

les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 54 - E T E 1991

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

Été 1991

	page
Un pendule de Foucault au Prytanée de la Flèche	2
Mesurer la distance de la Lune avec un appareil photo	13
CLEA : Comment Lier Education et Astronomie	16
Doit-on vulgariser l'astronomie chez les fabricants de pyjamas ?	18
Le Bureau des Longitudes chez vous	18
Perception des concepts astronomiques chez les élèves (suite)	19
Au petit curieux	25
Les Potins de la Voie Lactée	26
Lectures pour la Marquise	27
Une nouvelle série de diapositives	30
Chronique du CLEA	31
Combien d'étoiles visibles à l'oeil nu ?	32
Jumelage pédagogique entre deux écoles primaires.....	34
L'option "astronomie" dans le nouvel examen de fin d'études anglais	38
Le système éducatif britannique	40

EDITORIAL

Nous ouvrons ce numéro avec une très belle expérience, réalisée au Prytanée de la Flèche, que nous communique un fidèle lecteur et collaborateur des Cahiers, Pierre Le Fur. Cette expérience illustre fort bien les interconnexions entre l'histoire des sciences, la physique et l'astronomie, et met aussi l'accent sur l'importance des réalisations techniques. Nous sommes convaincus au CLEA que c'est ainsi que doit se faire une véritable formation scientifique.

Vous continuerez à trouver dans ce numéro des relations d'expériences pédagogiques en France et à l'étranger. Deux classes de CM2, l'une en Alsace et l'autre en Bretagne, ont mesuré le rayon de la Terre ; Guillem Anglada et Emilio Llorente ont développé une collaboration entre l'Espagne et les Etats-Unis pour mesurer la distance de la Lune. C'est toujours Jacques Vialle qui a traduit ce dernier texte, ainsi que celui de Frank Flynn sur l'option astronomie dans le nouvel examen de fin d'études secondaires en Grande-Bretagne. Jacques Vialle y ajoute un commentaire sur le système éducatif britannique. Connaître ce qui se fait autour de nous est toujours important, et particulièrement en cette période de construction européenne et de réflexion sur notre système éducatif. La réflexion de nature didactique l'est tout autant, et nous pensons que vous continuerez à apprécier celle de Jossip Nussbaum, que la place limitée dont nous disposons dans les Cahiers nous oblige à publier en feuilleton.

Deux articles d'amis, enfin, Cécile Iwaniszewska et Jacques Vialle. La première nous parle d'éducation et le second d'observations.

Merci à eux tous. Et bonnes vacances !

La Rédaction

UN PENDULE DE FOUCAULT AU PRYTANEE DE LA FLÈCHE

1. GENESE

Beaucoup d'établissements scolaires possèdent une collection d'instruments anciens aux noms étranges, pronctomètres, cathétomètres, etc... Notre lycée national militaire, fondé en 1808 par Napoléon, recèle une panoplie d'objets hétéroclites, mystérieux et poussiéreux, perdus dans de vieux placards du XIX ème siècle alignés sous des plafonds plus que tricentenaires ; les Jésuites occupèrent ces lieux jusqu'en 1762.

En explorant le contenu des armoires à collection, mon attention fut attirée par trois magnifiques télescopes à miroirs de verre signés Léon Foucault. Par ailleurs, une boîte portant l'étiquette "photomètre de Foucault" rappelait les travaux de ce grand scientifique expérimentateur du siècle passé. A la même époque paraissait le livre d'Umberto Ecco "Le Pendule de Foucault" qui nous remet en mémoire l'une des plus spectaculaires expériences scientifiques du XIX ème siècle : celle du Panthéon réalisée par Foucault et son collaborateur Froment en mars 1851. Le grand public comme les savants de l'époque virent la Terre tourner au travers du balancement lent et majestueux de ce pendule de 28 kilogrammes placé à l'extrémité d'un fil de 67 mètres de long !

Faisant quelques recherches dans les rayons de notre bibliothèque riche d'ouvrages de Newton et d'Arago, je constatai la présence de nombreux documents précisant les conditions de cette expérience. Toutes les conditions étaient réunies pour préparer une exposition sur la physique du XIX ème siècle où l'on présenterait le pendule de Foucault. Restait à trouver un lieu d'expérience : la chapelle ferait l'affaire...

2. CONSTRUCTION

La première étape a consisté à trouver 15 kilogrammes de plomb chez un ferrailleur local pour 120 francs environ. Les laborantins, MM.Cireau et Papin ont découpé puis fondu en petits lingots de 0,5 kg cette masse tout en enlevant les impuretés qui surnageaient. M.Guillard, notre ingénieur, imagina un montage permettant de faire fondre et de couler dans un ballon de verre à fond rond environ 11 kg de ce plomb. Cette opération délicate terminée, il resta à démouler en cassant le ballon et à récupérer une pseudo boule homogène en plomb.

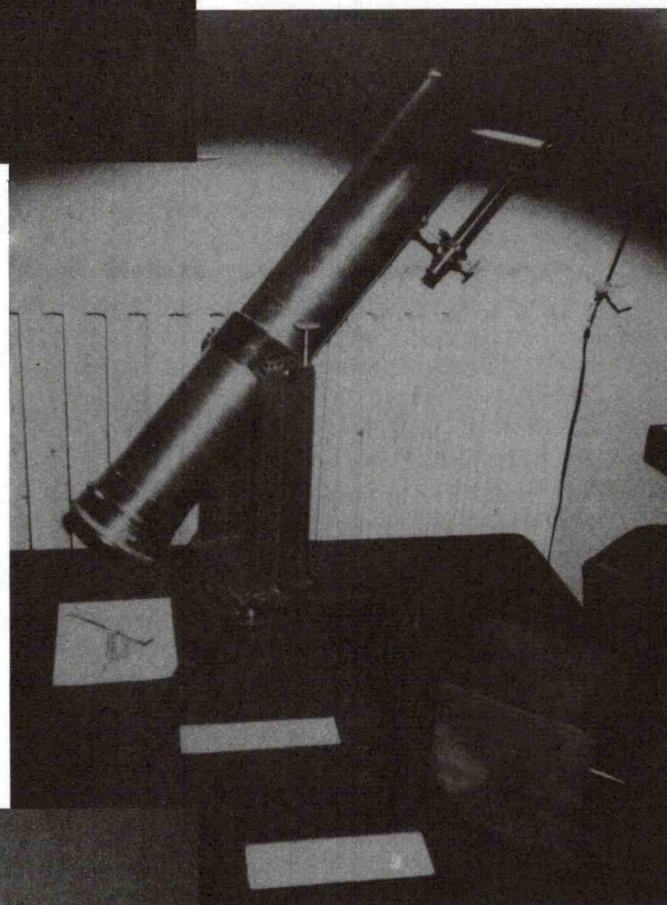
Mon père, professeur de mécanique générale en retraite, s'est proposé pour usiner la sphère à 0,05 mm près, y ajouter un stylet et confectionner un système d'attache du fil d'acier. Il s'attaqua également à la réalisation du joint à la cardan nécessaire à la fixation de la partie



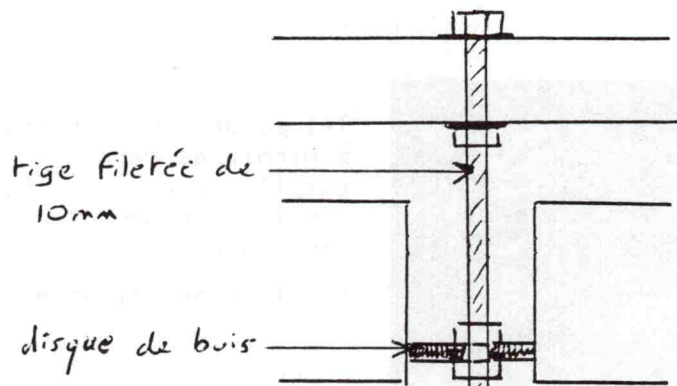
Télescope en bois,
à miroir de verre
taillé par L.Foucault;
réalisation Sécretan
vers 1860
(collection Prytanée N.M.)

Télescope de Foucault
en métal
cédé par l'Ecole Polytechnique
au Prytanée
vers le début du XX ème siècle

Boîte du photomètre
de L.Foucault. 1865
(collection P.N.M.)



Héliostats du début du
XIX ème siècle.
A gauche, instrument
fabriqué dans les
ateliers de Duboscq qui
travailla avec Foucault
(collection P.N.M.)

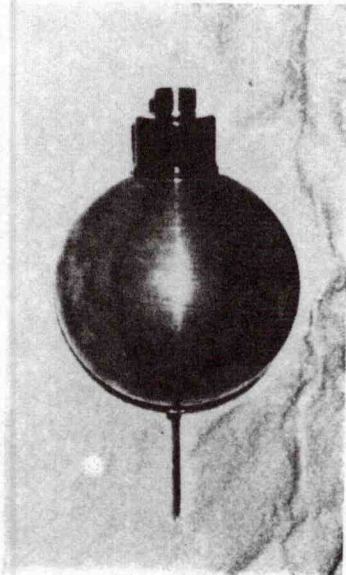
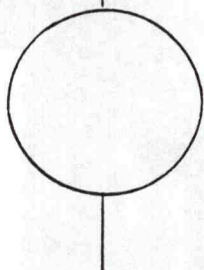
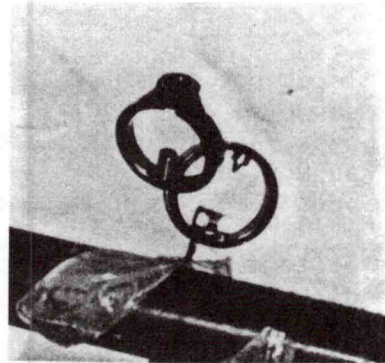


Cône creux en acier trempé

Anneau Fixe

pointe traitée

Anneau mobile



supérieure du fil d'acier et qui permet la libre rotation du plan d'oscillation : un anneau fixe comportant un cône creux en acier trempé en supporte un autre, mobile sur 180° environ, dont la pointe également traitée vient "s'asseoir" sur le siège conique précédent.

Une corde à piano de 0,5 mm de diamètre , enroulée et pincée à chaque extrémité par un ensemble vis-écrou a été choisie pour lier la masse à son support (60 F les 100 m).

Deux mois avant l'exposition, les premiers essais en vraie grandeur commencèrent avec un pendule de 17,50 m à vide soit 17,56 mètres entre l'axe et le centre de la sphère. L'installation de la partie supérieure sur une des clés de voûte de la chapelle me permit d'admirer la charpente en coque de navire retournée faite de châtaigniers parfois immenses un chef d'oeuvre de l'art des charpentiers du XVII ème siècle...

3. MESURES

D'emblée, le plan d'oscillation du pendule montra une forte propension à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Restait à vérifier quantitativement la valeur et la régularité de la déviation.

La masse était lâchée sans vitesse initiale par destruction à la flamme d'une allumette d'un fil retenant le pendule à 2,50 m de sa position d'équilibre (fig 1). La direction initiale d'oscillation était repérée par un faisceau laser passant par la corde à piano à l'équilibre et le stylet inférieur en position de départ. Un tas de sable humide de forme régulière placé à $d = 2,00$ m de la position d'équilibre pouvait être entamé par le doigt d'acier de la boule de plomb (fig 2). La marche du pendule fut alors évidente et mesurable (fig 3, 4 et 5). La courbe (C_1) donne le déplacement latéral x (en mm) en fonction du temps. L'épaisseur de 2 mm du stylet explique l'incertitude sur l'ordonnée à l'origine.

Comparons avec la valeur théorique ; la vitesse angulaire de rotation du plan d'oscillation est donnée par $\Omega \sin \lambda$ où Ω représente celle de la Terre sur elle-même et λ la latitude du lieu. Ici $\lambda = 47^\circ 42' 04''$

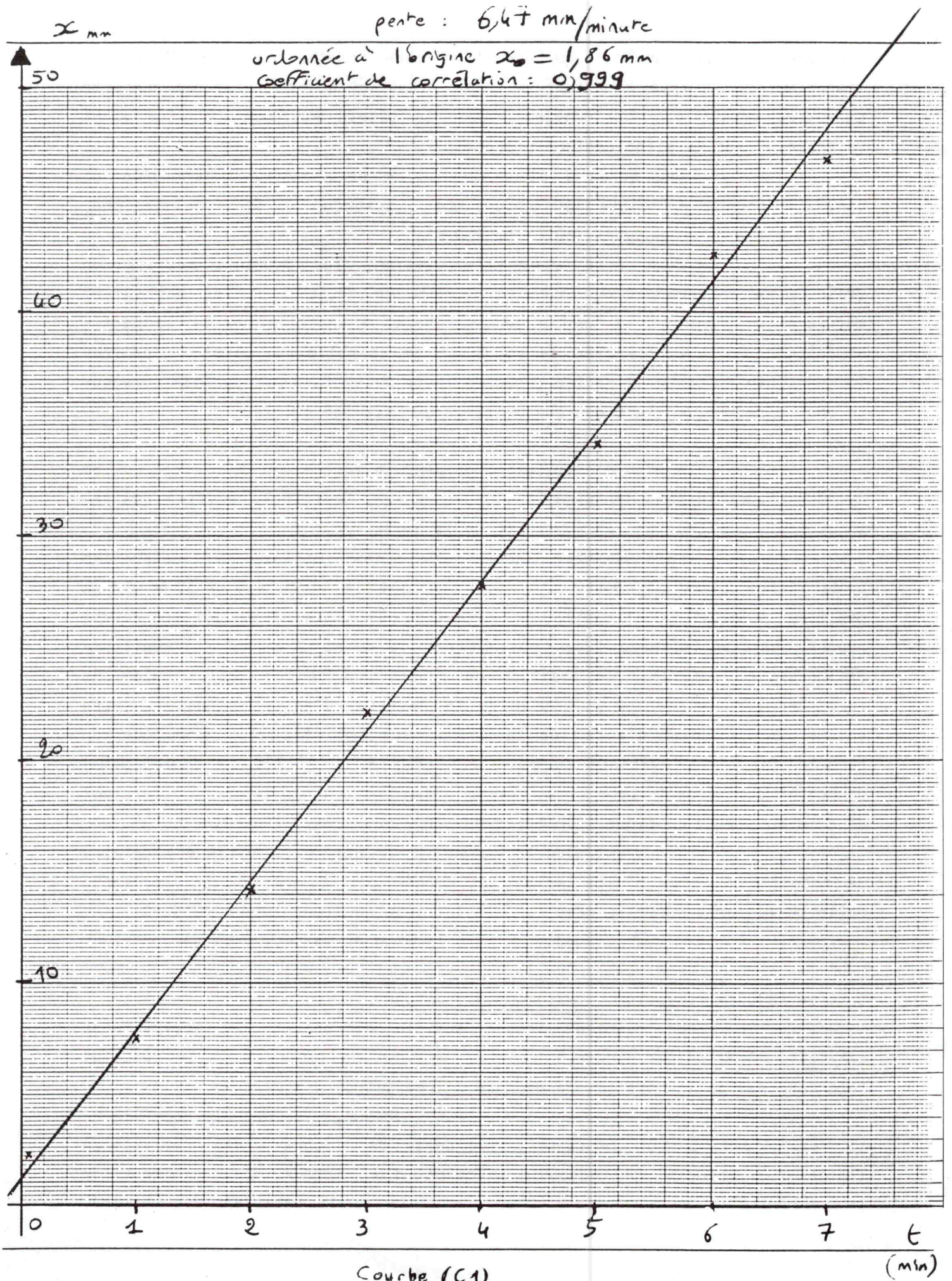
$$x = \Omega \sin \lambda . d . t \quad (x \text{ et } d \text{ en mètres, } t \text{ en secondes})$$

$$x = 5,353 . 10^{-5} . 2 . t$$

Soit le résultat théorique $(x/t) \simeq 6,472$ mm par minute.

