentions 46%), ils ont réélu le Bureau sortant dont on retrouve la composition à la page 2 de la couverture.

Une correction s'impose au compte rendu de l'AG, page 37 du CC 52. Le secrétaire avait pris ses désirs pour la réalité dans son dénombrement des abonnés. En fait, le 17 novembre 1990, le nombre des abonnés n'était que de 981 ; en progression sur 1989 (+33) mais le millier n'était pas atteint. Heureusement, de nouveaux abonnés sont venus nous rejoindre et le 16 janvier 1991, le millier était atteint.

Cependant, attention. Tous ces abonnés vont recevoir le présent n°53, y compris ceux qui ont déjà vu et retrouveront cette fois encore sur l'étiquette d'envoi "fin d'abonnement au 52". Ils regretteront de n'en avoir pas tenu compte à la réception du 52 et se précipiteront sur leur chéquier et le feuillet orange... Le trésorier les remercie de leur diligence.

LES HORS SERIE ET LES DIAPOS. Le Hors Série n°1, L'astronomie à l'école élémentaire a été annoncé dans le Cahier 52 alors que sa mise au point n'était pas terminée. Les Collègues qui en ont passé commande n'ont donc pas pu être servis aussitôt. Nous leur demandons encore quelques semaines de patience mais qu'ils soient rassurés, ils seront servis en priorité dès que HS1 sortira des presses.

La diffusion de HS2 et des diapos D2 "Les phases de la Lune" continue et nous espérons qu'elle va même aller en s'amplifiant. Surtout, nous souhaitons recevoir des comptes rendus d'utilisation des fiches, des diapos, des transparents. Les Cahiers y feront écho et cela nourrira la réflexion du GRP-CLEA qui, pendant ce temps, travaille au HS3...

LE CLEA POITEVIN. Au programme : 1) stage MAPPEN de deux jours en avril 91 à La Rochelle; 2) cycle de formation réservé aux enseignants (une fois par mois) ; 3) interventions CLEA sur un serveur minitel non commercial ; 4) présence du CLEA dans les manifestations culturelles, en particulier avec la Bibliothèque de La Rochelle. Renseignements : Jacques Vialle, 28 rue B.Palissy, 17000 LA ROCHELLE.

LE CLEA A REIMS. Pour la troisième année, ont fonctionné en 1990 : 1) un cycle d'astronomie pour 35 lycéens, un après-midi par mois, au planétarium de Reims, animation par Association Sciences et Culture de Champagne-Ardenne ; 2) stage de huit jours en camping GCU animé par Daniel Van Labeke (Université de Besançon) et Gérard Bazin. Renseignements : Gérard Bazin, 1 bd de la Procession Lavannes, 51110 BAZANCOURT.

JOURNEES APLEF DE COSMOLOGIE. Journées de remise à niveau de connaissances astronomiques au Centre Culturel Saint Thomas, à Strasbourg, du 13 au 15 septembre 1991 sur le thème Cosmologie avec la participation de Marc Lachieze-Rey (CEA-CEN de Saclay) et Jean Richert (CRN de Strasbourg) Renseignements : écrire au Planétarium, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg.

DARREL HOFF NOUS ECRIT... qu'il garde toujours le plus vif souvenir des Collègues qu'il a rencontrés lors du Colloque CLEA de 1989. Nous lui avons adressé HS2 et D2, nous l'avons entretenu des projets du Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA. Il apprécie beaucoup nos efforts et se propose même de diffuser nos Hors Série et nos diapositives aux USA. "Please thank my friends Victor et Daniel for their fine Work" nous écrit-il à propos particulièrement des diapos sur les phases de la Lune, l'utilisation de boules blanches au bout d'une perche, cela il n'y avait pas pensé ! Darrel souhaite que des membres du CLEA puissent participer à des stages qu'il organise aux USA. Des propositions sympathiques et une lettre vraiment chaleureuse, merci Darrel, tes encouragements sont appréciés.

LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

Le CLEA publie depuis treize 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 MAÎTRES EN ASTRONOMIE

de l'Université de Paris XI (Orsay) :

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

LES FICHES PÉDAGOGIQUES DU CLEA, numéros hors série des Cahiers Clairaut

par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA

- HS 1. L'astronomie à l'école élémentaire (60 F) (40 F pour les abonnés)
HS 2. La Lune, niveau collège 1 (60 F) (40 F pour les abonnés)

TRANSPARENTS ANIMÉS POUR RETROPROJECTEUR

- T 1. Le TranSoLuTe (les phases de la Lune et les éclipses) (50 F)
T 2. Les fuseaux horaires (40 F)
T 3. Les saisons (50 F)

DIAPPOSITIVES Séries de 20 diapositives avec livret

- D 1. Les phénomènes lumineux (50 F)
D 2. Les phases de la Lune par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA (50F)

COURS D'ASTRONOMIE POLYCOPIÉS de l'Université de Paris XI (Orsay)

- C 1. Astrophysique générale (30 F)
C 2. Mécanisme de rayonnement en astrophysique (30 F)
C 3. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire (30 F)
C 4. Structure interne des étoiles (30 F)
C 5. Relativité et cosmologie (30 F)
C 5. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil (30 F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITÉS D'ÉTÉ qui présentent le fruit du travail des participants. Sont encore disponibles ceux de : Digne 1978 (25 F), Grasse 1979 (35 F), Grasse 1983 (58 F), Formiguères 1984 (65 F), Formiguères 1985 (100 F), Formiguères 1986 (100 F).

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG : catalogue des étoiles les plus brillantes (75 F) ; le catalogue existe sur disquettes pour PC (120 F les deux disquettes). Deux séries de cartes postales : CP1 le système solaire, CP2 nébuleuses et galaxies (chaque série 23 F)

Commandes à adresser au secrétaire du CLEA, Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD en joignant le chèque correspondant rédigé à l'ordre du CLEA.

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

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1991 :

Cotisation simple au CLEA pour 1991	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°53 à 56	90 F
Abonnement aux Cahiers (n°53 à 56) ET cotisation au CLEA pour 1991	110 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 abonnés, onze fascicules ont été édités; ils réunissent par thèmes des articles publiés dans les Cahiers Clairaut. Tout nouvel abonné reçoit en témoignage de bienvenue un index des articles publiés dans les Cahiers et un fascicule à choisir dans la liste suivante :

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

On peut aussi se procurer des collections des Cahiers Clairaut :

- C1.. Collection complète du n°1 au n°52 (650 F)
- C88. Collection année 1988 (n°41 à 44) (80 F)
- C89. Collection année 1989 (n°45 à 48) (80 F)
- C90. Collection année 1990 (n°49 à 52) (90 F)

Adresser commandes et souscriptions au secrétaire du CLEA :

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 SAINT-CLOUD

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

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

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