Le résultat mesuré sur le dispositif de l'expérience est $(x/t) \simeq 6,47$ mm par minute à 4% près environ ; l'écart avec le résultat théorique est de l'ordre de grandeur de l'incertitude des mesures.

Mais sur une durée plus grande, le pendule oscillait-il régulièrement? Pour le savoir, une série de clichés a été réalisée à l'aide d'un appareil photographique équipé d'un moteur d'entraînement de la pellicule et placé presque à la verticale de la position d'équilibre,



X

X

X

Trajectoire initiale à $t=0$

Trajectoire à $t=60 \text{ min}$

L

J

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

L

- graphique C2 -

$\alpha \approx 11,6^\circ$

X

X



fig 1

la sphère en position
de départ.

A gauche, le laser
d'alignement

fig 2

Le pendule ronge le sable.

On remarque l'éclairage
pour porte une ombre chinoise
agrandie sur l'écran.



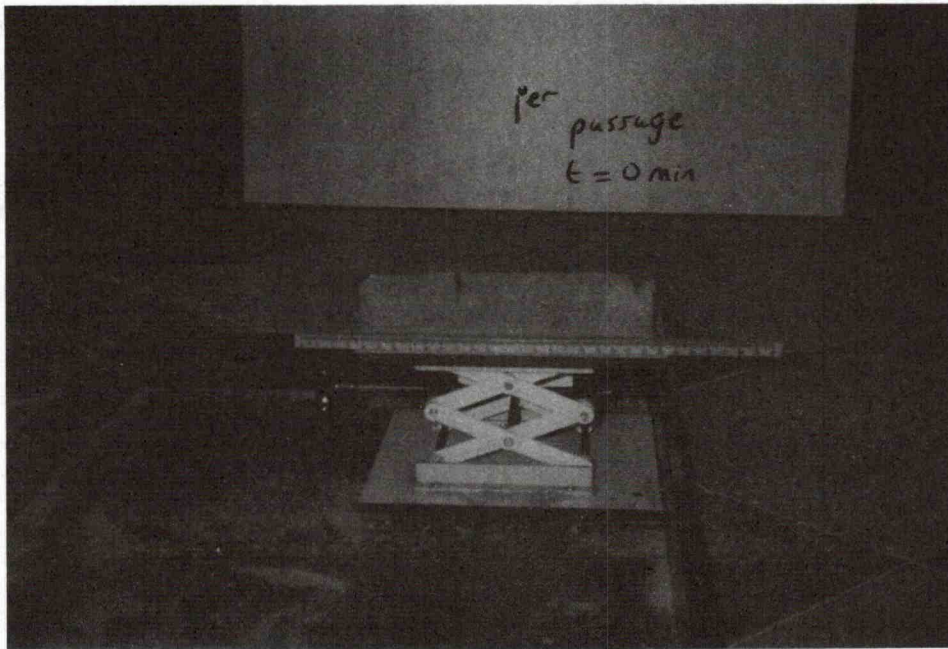


fig 3

fig 4

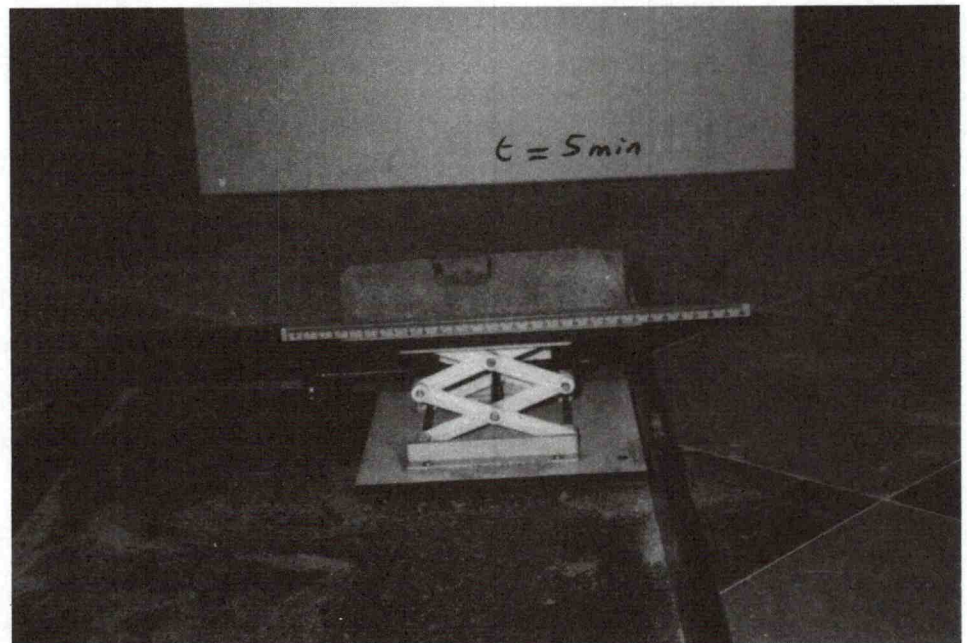
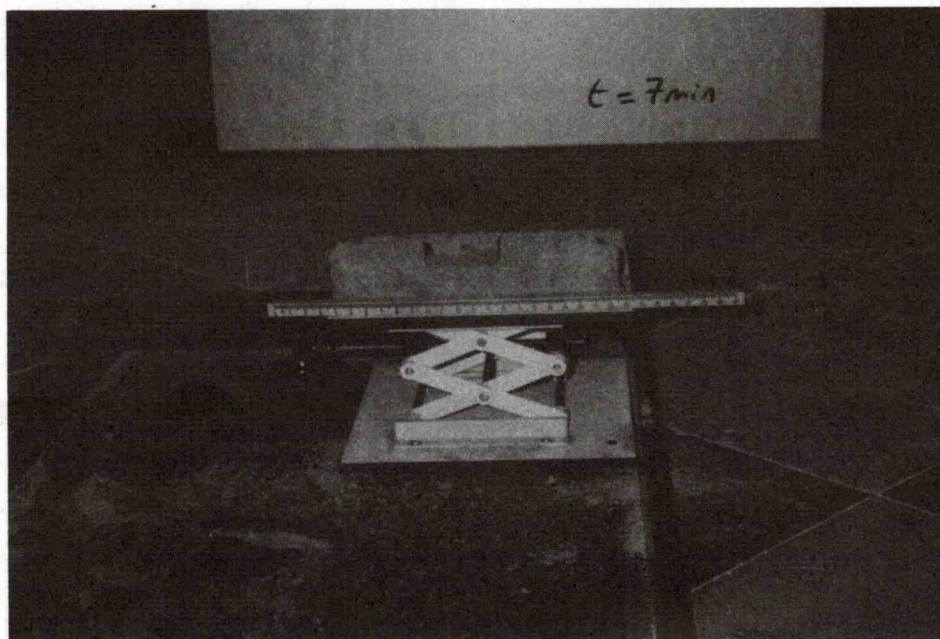


fig 5



à 18 m au-dessus du sol. Soixante minutes (± 10 secondes) après le lâcher, l'angle formé par la direction initiale et celle du mouvement était de $\alpha = 11,6^\circ \pm 0,1$ (graphique C2) or la formule précédente prévoit en théorie

$$\alpha = \Omega \sin \lambda \cdot t = 5,393 \cdot 10^{-5} \cdot 3600 \cdot 180 \simeq 11,12^\circ \text{ par heure}$$

L'écart est donc de 4,5%, ce qui est tout à fait raisonnable compte tenu des incertitudes de mesure. Le pendule avait donc une marche régulière et exacte.

Pour une bonne régularité et précision de l'expérience, il fallait s'assurer que les conditions d'approximation de Foucault étaient réunies. La plus importante réside dans le caractère constant de la tension du fil de suspension. En d'autres termes notre pendule ne doit pas être sphérique c'est à dire que la variation d'altitude h du centre d'inertie de la boule doit rester négligeable devant la longueur l du pendule. Ici

$$h/l = 0,175/17,56 \simeq 1,01\% \text{ au maximum.}$$

Notons que la longueur l peut être déterminée par la mesure de la période des oscillations ; ici, en pratique $T_0 \simeq 8,4105$ au lieu des 8,4065 prévues par la théorie du pendule simple pour $l = 17,56$ m soit une erreur de l'ordre du centimètre. Bouasse, dans "Gyroscopes et projectiles" (éd Delagrave) donne la condition $3/8 a^2/l^2 \leq 10^{-2}$ où a est l'amplitude ; soit $a \leq 2,86$ m condition toujours réalisée dans notre manipulation.

Mais je n'ai pas encore parlé de l'influence de la résistance de l'air. L'amplitude du mouvement était divisée par 2 en 33 minutes (+ 2 minutes environ) soit un décrétement logarithmique de $3,15 \cdot 10^{-3}$ environ. Cette décroissance importante devait être due à l'insuffisance de la masse du pendule, à peine dix kilogrammes.

Enfin, abordons l'ellipticité du mouvement qui apparaissait parfois assez nettement à l'oeil mais que la photographie "aérienne" n'a pu mettre en évidence par manque de précision. Une série de clichés prise cinq minutes après le lâcher a montré que l'ellipticité, petit axe Y_0 sur grand axe X_0 était inférieure à $1,8 \cdot 10^{-3}$. Or la théorie indique que

$Y_0/X_0 = (\Omega \sin \lambda) / 2\pi / T_0 = 7,21 \cdot 10^{-5}$
est absolument indétectable. Soit en effet 0,18 mm pour une amplitude de 2,5 m. Il semblerait donc que "l'ellipse" parfois observée s'explique par une vitesse initiale non nulle.

Quant aux dissymétries du pendule dans sa période d'oscillation suivant deux axes orthogonaux, elles n'ont pas été mises en évidence.

4. PRESENTATION AU PUBLIC

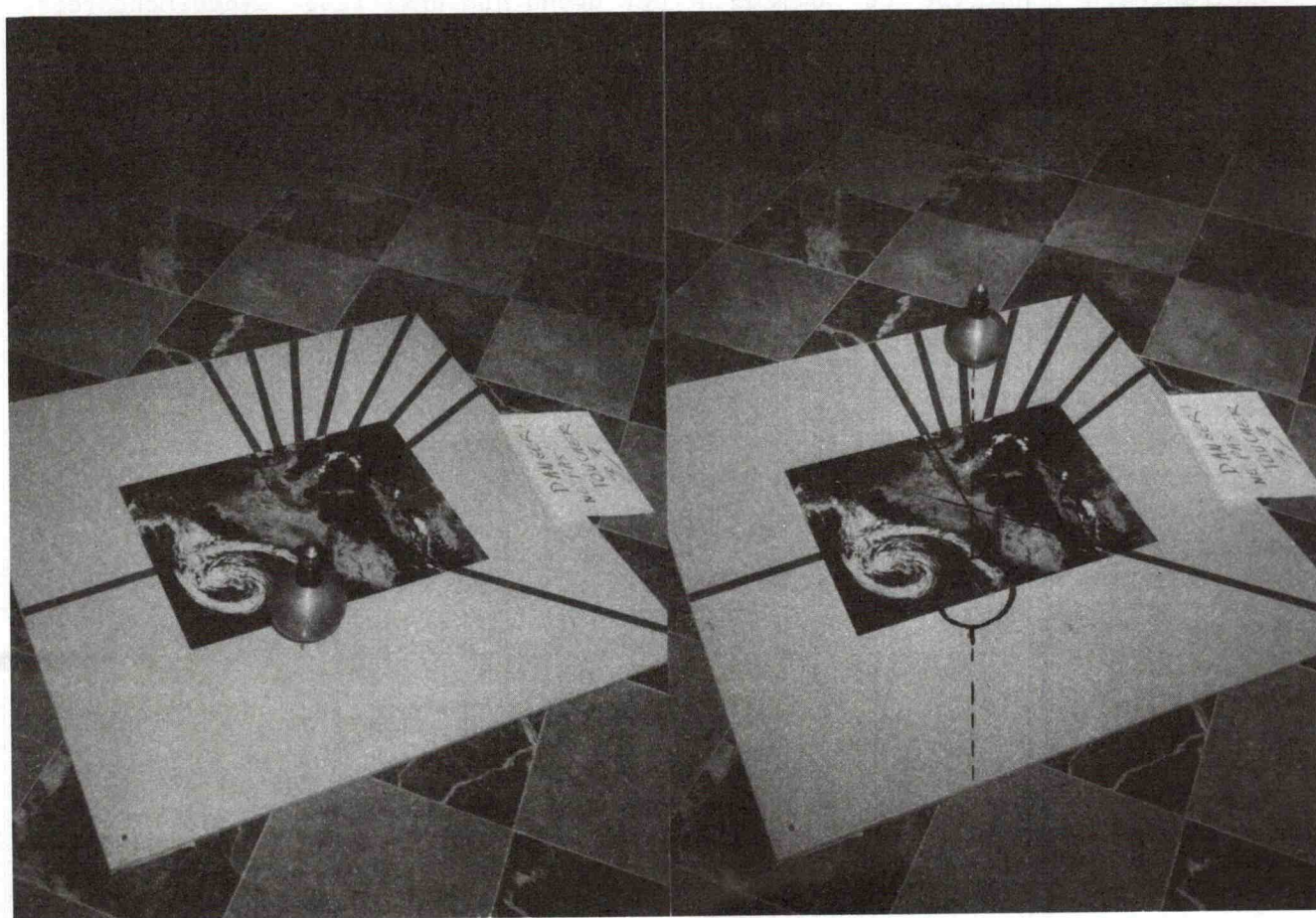
Présentée pendant quinze jours sur rendez-vous et durant un week-end complet par une équipe de cinq personnes (MM. Baron, Cosnard, Guiffard, Le Fur et Raballand), cette expérience "historique" fut observée par plus de quatre mille personnes dont deux mille scolaires (du CM1 à la Math-Spé) en septembre 1990.



fig 6
L'ensemble de l'expérience

Figures 7 et 8

Une oscillation du pendule 2 h 15 min après son lancement



L'observation de l'avance du plan d'oscillation se faisait par projection en ombre chinoise du tas de sable humide qui était rongé en 7 à 8 minutes par le stylet du pendule. Le public pouvait revenir une heure plus tard et constatait l'ampleur du phénomène par comparaison avec des graduations placées sur un plateau à la verticale du point de suspension. Chaque intervalle angulaire correspondant à $11,2^\circ$ soit une heure d'expérience (fig 6, 7 et 8).

L'impact auprès du grand public comme des scolaires était certain et tangible. Chacun y allait de son interprétation et cherchait la "faille" dans l'explication "officielle"... N'a-t-on pas entendu tel élève de l'école primaire s'étonner de ce que la chapelle n'entraîne pas le pendule dans sa rotation par rapport aux étoiles, question fondamentale. A un niveau plus élevé, le caractère non galiléen du référentiel terrestre ne faisait plus de doute, les explications ne se perdaient plus dans le tourbillon dépressionnaire des nuages d'un cours théorique.

5. CONCLUSION

Au travers de cette expérience ou d'autres présentées à l'occasion de cette exposition sur la physique au temps de Foucault, il apparaît que l'histoire des sciences est un excellent support pédagogique pour la vulgarisation ou l'enseignement. Pour les professeurs, ce contact avec un public très varié fut une expérience très enrichissante et encourageante.

Enfin, cette réédition à petite échelle de la démonstration du Panthéon constitue un hommage à un grand scientifique expérimentateur dont les inventions géniales marquent encore notre temps. Ce pendule inspira à Léon Foucault le gyroscope (fig 9 et 10) qui équipe tant d'avions et de fusées.

Pierre Le Fur

BIBLIOGRAPHIE :

Foucault et ses pendules par S.Deligeorges (éd Carré)
Astronomie populaire d'Arago, tome 3 ; Paris 1856
Bulletin de l'Union des Physiciens, n°652, mars 1983
Gyroscopes et projectiles par H.Bouasse (éd Delagrave, 1923)
Le pendule du Panthéon par C.Flammarion, in Revue Scientifique (01/11/1902)

MESURER LA DISTANCE DE LA LUNE AVEC UN APPAREIL PHOTO

Guillem Anglada 1,2,3 et Emilio Llorente 2,3

1 Département d'Astronomie et de Météorologie, Université de Barcelone

2 Lycée "Baldiri Guilera", El Prat de Llobregat

3 Séminaire Permanent d'Astronomie, ICE, Université Polytechnique de Catalogne

RESUME

Nous avons mesuré la distance de la Lune par la méthode des parallaxes. L'expérience a été menée avec des élèves de Lycée (Institut de Batxillerat "Baldiri Guilera", El Prat de Llobregat). Le déplacement parallactique a été mesuré directement à partir de deux diapositives prises au même instant avec deux appareils photo ordinaires situés en deux endroits éloignés.

INTRODUCTION

Ce projet avait pour objectif d'initier des élèves de Lycée aux méthodes de la recherche scientifique. En ce sens, les expériences d'astronomie sont, en général, particulièrement aptes à illustrer les lois de la Nature. Mais du fait que les objets célestes ne peuvent pas être transportés au laboratoire pour y être étudiés directement, il faut attendre patiemment l'occasion de les saisir au vol au bon moment. L'Astronomie est donc une science d'observation qui exige de bons instruments et une prévision exacte. Dans notre cas, l'expérience était conçue pour tirer tout le parti possible d'un instrument de précision mais tout à fait courant: un appareil photo.

Exactement comme pour une vraie expérience d'astronomie, la nôtre demandait une planification rigoureuse: choix de sites convenables pour l'observation et détermination de leurs coordonnées géographiques; choix des jours et heures où la Lune pourrait être observée dans des conditions optimales à partir des deux sites; choix de l'objectif et du film; synchronisation des observations et bien entendu, attente d'une météo propice. En comparant les deux diapos, nous avons mesuré le déplacement causé par l'effet de parallaxe et grâce à des formules mathématiques établies à cet effet, nous avons déduit sa distance. Sauf celles qui ont été déduites de l'observation, les seules données utilisées ont été les coordonnées géographiques des sites. En d'autres termes, nous avons utilisé une seule donnée de connaissance, la valeur du rayon terrestre, pour en inférer la distance de l'objet astronomique le plus proche de nous: la Lune.

D'un point de vue purement didactique, nous pensons que l'expérience a eu des résultats positifs en ce sens que les élèves ont pu participer de diverses façons, qui allaient de l'observation proprement dite ou de la construction d'instruments simples jusqu'à l'exécution de calculs ou à l'étude des formules trigonométriques nécessaires. L'ensemble du projet s'est déroulé au cours de l'année scolaire 1987-88. La préparation de l'expérience et la réduction des données ont eu lieu dans le cadre de classes d'astronomie auxquelles participaient l'ensemble des élèves alors que les observations ont été faites par un groupe restreint d'élèves plus motivés. Cette expérience se prête particulièrement bien à une coopération entre des écoles de pays différents parce que les photos peuvent être prises indépendamment, après accord sur la date et l'heure, puis échangées par la suite.

L'EXPERIENCE

Le principe de l'expérience consiste à mesurer le déplacement de l'image de la Lune causé par l'effet de parallaxe, relativement aux étoiles du champ, par comparaison de deux photos prises de deux sites différents et suffisamment éloignés. A cause du mouvement relativement rapide de la Lune par rapport aux étoiles, les deux photos doivent être prises au même instant. On trouvera les détails de l'expérience et les formules mathématiques dans Llorente et Anglada (1988).

Les endroits choisis pour notre expérience se trouvaient près de Barcelone (Espagne) pour le groupe principal et près de Boston (Etats-Unis) où l'un de nous effectuait un voyage touristique. On a choisi un jour proche de la Pleine Lune afin d'être sûr que celle-ci serait visible simultanément des deux sites. La détermination de l'heure d'observation optimale a permis d'introduire l'usage du planisphère et d'un programme informatique de type "planétarium". Après plusieurs essais, nous avons trouvé que la meilleure combinaison faisait appel à un téléobjectif de 200mm et un film Ektachrome 400ASA pour diapositives avec une pose de 4 sec. à f/4,5. En outre, le groupe resté en Espagne a procédé à des mesures de l'azimut, de l'altitude et de l'angle horaire avec les goniomètres qu'ils avaient construits.

L'angle de parallaxe peut être déduit du déplacement ℓ de l'image mesuré sur sur deux diapos prises au même instant, par la relation:

$$\tan \epsilon = \frac{\ell}{F}$$

où F est la focale de l'objectif (200mm). Pour mesurer avec précision le déplacement ℓ , nous avons projeté les diapos sur un écran et nous l'avons mesuré après avoir mis en correspondance les étoiles visibles sur les deux photos (le déplacement ℓ constaté sur les diapos sera donc le déplacement mesuré sur l'écran divisé par le grandissement de l'image projetée).

Une fois que l'angle de parallaxe ϵ est connu, on peut déduire la distance de la Lune en résolvant un triangle dont les sommets sont la Lune et les deux sites d'observation. Ainsi, la distance du sommet A à la Lune sera donnée par:

$$d = \frac{d_{AB} \sin(\alpha + \epsilon)}{\sin \epsilon}$$

où d_{AB} est la distance entre les deux sites A et B. Si ces sites sont situés à peu de chose près sur le même parallèle géographique, la distance d_{AB} et l'angle α peuvent être facilement calculés par:

$$d_{AB} = 2R \cos \phi \sin \frac{\Delta \lambda}{2}$$

$$\alpha = 90^\circ + \frac{\Delta \lambda}{2} - H$$

où R est le rayon de la Terre, ϕ la latitude (identique pour les deux sites), $\Delta \lambda$ la différence entre leurs longitudes géographiques et H l'angle horaire de la Lune en A. On peut mesurer l'angle H ou encore le déterminer, par exemple à partir du temps t écoulé depuis le passage de la Lune au méridien:

Si les deux sites ont des latitudes géographiques sensiblement différentes, il faut alors connaître la position de la Lune (par exemple, son azimuth et son altitude) et les expressions mathématiques se compliquent (pour de plus amples détails, voir Llorente et Anglada 1988).

LES RESULTATS

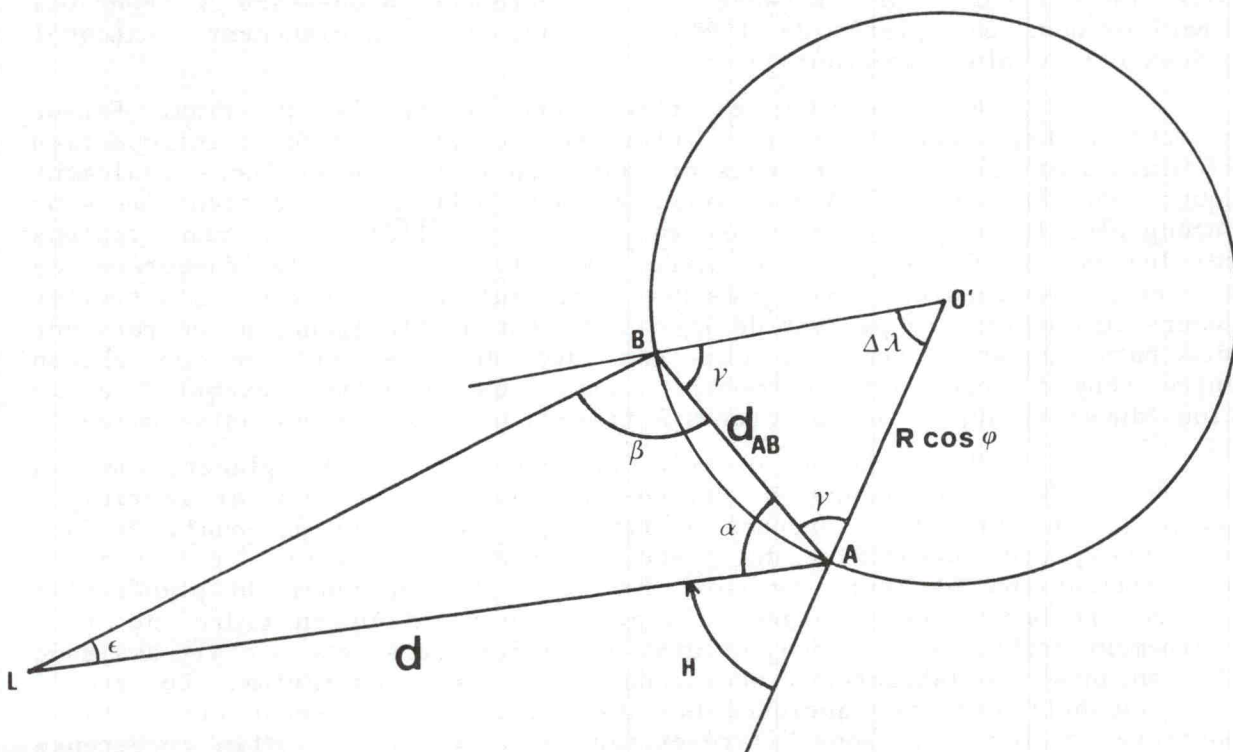
Les observations ont été faites le 6 février 1988. Plusieurs photos ont été prises parmi lesquelles on a sélectionné deux paires. Le déplacement causé par la parallaxe évalait environ $0.8''$. La distance Terre-Lune obtenue est alors de 408000 km soit 64 rayons terrestres, en bon accord pour la distance réelle pour cette date, soit 63 rayons terrestres.

REMERCIEMENTS:

Ce projet a été en partie soutenu par la Bourse 3546T1 de l'Université Polytechnique de Catalogne (ICE) et a reçu le "Prix CIRIT pour l'éveil des jeunes à l'esprit scientifique". G.A. a reçu une bourse de recherche de la DGU et du CIRIT.

REFERENCES:

Llorente, E. et Anglada, G., 1988. Mesura de la distància Terra-Luna, Mémoria del grup de treball. Universitat Polytechnique de Catalogne ICE.



"CLEA" peut aussi signifier

COMMENT LIER EDUCATION ET ASTRONOMIE

= = = =

En lisant le numéro 52 des Cahiers Clairaut, j'ai vu que la Rédaction annonce la publication de quelques unes des communications du Colloque international sur l'enseignement de l'astronomie qui s'est tenu à Barcelone en septembre dernier. C'est Jacques Vialle qui veut bien faire la traduction de ces textes. Comme j'ai fait mes présentations en anglais, avec des expressions en espagnol au rétroprojecteur, je vais essayer de présenter une de mes communications en français, au lieu de demander une traduction...

° °

Quand on parle de l'introduction d'éléments d'astronomie dans l'enseignement scolaire, on pense le plus souvent aux relations de l'astronomie avec les autres sciences, on souligne l'importance de l'entraînement dans la manière de penser d'une façon plus scientifique, etc. Mais comme les participants de ce colloque sont des enseignants, ils doivent très bien savoir tout cela.

Je voudrais parler ici des différentes significations des deux mots "enseignement" et "éducation", ce qui semble assez opportun puisque notre conférence est organisée par l'Institut des Sciences de l'Educaton de l'Université Polytechnique de Catalogne. Je dois confesser immédiatement que pendant mes années universitaires, je n'ai eu à étudier ni la pédagogie, ni la psychologie, ni la didactique. Mais, il y a deux ans, j'ai été obligée de penser à ces deux mots - enseignement et éducation - car pendant le colloque de l'UAI sur "L'enseignement de l'astronomie" (dont j'ai parlé lors de l'Assemblée Générale du CLEA en 1988), notre Collègue du Nigéria, le professeur Sam Okoye, a posé nettement la question : "Pourquoi ne parlons-nous pas plutôt de l'éducation que de l'enseignement ? Lequel des deux est le plus important ?"

Nous devrions en effet nous poser la question. Est-ce seulement l'enseignement qui nous intéresse, c'est à dire l'introduction d'éléments d'astronomie à différents niveaux ? Ou bien, voulons-nous également éduquer notre auditoire ? A mon avis, le mot "éducation" contient un sens beaucoup plus large que le mot "enseignement" ; par l'éducation nous voulons atteindre non seulement l'esprit mais aussi le coeur et le caractère de nos élèves. Je voudrais donc présenter ici quelques exemples d'activités au cours desquelles, en partant de l'enseignement de l'astronomie, on parvient à des buts éducatifs beaucoup plus généraux. Je suis certaine que chacun d'entre vous a connu des expériences similaires, d'autres exemples d'une action éducative auprès de nos élèves à travers un enseignement astronomique.

Mon premier exemple concerne un petit planétarium, à Grudziadz, à 70 km de Torun, en Pologne ; l'an dernier, j'y ai participé, comme membre du jury d'un concours astronomique de niveau national. Pendant trois jours, une quarantaine de jeunes, garçons et filles, présentaient leurs réalisations et leurs travaux pratiques. Le personnel du planétarium étant peu nombreux, une besogne spéciale - le maintien en ordre de tout l'équipement technique, des projecteurs, des ordinateurs, etc - était assignée à des enfants, collaborateurs occasionnels de ce planétarium. Un groupe de six ou huit garçons, quelques uns très jeunes, assumèrent cette tâche importante, pleine de responsabilité et sans qu'il y ait à la fin récompense ou diplôme ! Je me demande si plus tard ces enfants garderont le souvenir de cette expérience. Se rappelleront-ils que leur travail fut indispensable au succès du concours ? Auront-ils bien retenu cette première leçon en infaillibilité comme ils apprennent par coeur "sept fois huit" ou bien quelle est la distance de la Lune ?

Partons maintenant au bord de la Méditerranée, au Collège Valéri à Nice où le club d'astronomie "Les Pléiades" fonctionne depuis déjà longtemps. Il y a quelques années, les membres du club ont décidé de construire eux-mêmes un planétarium dans la cour du collège. Ils ont réalisé leur projet en travaillant durant les jours libres, pendant plus de quatre années. J'ai visité le Collège Valéri en novembre 1989, le bâtiment devait encore être décoré à l'extérieur. Avec cette réalisation, deux buts éducatifs ont été atteints : familiariser les enfants avec le dur travail, travail purement physique, ce qu'on ne fait pas à l'école d'ordinaire, et introduire l'idée du travail qu'on fait pour les autres, pour les générations d'élèves qui vont venir ensuite, car les premiers "ouvriers" avaient achevé leur scolarité au Collège Valéri depuis longtemps déjà quand la construction du planétarium fut achevée. Le planétarium est maintenant accessible également par les classes d'écoles voisines et son entretien est assuré par l'Association du Planétarium du Collège Valéri.

C'est vrai que les associations peuvent aider réellement les petits planétariums qui sont plus fréquentés pendant la belle saison. Tel est le cas du planétarium de Frombork, en Pologne, une petite ville de pêcheurs au bord de la mer Baltique, "le coin le plus reculé du monde" - comme l'a désigné Nicolas Copernic qui y a passé les trente dernières années de sa vie et y a été enseveli dans la cathédrale. Un planétarium, aménagé dans une des tours des fortifications qui entourent la cathédrale, est très en vogue, l'été, parmi les touristes. Une vingtaine de membres de "Pulsar", l'Association des Amis du Planétarium de Frombork, venant de tout le pays, passe successivement dix ou quinze jours dans une sorte de camp de vacances, dans cette ville, et doit travailler deux heures par jour aux différents postes du planétarium. Le reste du temps, ils ont libre accès aux télescopes et aux autres instruments pour mener à bien leurs propres travaux d'amateurs. Voilà encore un exemple d'une activité utile aux autres, même si c'est aussi une manière d'avoir des vacances intéressantes.

A propos de vacances, je me rappelle avoir une fois rencontré un groupe d'élèves de quinze ans qui ont passé leurs vacances à parcourir les montagnes à pied, chaque jour dans une autre place, et en apprenant à connaître le ciel pendant la nuit. Je devrais peut-être ajouter que j'étais venue passer une journée avec eux car le responsable de ce groupe était mon mari, astronome et aussi touriste acharné qui consacrait tout son temps libre à faire connaître la montagne à des groupes d'élèves, d'adultes ou même de retraités. La journée avait été particulièrement chaude, les enfants avaient marché pendant plusieurs heures ; finalement, les tentes étaient montées, tout le monde pouvait se reposer en allant nager dans la rivière. Non, pas tout le monde ! Trois garçons, qui étaient de service ce jour-là, devaient encore aller au village voisin pour acheter des provisions, pour rapporter du pain. J'espère bien que même vingt ans plus tard, ces garçons vont se rappeler ce que c'est que d'aller chercher du pain pour les amis lorsque vous tombez de fatigue !

Les personnes bien portantes peuvent passer leurs vacances à parcourir les montagnes, en regardant le ciel, mais comment peut-on montrer l'environnement aux personnes visuellement handicapées ? Le Planétarium Dow à Montréal, au Canada, a présenté en 1988, une exposition spéciale, elle comportait des modèles en matière plastique de plantes et d'animaux ainsi que du système solaire, avec des explications en Braille. Les personnes non handicapées devaient mettre des masques noirs pour visiter l'exposition sans visibilité, seulement en touchant les modèles. Dans ce cas, le but poursuivi était de donner aux aveugles une certaine connaissance de la nature et de l'environnement et en même temps, d'éduquer les autres, ceux qui voient, pour qu'ils aient une meilleure attitude à l'égard des handicapés. Car "il y a seulement un seul monde, le même pour tous", selon les paroles d'un membre du Comité de l'Association Polonaise des Handicapés de la vue.

En visitant Montréal, j'ai trouvé devant le Planétarium Dow, parmi les fleurs, une statue de Copernic, copie de celle de Varsovie. Alors pour finir, je vais citer ce passage du "De Revolutionibus" :

"...qui donc poserait ce luminaire en un lieu autre, ou meilleur, que celui d'où il peut éclairer tout à la fois ? ..."

qui nous rappelle que le Soleil est pour nous un symbole de la lumière, de la sérénité, du sourire. Eh bien, lorsque nous apprendrons à nos élèves les éléments de l'astronomie copernicienne, essayons donc de leur dire: "Souvenez-vous de l'importance du sourire dans vos contacts avec les autres, savez-vous sourire"

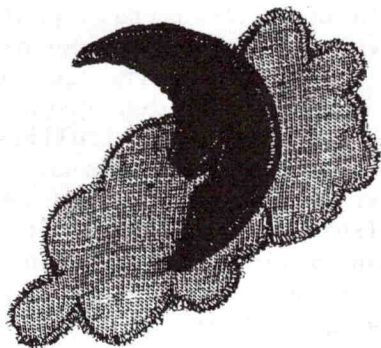
Et ce sera encore de l'éducation mêlée à l'astronomie...

Torun, le 31 décembre 1990

Cecilia Iwaniszewska

DOIT-ON VULGARISER L'ASTRONOMIE CHEZ LES FABRICANTS DE PYJAMAS ?

Si vous vous demandez s'il est important de vulgariser l'astronomie, voici un morceau d'étoffe découpé dans un pyjama d'enfant qui devrait vous faire répondre par l'affirmative !



Comment le fabricant de pyjama a-t-il fait pour voir la lune devant un nuage ? Posez-lui la question...

LE BUREAU DES LONGITUDES CHEZ VOUS

- En composant le 36 16 code BDL sur le minitel, vous pouvez obtenir :
- définitions et concordances des calendriers sur plusieurs siècles,
 - dates des fêtes dans divers calendriers entre 1945 et 2050,
 - l'heure légale en France depuis 1911,
 - les heures de lever et coucher du Soleil en tout point du globe de -4000 à 2500.

PERCEPTION DES CONCEPTS ASTRONOMIQUES CHEZ LES ELEVES (3)

Résumé: Quel que soit son degré de sophistication, un modèle mental de la Terre est toujours construit autour de trois composantes fondamentales. Plusieurs auteurs ont montré que les modèles de la Terre généralement admis par les enfants peuvent se ranger en cinq grandes catégories. Après avoir discuté le modèle le plus simpliste (la Terre est plate), J. Nussbaum (Jerusalem College for Women) poursuit son examen (voir CC n°53)

Les modèles du second type:

Dans la seconde catégorie de modèle de la Terre, les enfants sont persuadés que celle-ci est une immense boule composée de deux hémisphères. L'hémisphère inférieur est solide et il est essentiellement composé de roche et de sol. Les gens vivent sur le "plancher" de cet hémisphère. L'hémisphère supérieur est immatériel, fait d'air, de ciel, ou d'air et de ciel. Le ciel est parfois imaginé parallèle au plancher sur lequel nous vivons et il fait comme un plafond à cet hémisphère (figure 7a). On l'imagine aussi parfois comme une voûte couvrant le plancher sur lequel nous vivons et qui est au contact avec lui par l'horizon (fig. 7b). Les enfants qui admettent ce genre de modèle affirment que nous nous trouvons à l'intérieur de la Terre et qu'on ne peut pas vivre à sa surface.

Le Soleil, la Lune et les étoiles sont tantôt imaginés se trouver à l'intérieur de la boule, tantôt sur sa surface ou encore à l'extérieur. A l'extérieur de la Terre, il y a l'espace totalement vide et sans air selon certains ou encore rempli d'un "air sans oxygène" que les gens (les astronautes) ne peuvent pas respirer.

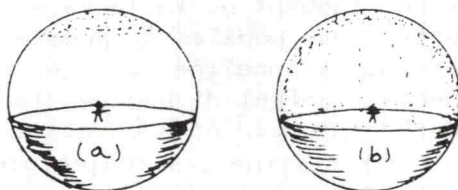


Figure 7: Diverses représentations de la Terre appartenant au deuxième type de modèle terrestre.

Comparés à ceux du premier type, ces modèles représentent un progrès significatif. De fait, bien qu'il reste encore "primitif" d'un point de vue purement scientifique, il faut noter que ce modèle représente une construction mentale relativement élaborée, que l'enfant a produit en essayant de faire cadrer ses structures cognitives avec l'information de caractère scientifique qu'il a rencontrée. Malgré son inexactitude, on peut le considérer comme un modèle très élaboré, car contrairement au modèle précédent, il inclut l'idée que la Terre sur laquelle nous vivons est un corps fini entouré d'espace. Ce progrès conceptuel net par rapport au modèle précédent permet à l'enfant de donner des explications beaucoup plus sophistiquées aux phénomènes qu'il observe. La validité scientifique d'un modèle n'est pas forcément un critère permettant de juger de son degré de sophistication. Le lecteur se souviendra du modèle élaboré par le jeune Igat et présenté dans l'introduction.

Ce second type de modèle représente une adaptation très significative, mais seulement partielle, de la structure cognitive au modèle scientifique. Il faut bien noter qu'il inclut encore l'idée que l'ensemble des pays de la Terre sont répartis sur le vaste espace circulaire et plat où vivent les hommes. Lorsqu'on demande à ces enfants si la pierre tombera sans s'arrêter ou si elle s'arrêtera quelque part, ils répondent qu'elle tombera éternellement à moins de heurter en chemin une planète ou une étoile. Les directions "vers le bas" sont considérées comme des directions absolues de l'espace cosmique, sans aucune relation avec la Terre. Elles sont compatibles avec la perception égocentrique du "bas".

Les modèles du troisième type:



Figure 8: Réponses typiques d'enfants admettant un modèle de la Terre appartenant à la troisième catégorie: a) les pierres jetées en l'air, avec le ciel entourant la Terre b) l'eau d'un récipient situé au pôle sud s'échappe vers le ciel austral.

Les enfants qui admettent ce genre de modèle croient en un espace illimité entourant une Terre solide et ronde. Cependant, leur pensée est encore partiellement de type primitif. Ils ne voient pas la Terre comme le référentiel auquel se rapportent les directions "haut-bas", mais admettent plutôt l'existence de directions spatiales absolues "haut-bas" totalement indépendantes de la Terre. Ils dessinent des objets qui tombent de la Terre et en ce sens, ils diffèrent peu des enfants qui admettent des modèles du premier et du deuxième types. Une tâche typique permettant de reconnaître ceux qui admettent encore de genre de modèle consiste à demander à l'enfant d'imaginer la trajectoire d'une pierre lancée vers le ciel en différents endroits du globe.

Après que les enfants ont dessiné ces trajectoires, on leur demande de représenter le ciel par une teinte bleu clair. Tous représentent les trajectoires dirigées "vers le haut", totalement indépendantes de la Terre (figure 8). Mais ils dessinent en même temps le ciel tout autour du globe terrestre. Dans une autre tâche, les enfants adhérant à cet ensemble de croyances prédisent qu'une bouteille non bouchée située dans l'hémisphère Sud ne pourrait pas conserver l'eau qu'elle contient: cette eau, disent-ils, s'écoulerait de la bouteille et "tomberait de la Terre". A la question "Vers quoi ?", ils répondent: "Vers le ciel" ou "Vers l'espace" (figure 8).

Les modèles du Quatrième Type:

Les enfants qui admettent ce type de modèle font preuve d'une certaine compréhension de l'ensemble des composantes du concept terrestre. Selon toute apparence, ils croient vivre à la surface d'une planète sphérique et ils savent qu'elle est entourée par l'espace. La Terre constitue le référentiel auquel ils

rapportent les directions "haut-bas", c'est à dire que ces directions vont vers la Terre ou s'en éloignent. Certains expliquent même la chute des corps en faisant appel à la gravité. Néanmoins, ces prédictions "correctes" se rapportent toutes uniquement à des situations de chute libre à la surface de la Terre. Ils semblent considérer la Terre comme un tout et ne rapportent pas les directions "haut-bas" au centre du globe. Par exemple, les enfants admettant ce modèle répondent de façon typique à la question suivante:

"Suppose que quelqu'un creuse un tunnel, droit à travers la Terre. Il lâche une pierre à l'orifice de ce tunnel. Dessine sa chute."(*)

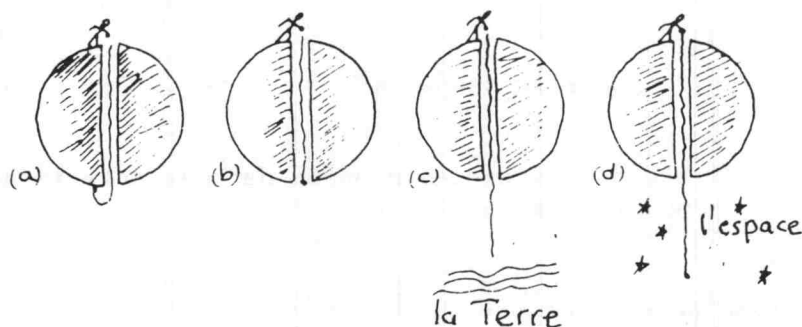


Figure 9: Prédications du trajet d'une pierre tombant en chute libre pour des modèles de type 4 (a ou b), 1 (c) et 2-3 (d)

Les enfants qui admettent un modèle de ce genre disent généralement que la pierre tombera sans s'arrêter jusqu'à l'autre extrémité du tunnel. Quelques-uns ajoutent même que la pierre sortira du tunnel pour retomber à côté (figure 9a); d'autres prédisent que la pierre s'arrêtera à l'autre extrémité et y restera en suspens dans le vide (figure 9b). A titre de comparaison, les figures 9c et 9d illustrent des réponses typiques d'enfants admettant des modèles terrestres de types 1 et 2-3 respectivement.

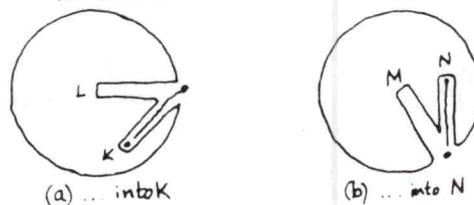
Dans une autre tâche, on demandait aux enfants: "Suppose qu'on creuse deux tunnels dans la Terre au même endroit, mais dans deux directions différentes. Si on laisse tomber une pierre, va-t-elle tomber dans le tunnel K ou dans le tunnel L?" (même question avec M et N).

Les enfants admettant ce genre de modèle disent que la pierre tombera dans le tunnel K (figure 10a) ou dans le tunnel N (figure 10b). Ils pensent que les corps graves tombent toujours vers la Terre. Cependant, dès que les objets sont en chute libre dans les tunnels imaginaires, ces enfants ne rapportent visiblement plus leurs chutes au centre de la Terre mais bien à une direction absolue (indépendante de la Terre) "vers le bas". Ainsi, ils considèrent que K (ou N) pointe davantage "vers le bas" que L (ou M). En observant la figure 10b, les enfants ont opéré mentalement une rotation de la figure et ainsi N a été perçu comme dirigé directement vers le bas.

(*) On n'attend pas ici la réponse scientifique correcte selon laquelle, en admettant qu'il n'y ait pas d'atmosphère, la pierre entamerait une série d'oscillations de part et d'autre du centre de la Terre. A ce niveau, toute réponse considérant le centre de la Terre comme le point le plus "bas" sera acceptée comme satisfaisante.

L'enfant rapporte les directions "haut-bas" à la surface de la Terre, non à son centre. Il est persuadé que les pierres doivent tomber....

The child relates up-down directions to the Earth's surface but not to the Earth's centre. He believes that the rocks would fall....



(a)... dans le tunnel K

(b)... dans le tunnel N

Figure 10: Réponses typiques données par des enfants adhérant aux modèles de type 4

Cinquième type de modèle:

Les enfants qui admettent ces modèles ont démontré qu'ils maîtrisaient de façon régulière et satisfaisante les trois composantes du concept "Terre" c'est à dire: 1) une planète sphérique 2) entourée par l'espace et 3) des lignes de chute dirigées vers son centre. Par exemple, on demande à Brigitte (8 ans) de prédire ce qui adviendrait dans l'hypothèse illustrée par la figure 9a. La seule indication donnée était que le bonhomme allait laisser tomber la pierre. Brigitte dessina une trajectoire qui s'arrêtait au centre de la Terre.

E: "Pourquoi n'as tu pas continué la chute?"

B: "Je ne pense pas que la pierre continue à tomber, parce qu'à partir de cet endroit, elle remonterait vers le haut."

William (9 ans) accomplit cette tâche de façon identique, mais répondit à cette dernière question de façon quelque peu différente.

W: "La pierre tombera jusqu'au centre parce que la gravité l'y attire. Elle cesse de tomber parce qu'il n'y a plus rien qui l'attire au delà de ce point (figure 11)."

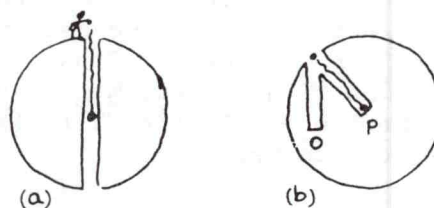


Figure 11: Réponses typiques données par des enfants admettant un modèle de type 5

Timmy (8 ans $\frac{1}{2}$) devant prédire dans quel tunnel tomberait la pierre répondit qu'elle tomberait dans le tunnel P (figure 11). Lorsqu'on lui demanda pour quelle raison, Timmy répondit:

T: "Parce que P va tout droit vers le centre alors que O est penché."

Il dit de la même manière que L et M allaient droit vers le centre tandis que K et N étaient "penchés".

Ces exemples démontrent que les enfants qui admettent ce modèle mental maîtrisent les trois éléments de base du concept. Ils sont capables de déjouer les pièges conceptuels qui leur sont tendus et de répondre de manière cohérente sur un mode totalement compatible avec le contenu propre à toute représentation scientifique de la Terre.

3.4 Evolution progressive du concept "Terre"

Les cinq modèles décrits ci-dessus sont représentés dans la figure 12. Ils sont disposés de manière à suggérer une évolution conceptuelle progressive qui mène du modèle de type 1 (le plus égocentrique et le plus primitif) au modèle de type 5 (le moins "égocentrique" et le plus "scientifique"). Les trois composantes essentielles du concept sont considérées comme trois variables ou, si on préfère, trois dimensions. Cela revient à dire que chaque élément peut prendre au moins deux valeurs complémentaires (par exemple, la forme peut être plate ou ronde).

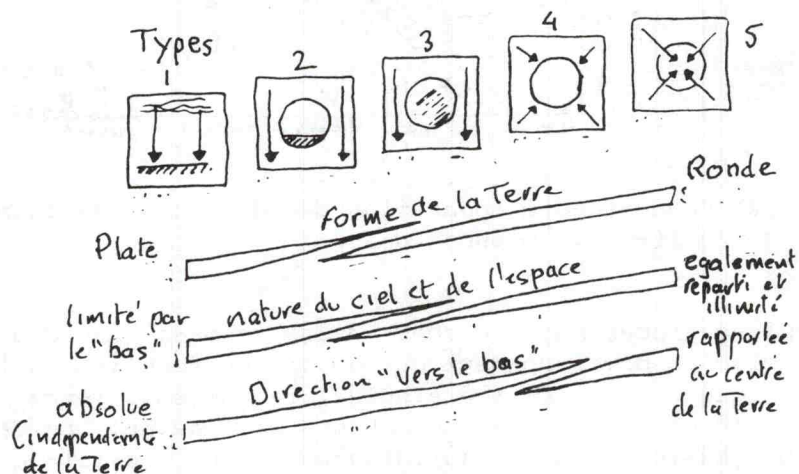


Figure 12: Représentation schématique des cinq classes de modèles de la Terre en tant que corps cosmique. Les trois composantes fondamentales de ce concept sont présentées comme des variables pouvant prendre diverses valeurs entre deux valeurs extrêmes.

Bien que chaque dimension puisse se présenter sous deux aspects conceptuels opposés, cela ne signifie pas qu'elle doive apparaître sous un aspect aussi manichéen dans chaque modèle (dichotomie "soit... soit..."). Elle se manifeste plutôt avec divers degrés d'intensité et de façon plus ou moins explicite entre deux valeurs extrêmes. Par exemple, le caractère "plat" est exprimé avec force et de façon très explicite dans un modèle de type 1. Il n'est que partiellement exprimé et cependant de façon tout à fait explicite dans l'idée d'espace circulaire plat sous une calotte hémisphérique typique des modèles de type 2. Il est implicite et partiellement exprimé dans un modèle de type 3 qui suppose que les gens ne peuvent rester debout et agir que sur le "haut" de la Terre (la partie la moins courbée). A l'autre extrémité de l'échelle, la rotondité de la Terre est très explicitement exprimée dans les modèles de type 5 et 4, et de moins en moins explicitement dans les modèles de type 3 et 2 respectivement.

3.5 Evolution des concepts chez les enfants avec l'âge et l'enseignement reçu

J'ai essayé dans deux études de remonter aux sources du concept "terrestre" chez des enfants d'âges divers et vivant en Israël où cette notion est présentée vers l'âge de 11 ans. Pour ce faire, on a interviewé des élèves appartenant à des populations scolaires représentatives de diverses classes (8, 10, 12 et 14 ans) et choisis dans deux écoles israéliennes. Chaque groupe comprenait une cinquantaine d'élèves. On a calculé les fréquences d'apparition (pourcentages) pour chacun des cinq modèles. Les résultats sont représentés sur la figure 13. On a relié les fréquences constatées pour chaque classe d'âge pour mieux faire ressortir leur profil spécifique.

Le profil correspondant à la classe de Troisième de Collège (14 ans) montre qu'environ 70% des élèves admettent des modèles terrestres de type 4 et 5 alors que les modèles de type 1 et 2 sont acceptés par 80% des élèves de CE2 (8 ans). Dans chacun de ces groupes, les trois autres modèles se répartissent à peu près également alors qu'il y a respectivement pour chacun une prépondérance nette des modèles de type 1 et 5.

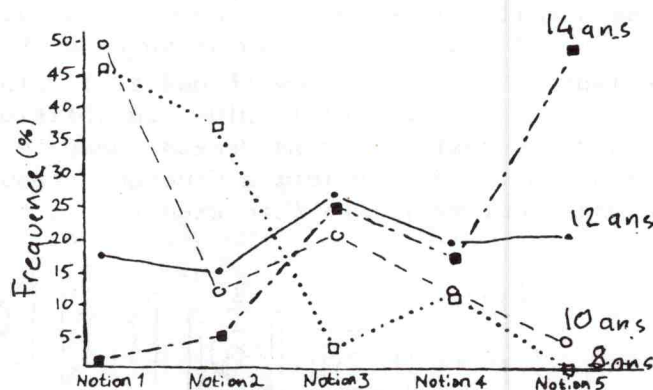


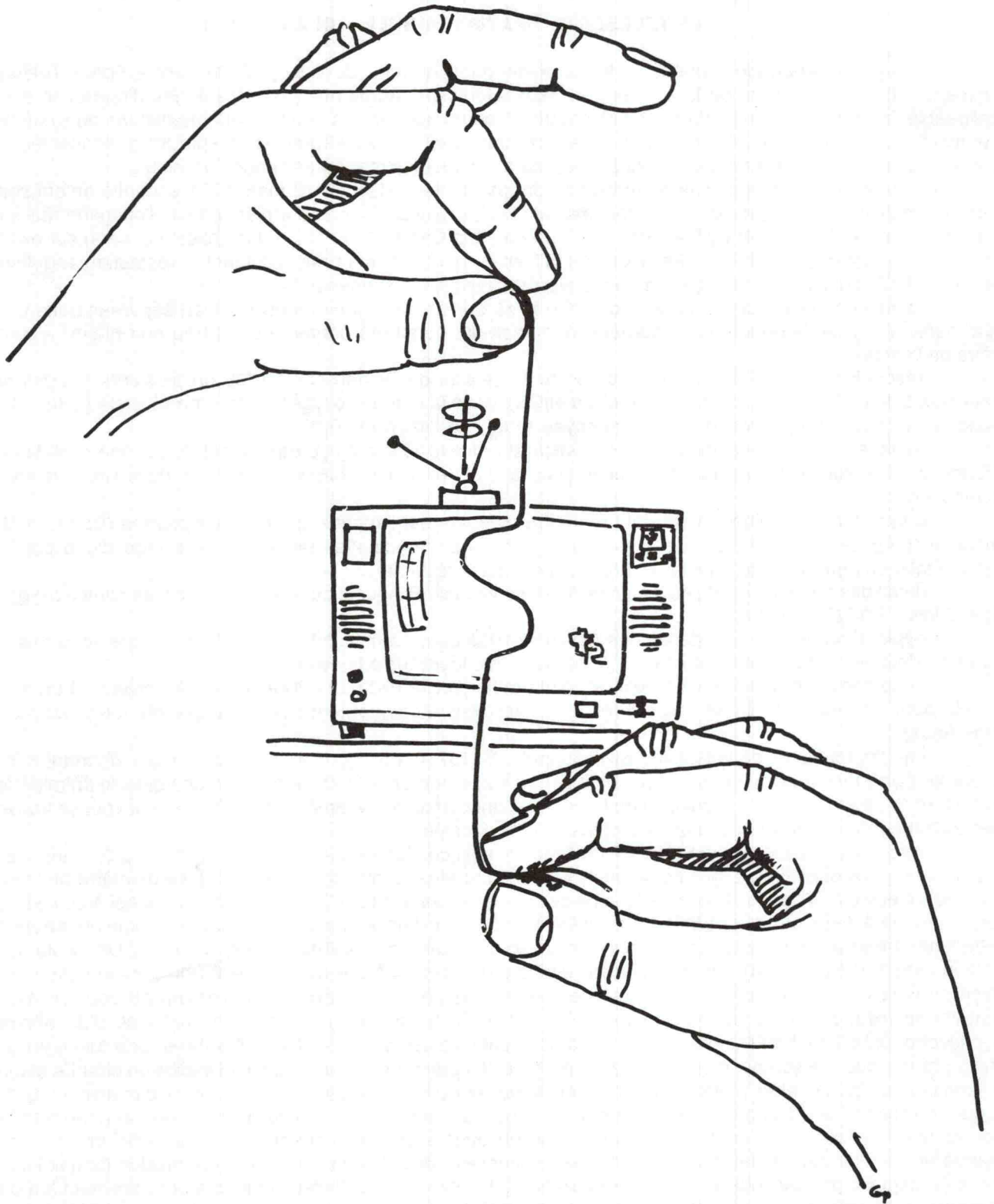
Figure 13: Fréquences d'apparition des divers types de modèles pour différents groupes d'âge.

Deux autres études par tranches d'âge menées par d'autres chercheurs ont tenté d'étudier le développement du concept en fonction de l'âge chez d'autres groupes ethniques. La première étudiait le concept "Terre" chez des petits Népalais de 8, 10 et 12 ans. Les chercheurs utilisaient une version adaptée de la procédure d'enquête. Leurs résultats confirment l'existence chez les élèves de modèles de la Terre analogues et mettent en évidence une évolution avec l'âge de la distribution des pourcentages. Les auteurs de ces travaux ont montré que le développement conceptuel des jeunes Népalais, tel qu'il est mis en évidence dans la distribution par tranches d'âge, accusait un retard de quelques années par rapport à un groupe témoin de jeunes Américains de 8 ans.

La seconde étude par tranche d'âge a été menée en Californie à partir d'une version modifiée de la procédure d'enquête. Les résultats confirment les points essentiels dégagés par la première étude.

(à suivre)

Rubrique : Au petit curieux - Optique curieuse



Amusez-vous avec un élastique en regardant la télévision (le numéro de la chaîne importe peu d'ailleurs).

Faites vibrer l'élastique devant votre oeil. Vous verrez de curieux effets de stroboscopie comme celui représenté ci-dessus.

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LE TELESCOPE SPATIAL HUBBLE , UN AN APRES

En dépit de l'aberration sphérique de son miroir primaire (cf.C.C. n° 51 p. 9), le Hubble Space Telescope (HST) commence réellement à faire de la science. Le bilan scientifique après une première année d'opération est loin d'être négligeable, bien que l'essentiel du temps ait été utilisé pour mesurer très précisément les défauts du système optique , pour tester dans ce contexte les performances scientifiques des divers instruments récepteurs et réaliser leur calibration, pour mettre au point le traitement informatique destiné à restituer les meilleures images possibles.

Le numéro de la revue "The Astrophysical Journal Letters" daté du 10 mars 1991 est entièrement consacré aux premiers résultats scientifiques du HST. Ces résultats concernent dans cette première phase, l'imagerie réalisée avec les systèmes baptisés PC (Planetary Camera), WFC (Wide-Field Camera) et FOC (Faint Object Camera) sur des astres très divers afin de tester les aptitudes effectives du HST en ce qui concerne principalement la résolution angulaire. Voici un résumé des principaux résultats obtenus en premier lieu avec les instruments WF/PC :

- résolution du noyau de l'amas globulaire M 15 où l'on distingue des étoiles bien séparées dans un champ de 2"x2" sans qu'il y ait évidence d'une surdensité intense qui aurait été présente si un trou noir massif s'était formé au centre de l'amas.

- résolution de la région centrale de 3" de la galaxie de Seyfert NGC 1068 en plusieurs nuages distincts de dimension 0,1"-0,2" (soit 10 parsecs environ) émetteurs dans la raie de l'oxygène 2 fois ionisé (noté [OIII]) à λ 5007 et image de l'émission optique continue avec un noyau simple de dimension 0,15".

- exploration de la nébuleuse d'Orion, vaste et brillante région d'hydrogène ionisé, sur une échelle de 0,1" (soit 45 parsecs) pour suivre l'interaction du milieu interstellaire et des étoiles chaudes au travers de la structure fine des fronts d'ionisation.

Le système FOC, instrument dont le maître d'oeuvre est l'agence spatiale européenne (ESA) , a été testé en particulier pour évaluer son aptitude à séparer des sources ponctuelles faibles au voisinage d'une source brillante étendue telle une galaxie. Voici quelques uns des principaux résultats :

- détail des nébulosités et jets associés à l'étoile variable R Aquarii de type Mira, dans les raies d'oxygène ionisé 1 fois et 2 fois (λ 3727 et λ 5007).

- exploration de la région de la nova Ophiuchi 1938 dans l'amas globulaire M 14 dans une zone très peuplée en étoiles et détection de six candidats dans 0,5" pouvant être identifiés à la nova.

- décomposition de l'émission optique de la radiogalaxie PKS0521-36 en un noyau brillant et un jet s'étendant sur 6,5" dont les détails de structure peuvent être associés à ceux obtenus par cartographie radio avec le VLA (Very Large Array).

- images multiples de la lentille gravitationnelle G2237+0305 , appelée Croix d'Einstein, donnant 4 images d'un quasar lointain (dont le décalage spectral relatif est $z = 1,7$) entourant à 0,75" le noyau d'une galaxie spirale (de $z = 0,04$) (cf. C.C. n° 30, p.21) avec une résolution de 0,08". Une cinquième image prédite par la théorie devrait se trouver presque directement derrière le noyau de la galaxie et n'a pas été décelée.

- imagerie de la supernova SN1987A du Grand Nuage de Magellan (GNM) (cf. C.C. n° 37, p.3) 3 ans et demi après l'événement, avec des filtres larges couvrant l'UV et un filtre étroit centré sur la raie [OIII] . Le diamètre de l'enveloppe en expansion éjectée lors de l'explosion déduite de ces observations est 0,17", après l'évènement qui a eu lieu il y a 1277,8 jours. L'image à filtre étroit a permis de préciser la structure d'un anneau de gaz interstellaire entourant SN1987A, précédemment découvert à partir d'observations au sol et à partir du satellite IUE (International Ultraviolet Explorer, en fonctionnement depuis 1978). La surveillance régulière de SN1987A par IUE a révélé une augmentation de l'intensité émise dans la raie [OIII] à partir de 80 jours environ après l'explosion avec un maximum au bout de 415 jours. Ce phénomène n'est pas lié à un mécanisme d'écho (cf.C.C. n° 49, p. 16) mais à la présence d'un anneau de gaz interstellaire, préexistant à l'explosion, produit par les vents stellaires chassant vers l'extérieur une partie de la masse de l'étoile progénitrice. Le sursaut d'émission UV émis dans les premières heures suivant l'explosion chauffe et ionise le gaz de l'anneau qui devient alors brillant. L'anneau révélé par le HST a une forme ellipsoïdale de dimension 0,830" x 0,605", ce qui correspond à un angle i de 43° entre la ligne de visée et la normale au plan de l'anneau. Cette situation géométrique implique que l'émission du gaz ionisé du bord avant de l'anneau (le plus proche de l'observateur) est observé en premier dans le temps et que l'anneau entier sera visible seulement quand l'émission du gaz ionisé du bord arrière (le plus éloigné de l'observateur) sera parvenu à l'observateur et l'intensité sera alors maximum. La date t de ce maximum, observé par IUE, est déterminée par le rayon R de l'anneau et son inclinaison i , selon la relation suivante où c désigne la vitesse de la lumière : $t = (R/c) \times (1 + \sin i)$. Avec les données ci-dessus, on déduit un rayon $R = 0,207$ parsec. Par ailleurs, l'image FOC a un diamètre angulaire de 1,66" ; ceci permet de déterminer une distance de SN1987A, c'est-à-dire celle du GNM, égale à 51,5 kiloparsecs, soit 161 000 années de lumière environ. Cette nouvelle détermination est de 5 à 10% plus élevée que les valeurs couramment adoptées pour le GNM qui constitue une des galaxies primaires utilisées pour la calibration de l'échelle des distances extragalactiques.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

SIMULATIONS EN ASTRONOMIE SUR ORDINATEUR

Eléments de base pour l'établissement d'éphémérides astronomiques par Michel Toulmonde - Fascicule n°12 pour la formation des maîtres en astronomie, Université Paris XI Orsay ; 88 pages ; prix de vente CLEA : 30 F.

La marche inexorable du temps est sans aucun doute l'idée essentielle qui a animé Michel Toulmonde dans la rédaction de ce Fascicule n° XII de la Formation Continue des Maîtres : "*Simulations en Astronomie sur ordinateur*".

L'Astronomie et la Mécanique céleste ont depuis des siècles occupé nombres de jours et de nuits de savants. Or depuis une quinzaine d'années, l'informatique est entrée à l'école et à la maison par l'utilisation de calculettes ou de microordinateurs. Michel Toulmonde a très vite exploité cet outil pour satisfaire son autre passion : l'astronomie. Il nous entraîne donc de façon très progressive vers des calculs d'éphémérides. La pédagogie du professeur d'Ecole Normale transparait dès les premiers chapitres. Il nous résume avec clarté les notions essentielles sur les calendriers, les coordonnées et le temps. Ceci nous permet d'aborder alors des problèmes plus délicats tel que le lever et le coucher des astres, les éphémérides planétaires et enfin l'orbite de la Lune. Les formules et paramètres nécessaires à chaque calcul sont parfaitement mis en évidence, permettant ainsi d'alimenter notre calculatrice préférée qui, par sa grande reconnaissance, nous gratifie du résultat escompté. Enfin, trois programmes écrits en Basic feront des heureux parmi les possesseurs de microordinateurs qui pourront réaliser un planétaire graphique sur écran avec, entre autre, des possibilités de mouvements accélérés. Leurs algorithmes sont clairs et bien documentés.

Ce fascicule XII vient donc ajouter une touche originale et digne d'intérêt à la série toujours captivante des Fascicules de Formation des Maîtres du CLEA.

Jacques Dupré

L'UNIVERS ASTRONOMIQUE AVEC LE PLANETARIUM, THEATRE DES ETOILES

par Agnès Acker et Jean-Claude Pecker. Brochure illustrée en couleurs de 48 pages éditée par l'Association des Planétariums de Langue Française. Prix public 30 F.

Une très élégante brochure, format "à l'italienne", qui répartit excellent texte et belles illustrations, photos et dessins bien choisis autour de trois thèmes. 1) Qu'est-ce qu'un planétarium ? Un outil pédagogique puissant grâce à une belle technologie et, si possible une salle de spectacle bien adaptée. Plus un présentateur connaissant bien l'instrument et ayant le sens de la communication avec le public. 2) Le Ciel du planétarium, positions et mouvement des astres ; les constellations -ou peut-on mieux les repérer que sur la voûte du planétarium ? - les mouvements apparents, les saisons en accéléré - je garde le souvenir du Soleil de minuit au planétarium du Palais de la Découverte... en 1950 - les phases de la Lune, les éclipses, les rétrogradations des planètes. 3) Le ciel des astronomes, l'Univers en trois ou quatre dimensions, car il évolue, le coquin, les systèmes emboîtés, la Galaxie, les galaxies, les amas, les superamas. Une échelle des durées et un tableau des étapes de l'histoire de l'astronomie ainsi que des données numériques complètent cette brochure. Une documentation exceptionnellement riche à mettre entre toutes les mains des spectateurs de planétarium, avant ou après la séance. C'est magnifique.

L'OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR

Une brochure illustrée de 14 pages qui présente l'histoire de la fondation de l'Observatoire de Nice par R. Bischoffsheim en 1881, la construction de la grande coupole par Garnier et Eiffel (je regrette qu'on n'y rappelle pas en passant la distance focale républicaine de la grande lunette, 1789 cm) et les travaux d'Henri Chrétien. En 1974 crêtaion du CERGA et en 1988 réunion des deux observatoires sous la dénomination "Observatoire de la Côte d'Azur". Suit un rapide panorama de ses activités actuelles : mesure des distances par les techniques laser, mesure de la dimension des étoiles par interférométrie, photos du télescope de Schmidt, étude des mouvements et enfin physique solaire. Une invitation à visiter l'Observatoire.

L'ESPACE, CET AUTRE MONDE

Brochure illustrée de 48 pages par Jean-Pierre Penot; édition Périscope PEMF.

Dans l'esprit des BT de ce même éditeur, les Publications de l'Ecole Moderne Française qui restent justement fidèles à l'enseignement de Freinet, Jean-Pierre Penot qui nous régale de très belles présentations dans Espace-Information, nous donne ici un panorama de l'exploration spatiale telle qu'elle a été pratiquée depuis 1957, ses résultats, les données sur les principales réalisations et les grands projets imaginés. La brochure comporte un index et un glossaire qui soulignent l'effort pédagogique de l'Auteur et de l'éditeur. Quant à la présentation elle est attrayante avec ses photos en couleurs et ses beaux dessins.

Par la même occasion, il faut signaler l'excellent n°47, février 1991 de la revue Espace Information dans lequel J-P. Penot présente un dossier passionnant sur la durée du jour. Pas seulement sur Terre mais aussi sur les diverses planètes ou encore sur la Lune ou sur Phobos ou même sur un satellite artificiel. Ce qui conduit, bien sûr, à rappeler la définition du temps universel. Dans les indications bibliographiques, J.P. Penot qui a de bonnes lectures n'oublie pas de renvoyer à l'étude de Michel Toulmonde "Ah, les couchers de Soleil" (Cahiers Clairaut n°39/40 p51 à 60). Ensemble qui sera complété bientôt par la série de 20 diapositives de Daniel Toussaint, "Les astres se lèvent aussi..." que le CLEA va diffuser dès juin 91 sous la référence D3 (50 F le sachet des 20 diapositives). Un signe que cette conjonction des efforts pédagogiques des PEMF, d'Espace-Information et du CLEA. Vous verrez que l'astronomie ne sera plus ignorée comme avant...

LES DIX ANS DE GNOMON

Le numéro 3 du volume 10 de GNOMON marque le dixième anniversaire de l'A.A.E. (Association for Astronomy Education) qui édite en Angleterre cette revue qui est un peu la soeur d'outre-Manche des Cahiers Clairaut. Notre consœur reproduit aussi "The Universe in the Classroom" qui est éditée par la Société Astronomique du Pacifique (ici, une étude sur le télescope spatial Hubble). Comme toujours GNOMON présente des notes sur les livres récents et des problèmes comme celui-ci :

"On dit qu'un parapluie ouvert par Einstein un jour de beau temps captait assez d'énergie pour faire fonctionner une machine à laver. A partir de cette donnée, calculer une valeur approchée de la perte de masse du Soleil par jour."

Les Cahiers se feront un plaisir de publier la meilleure réponse de leurs lecteurs et ce sera une façon de souhaiter bon anniversaire à l'AAE et à GNOMON.

ETOILES ET CONSTELLATIONS

par A. Benhamouda ; 142 pages, Société Nationale d'Edition et de Diffusion, Alger 1981.

Réédition d'un ouvrage paru en 1951 dans les Annales de l'Institut d'Etudes Orientales et intitulé "Les noms arabes des étoiles". Sur chaque constellation, les noms arabes, grecs et latins ainsi que les anciennes légendes. Donc un précieux ouvrage de référence.

NIELS BOHR

par François Lurçat ; collection "Avant/après", 256 p. ; éd Criterion.

En prenant repère sur Bohr et sur l'évolution de ses idées, l'Auteur nous dresse un panorama de la physique moderne. On sait que le sujet n'est pas facilement vulgarisable. D'où l'intérêt de multiples exposés avec des points de vue variés. La réussite, ici, vient d'abord d'une rédaction claire qui ne cherche pas à camoufler les difficultés mais également de nous faire revivre, à travers l'évolution des idées de Bohr, la genèse des notions "qui dérangent" les vieilles habitudes de pensée.

Je relève, en particulier, la pathétique résistance opposée par Bohr à la notion de quantum de rayonnement (comme on disait avant d'introduire le mot photon) : pour lui, en 1923, il y a incompatibilité entre la notion de photon et le phénomène d'interférence donc de fréquence d'une onde ; ce qu'il exprimait plaisamment : "Même si Einstein m'envoie un télégramme annonçant des preuves irréfutables de l'existence des quanta de lumière, ce télégramme ne me parviendra que grâce aux ondes qui l'auront transmis !" Rien de plus instructif que la résistance d'un esprit comme celui de Bohr à une théorie qu'il considère comme incohérente puisque "sans onde, la fréquence n'a aucune signification".

Le livre de François Lurçat fait réfléchir.

MILEVA EINSTEIN

par Desanka Trbuhovic-Gjuric ; traduit de l'allemand par Nicole Casanova ; 248 p. ; éd Des Femmes.

La vie de la première femme d'Albert Einstein qui la connut lorsqu'ils faisaient ensemble leurs études au Polytechnicum de Zurich. A l'époque, dans nombre de pays d'Europe, les jeunes filles n'avaient pas accès aux universités. Ce qui, en un sens, favorisa la rencontre de Mileva, la jeune étudiante serbe et du jeune étudiant juif allemand. Par contre, cela compliqua leur mariage désapprouvé aussi bien par les parents de Mileva que par les parents d'Albert. Mileva était une excellente mathématicienne alors qu'Albert voyait le monde en physicien. Mileva joua sûrement un rôle dans l'abondante floraison des oeuvres d'Einstein en 1905, la notion de photon, la relativité restreinte, ...L'Auteur de la biographie de Mileva en voit pour preuve le don du rapport financier de son prix Nobel que lui fit Einstein en 1922 alors qu'à l'époque ils étaient séparés. A vrai dire, le problème de la part de Mileva dans les travaux de 1905 n'est pas traité au fond par l'Auteur qui porte plus d'attention au destin personnel de Mileva. Celle-ci resta à Zurich jusqu'à sa mort, fort préoccupée par la santé défaillante de leur second fils Edouard qui mourut en asile psychiatrique.

GLANES

où je rassemble diverses informations recueillies au hasard de lecture plus ou moins heureusement choisies.

- La naissance de la science. Sous ce titre, André Pichot a écrit deux petits livres de poche, folio-essais (Gallimard) sur lesquels il faudra sûrement revenir. Tome 1 : Mésopotamie, Egypte. Tome 2 : Grèce présocratique. Il s'agit donc bien des lointains commencements. Une précieuse source de documentation.

- La vie dans l'Univers, par Jean Heidmann, 113 p., éd Hachette. Le livre est signalé dans le Bulletin de nos amis de l'Observatoire de Genève alors que sa parution m'avait échappé. De même que celle de La vie extraterrestre par J.Cl.Ribes et G.Monnet, 191 p., éd Larousse.

- Nées dans la nuit par M.Cohen, 215 p., éd A.Colin, traite de la formation des étoiles.

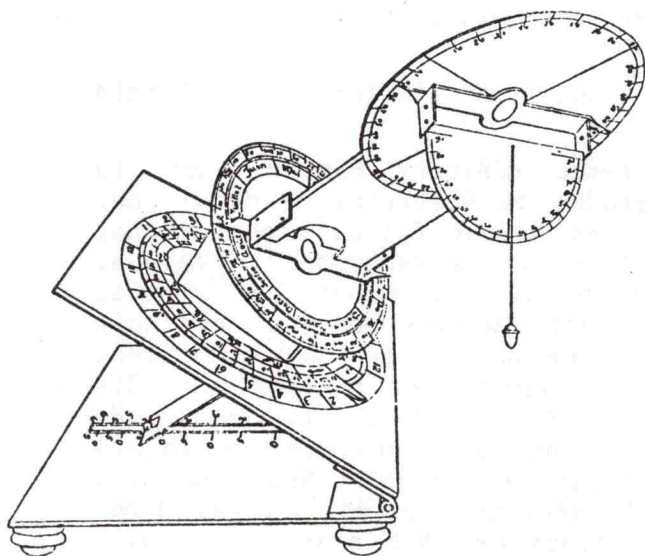
- Holbein et l'astronomie. Un excellent collègue mathématicien, J.Lefort, responsable de l'édition de L'Ouvert à Strasbourg, m'a signalé un joli petit livre de poche que je recommande à l'attention des lecteurs des Cahiers : "Holbein, les Ambassadeurs", collection Médiations, 112 p., éd Denoël/Gonthier (27 F). Il s'agit de l'analyse d'un chef d'oeuvre du peintre, le portrait

de l'ambassadeur de François 1^{er} à Londres, Jean de Dinteville, qui avait étudié l'astronomie, accompagné de Georges de Selve, évêque de Lavaur. L'ambassadeur a choisi de poser devant une collection d'instruments d'astronomie dont un turquet ou torquetum comme on disait à l'époque (1528). La très fine analyse du tableau est accompagnée de deux annexes qui justifient cette intrusion de Holbein dans les Cahiers Clairaut.

La première annexe est la traduction française, par William Desmond du texte anglais du Commentariolus écrit par Copernic entre 1502 et 1514 et que fit circuler Nicolas Kratzer, astronome du roi Henri VIII. En vingt pages, Copernic nous résume son système. Le texte est ici présenté comme étant la première édition en français et comme le livre a été édité en 1977, cette affirmation semble inexacte. En effet, je dois à l'obligeance de Madame J. Alexandre, bibliothécaire à l'Observatoire de Paris, la précision suivante : le texte du Commentariolus, en traduction française de l'original (en latin, bien sûr) a été publié en 1975 dans l'Introduction à l'astronomie de Copernic par H. Hugonnard-Roche, E. Rosen et J.-P. Verdet, éditée par la Librairie Blanchard en 1975. Traduction qui sera revue et corrigée dans le tome 3 des oeuvres de Copernic dans la co-édition du CNRS et de l'Académie Polonaise des Sciences.

La deuxième annexe de ce précieux petit livre est la description du turquet d'après une note de Henri Michel parue en 1944 dans la revue belge Ciel et Terre.

G.W.



DE QUI EST-CE ?

Je recopie cette citation :

"Des soleils s'éteignent et s'encroûtent, des planètes périssent et se dispersent dans les plaines des airs ; d'autres soleils s'allument et de nouvelles planètes se forment pour faire leurs révolutions ou pour décrire de nouvelles routes, et l'homme, portion infiniment petite d'un globe, qui n'est lui-même qu'un point imperceptible dans l'immensité, croit que c'est pour lui que l'univers est fait."

Qui a écrit ce texte ? Je vous pose la devinette. Pour vous guider : ce n'est pas un contemporain, ni un spécialiste d'astronomie. Dépêchez-vous de l'identifier. Le premier à nous l'écrire ganera une brochure du CLEA.

Une nouvelle série de diapositives : LES ASTRES SE LEVENT AUSSI

Sous la référence D3 vient de paraître la nouvelle série de 20 diapositives réalisée par Daniel Toussaint dans le cadre des travaux du GRP du CLEA.

Commandez D3 en adressant un chèque de 50 F à l'ordre du CLEA au secrétaire.

CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

LES MILLE ABONNES . Quand le trésorier, avec la recommandation de Jean-Claude Pecker, est allé expliquer à Madame Favier, chef du département Culture scientifique et technique au Ministère de la Recherche et de la Technologie, que nous dépassions de très peu le millier d'abonnés, notre interlocutrice eut aussitôt l'idée de nous aider à nous faire mieux connaître. Il est en effet évident à nos yeux que parmi tous les enseignants qui exercent de l'école maternelle à l'université, beaucoup qui s'intéresseraient volontiers à l'enseignement de l'astronomie ignorent le CLEA ses Cahiers Clairaut et ses autres réalisations.

Grâce à l'aide du Ministère de la Recherche et de la Technologie, le numéro 53 (printemps 1991) a donc pu être tiré à plus de 5000 exemplaires. Grâce à nos amis de l'APISP, de l'APMEP et de l'UdP qui nous ont fourni des étiquettes avec des adresses de leurs adhérents, nous avons donc diffusé ce numéro auprès de collègues physiciens et mathématiciens. Il est encore trop tôt pour faire le bilan de cette opération promotionnelle. Mais vous tous, chers lecteurs, qui lisez ces lignes, renseignez-vous auprès des Collègues que vous rencontrez sur l'accueil qu'ils ont réservé à cet envoi. Profitez-en pour nous communiquer des noms et adresses de Collègues à qui nous pourrions envoyer un numéro des Cahiers qui lui leur montrerait ce que nous faisons.

Rappelez-vous notre objectif : il faut atteindre les 2000 abonnés avant l'an 2000.

L'ASTRONOMIE A L'ECOLE ELEMENTAIRE . Tous les collègues qui ont commandé le recueil de fiches, référence HS1 dans notre catalogue, l'Astronomie à l'école élémentaire sont justement impatients de le recevoir. Nous avons annoncé ce recueil dès que leurs principaux auteurs nous avaient montré que leur travail était pratiquement achevé. C'était ne pas tenir compte des scrupules des auteurs qui introduisaient des retouches au fur et à mesure que l'expérimentation et la réflexion leur suggéraient diverses améliorations. Inconvénient et avantage d'un travail collectif surtout quand les auteurs sont particulièrement attentifs et minutieux.

La mise au point définitive est enfin achevée et, au moment où est écrite cette chronique, le rendez-vous est pris avec l'imprimeur. A la date du 13 mai, 111 souscripteurs du HS1 sont enregistrés. Les enveloppes avec leurs adresses sont préparées pour l'expédition. ON peut prévoir que celle-ci aura lieu vers la mi-juin.

L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE . Relisez, cher lecteur, la page 3 de la couverture des Cahiers. Pour l'enseignement élémentaire de l'astronomie, nous avons maintenant à notre disposition, un arsenal de moyens pédagogiques spécialement adaptés : les trois transparents pour rétroprojecteur, les deux recueils Hors Série 1 et 2 (en attendant le 3, pour le niveau lycée, qui se mijote doucement) et les diapositives D2 "Phases de la Lune" auxquelles s'ajoutent désormais les vingt diapositives D3 "Les astres se lèvent aussi..." réalisées par Daniel Toussaint.

Un ensemble de moyens didactiques qui ont été expérimentés sur le vif avec des vrais élèves aussi ignorants et doués qu'ils le sont tous.

LES STAGES . Dans le cadre des MAFPEN, quelles sont les académies dans lesquelles il n'y a pas de stage sur l'enseignement de l'astronomie ? Nous n'avons pas les moyens de faire un bilan complet mais nous nous réjouissons du succès de tous les stages dont nous avons les échos, entre autres Grenoble, La Rochelle, Limoges, Montpellier, Nice, etc et même Bordeaux qui n'en avait encore jamais connu.

Une mention spéciale pour l'Association du Planétarium du Collège Valéri à Nice animée par Jeanine Chappelet. Le mercredi 24 avril 1991, elle invitait les enseignants de la région à l'inauguration du Starlab itinérant que gère cette association. Signalons aussi l'initiative des parents d'élèves d'une école primaire de Menton ; les maîtres ne pouvaient disposer de temps dans leurs horaires pour des séances de planétarium, alors les parents ont organisé à leurs frais avec l'aide des animateurs du planétarium du Collège Valéri un "mercredi récréatif" qui fut astronomique.

COMBIEN D'ETOILES VISIBLES A L'OEIL NU?

Une nuit idéalement noire, piquetée de "millions d'étoiles rayonnant dans le sombre azur du dôme céleste" (Chateaubriand, Génie du Christianisme) est un des plus beaux spectacles naturels qu'il nous soit donné de contempler. Mais le poète exagère parfois et le nombre des étoiles visibles à l'oeil nu est bien plus modeste. Combien peut-on en voir au juste par une belle nuit étoilée?

Le problème n'est pas simple. En supposant des conditions optimales: nuit parfaitement sombre, ciel idéalement transparent et oeil complètement adapté à la vision nocturne, il reste un certain nombre de facteurs propres à l'observateur qui rendent difficiles la définition d'une limite au delà de laquelle une étoile devient invisible.

Jusqu'au XIX^e siècle, les astronomes se référaient à la notion de grandeur. Une grandeur n'était qu'une classe dans laquelle on rangeait toutes les étoiles dont l'éclat obéissait à un critère plus ou moins précis reposant généralement sur une impression visuelle. Les étoiles les plus faibles, à peine visibles à l'oeil nu, appartenaient à la 6^e grandeur (6^e gr.).

On définit de façon plus rigoureuse l'éclat d'une étoile par sa magnitude, ce qui revient à un repérage sur une échelle. On admet en général que la magnitude 6 ($m=6$) est la limite au delà de laquelle une étoile n'est plus visible à l'oeil nu. En toute rigueur, on ne peut pas comparer grandeur et magnitude car ces deux notions sont essentiellement différentes.

Les catalogues modernes donnent des magnitudes visuelles tirées de mesures standardisées. Le Catalogue des Etoiles les plus brillantes (Ochsenbein, Acker et al., 1984, appelé "Strasbourg" par la suite) liste 1628 étoiles jusqu'à $m=5$. Par contre, le Star Catalog du Smithsonian Astrophysical Observatory ("SAO") ne donne que 1466 étoiles jusqu'à $m=5$ et 4743 jusqu'à $m=6$. Selon l'Encyclopédie Physique et Spatiale du Bureau des Longitudes (EPS par la suite), il y aurait 1030 étoiles jusqu'à $m=4,7$ et 2940 jusqu'à $m=5,7$. Tous ces dénombrements sont faits à partir de magnitudes visuelles et concernent l'ensemble du ciel.

Ceci étant posé, si on examine les dénombrements anciens par grandeurs, on constate un désaccord important. Selon Flammarion (Astronomie Populaire, 1880), le nombre total des étoiles visibles à l'oeil nu serait de 7189, mais une bonne vue en compterait environ 8000 et une vue moyenne, 5700 seulement. Fabre (Le Ciel, 1867) estime ce nombre à 5000 mais L.Rudaux et G.de Vaucouleurs dans leur Astronomie (1948) en dénombrent environ 6220. Jusqu'à la 5^e gr., Flammarion compte 2389 étoiles, Fabre 1800 et Rudaux et Vaucouleurs environ 2220.

Les dénombrements faits avant l'invention de la lunette pourraient sembler une référence sûre. Les astronomes anciens ne connaissaient ni pollution lumineuse ni pollution atmosphérique et d'autre part, leurs dénombrements ont été vraiment opérés à l'oeil nu et non à partir d'une statistique tirée d'un catalogue. Ils ne concernent évidemment qu'une partie du ciel (en gros, les deux tiers de la sphère totale).

Or une carte chinoise du VII^es. avant J.-C. figure 1460 étoiles (mentionnée par Allen, Star Lore, 1899). Pline l'Ancien (Naturalis Historia) rapporte que les savants "ont observé mille six cents [mille sexcentas] étoiles", toutes remarquables par leurs effets comme par leurs apparences". Quant au catalogue de l'Almageste, il ne donne que 1022 étoiles seulement. Pour l'ensemble du ciel visible à Alexandrie, il y a 959 étoiles jusqu'à la 5^e gr., 1008 jusqu'à la 6^e gr. (s'y ajoutent 9 étoiles "obscuras" et 5 étoiles "nébuleuses"). Beaucoup plus tard, Kepler comptait 1392 étoiles pour l'ensemble de la sphère céleste.

Le tableau I résume quelques-uns de ces dénombrements par grandeurs. Il est clair que la statistique de l'Almageste montre une rupture nette dans sa progression à partir de la 4^e gr. (fig.1). Ptolémée a donc négligé (ou n'a pas vu) de nombreuses étoiles faibles.

: gr.:	F1	Fa	RV	Al
1	18	20	20	15
2	59	65	50	45
3	182	190	150	208
4	530	425	500	474
5	1600	1100	1500	217
6	4800	3200	4000	49
	7189	5000	6220	1008

Tableau [I]: Dénombrements anciens par grandeur. F1:Flammarion (1880) Fa: Fabre (1867); RV: Rudaux(1948) Al: Almageste. Les chiffres de la dernière colonne ne concernent que 2/3 environ de la Sphère céleste.

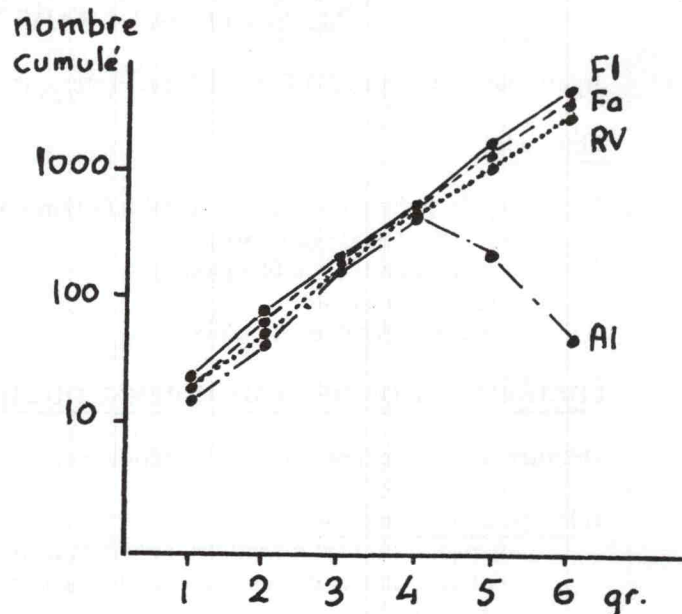


Figure [1]: Insuffisance du dénombrement de l'Almageste à partir de la 4^e gr.

Une raison probable est que des étoiles trop faibles et trop difficiles à observer étaient de peu d'intérêt si on voulait dresser un catalogue qui puisse permettre de détecter par la suite d'éventuels mouvements. De plus, leur faible éclat rend très difficile leur recensement exhaustif. L'expérience montre aussi que des étoiles très faibles, théoriquement détectables à l'oeil nu par ciel très clair, ne sont vues que si l'on sait qu'elles doivent se trouver à cet endroit. Si l'observateur n'a pas consulté une carte auparavant, elles ont toutes les chances d'échapper au regard. Le dénombrement de l'Almageste est donc une sous-estimation et il en est de même de tous les catalogues visuels anciens.

Cependant, en admettant que Ptolémée pouvait observer à peu près les 2/3 de la sphère totale, on peut estimer le nombre d'étoiles visibles à l'oeil nu à environ 1500 pour l'ensemble du ciel, assez proche du nombre estimé par Képler. Cette estimation est également assez proche du dénombrement jusqu'à $m=5$ tiré de Strasbourg et de SAO et serait même tout à fait cohérente si on tient compte du fait que Ptolémée a manifestement négligé de noter des objets faibles.

Ainsi, les dénombrements trouvés dans la littérature sont le plus souvent beaucoup trop optimistes. En revanche, ceux qui sont fondés sur des catalogues visuels anciens sont des sous-estimations. La limite de visibilité doit donc se situer quelque part entre $m=5$ et $m=6$. L'estimation la plus raisonnable paraît être le dénombrement donné par EPS, soit un peu moins de 3000 étoiles visibles jusqu'à $m=5.7$. En définitive, le nombre des étoiles observables dans des conditions normales sans aucune aide optique pourrait bien être de l'ordre de 1500 pour un hémisphère céleste.

J.VIALLE

JUMELAGE PEDAGOGIQUE ENTRE DEUX ECOLES PRIMAIRES POUR DETERMINER LE RAYON DE LA TERRE

CM2 ECOLE DE LA VALLEE BARR Mme SCHNEIDER
CM2 ECOLE DA LA RADE PERROS-GUIREC Mr LOPIN

Intervenant extérieur : JM-PONCELET, Professeur de mathématiques LYCEE DE BARR

Matériel:

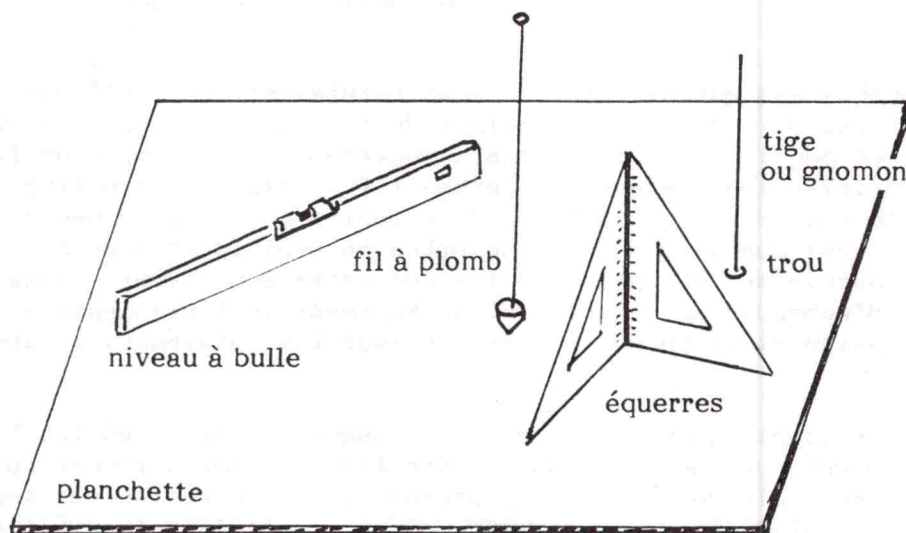
- planchette recouverte de formica.(50 cm x 50 cm, environ)
- tige métallique (20 à 30 cm)
- deux équerres (ou fil à plomb)
- un niveau à bulle
- feutres effaçables et permanents

I DETERMINATION DE LA MERIDIENNE DU LIEU

Méridienne : intersection du plan du méridien avec le plan horizon du lieu.

1) Préparation du matériel :

- percer dans la planchette, au milieu d'un côté, à 10 cm du bord, un trou du diamètre de la tige.
- enfoncer la tige dans le trou, perpendiculairement à la planche (utiliser les deux équerres ou le fil à plomb). (fig 1)
- installer la planchette horizontalement.

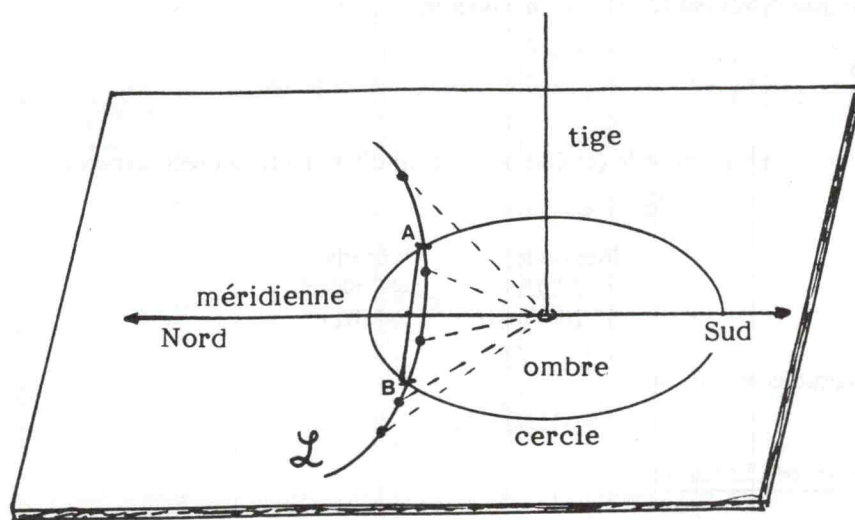


matériel

(fig. 1)

2) Tracé de la méridienne :

- au cours d'une même journée, on marque au feutre effaçable environ toutes les demi-heures (à partir de 9 heures du matin) l'extrémité de l'ombre de la tige sur la planche.
- par la suite, on trace, avec grand soin, la courbe *L* passant par les extrémités des ombres marquées. (fig 2) On trace un cercle de centre O, pied de la tige, coupant la courbe *L*, en A et B.
- la médiatrice de la corde AB, (qui passe par O, bien sûr), est la méridienne du lieu. (Plusieurs tracés de cordes apportent plus de précision)



tracé de la méridienne

(fig. 2)

3) Compte-rendu :

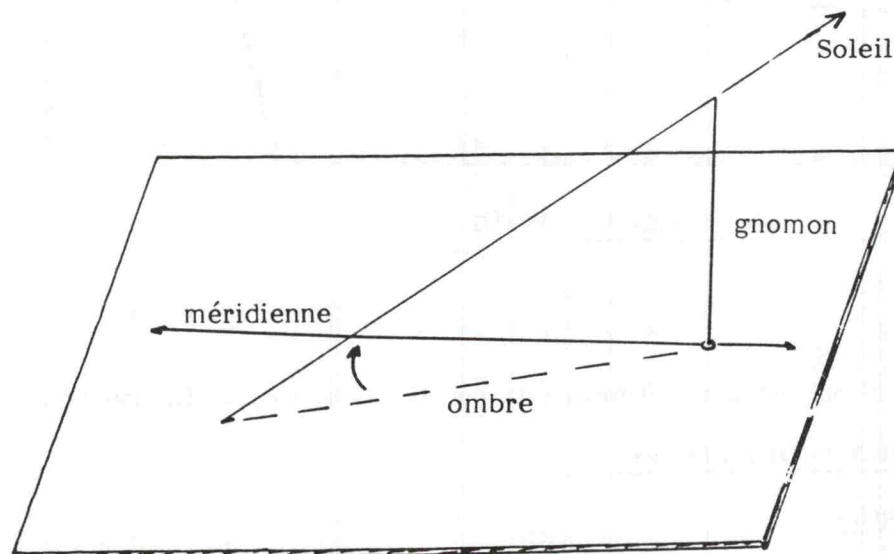
Mars 1990, les élèves de Barr réalisent cette manipulation dans la cour de leur école. Chaque élève en fait un compte-rendu. Le meilleur est envoyé aux élèves de Perros

Mi-avril, les méridiennes des deux lieux sont tracées.

Par la suite, on peut effacer sur la planchette les tracés ayant servi à la construction de la méridienne. Celle-ci est alors tracée au feutre permanent. La position de la planchette étant repérée au sol, il est alors possible de l'enlever en fin d'expérience et de la repositionner par la suite.

II HEURE DE PASSAGE DU SOLEIL AU MERIDIEN

1) Le même jour (fixé à l'avance), dans les deux villes, on note l'heure de passage du Soleil dans le plan du méridien local. Pour cela on attend la superposition de l'ombre de la tige et de la méridienne. (fig. 3)



Détermination du midi vrai (fig. 3)

Résultats obtenus:

Le 27-04-90 BARR 13 h 26 min (à 1 mn près)

PERROS 14 h 10 min (à 1 mn près)

Différence : 44 min

La différence de longitude entre les deux villes est donc de 44min de temps, soit 11° d'angle.

2) Conversion : tableau de proportionnalité : $15^\circ = 1 \text{ h} = 60 \text{ min}$

degré	15	1	11
minute de temps	60	4	44

3) Vérification : les élèves sont envoyés en ville (mairie ou syndicat d'initiative) à la recherche des coordonnées locales.

	longitude	latitude
au S.I. de BARR	$7^\circ 27' \text{ Est}$	48° Nord
à la mairie de PERROS	$3^\circ 27' \text{ Ouest}$	48° Nord

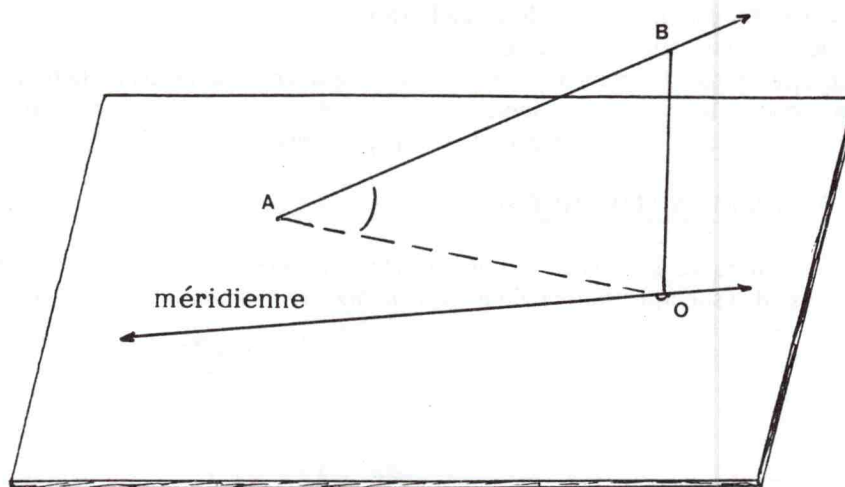
soit une différence des longitudes de $:10^\circ 54'$.

Optons pour : 11°

4) Hauteur du Soleil au dessus de l'horizon :

Le 28-04-90, on repère sur la planchette l'extrémité de l'ombre de la tige à 44 minutes d'intervalle entre les deux villes: 14h30 à Barr et 15h14 à Perros. - (fig. 4)

On mesure la longueur OB de la tige et la longueur OA de son ombre. Chaque élève reproduit sur une feuille (échelle 1) le triangle AOB. Chacun mesure alors au rapporteur l'angle OAB qui représente la hauteur du Soleil au dessus de l'horizon à l'heure choisie.



Hauteur du Soleil - (fig 4)

BARR : 51° environ

PERROS : 50° "

Conclusion : les deux villes ont la même latitude:elles sont pratiquement sur le même parallèle.

III CALCUL DU RAYON DE LA TERRE.

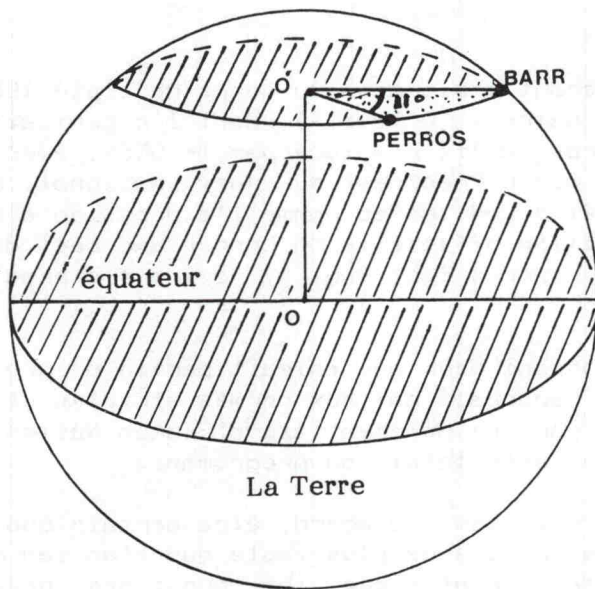
1) Distance Barr-Perros.

Sur une carte de France, on mesure la distance séparant à vol d'oiseau les deux villes : 13,4 cm

Echelle: 1/6 000 000

Résultat: 804 km

2) Périmètre et rayon du petit cercle-parallèle 48°



Parallèle 48°

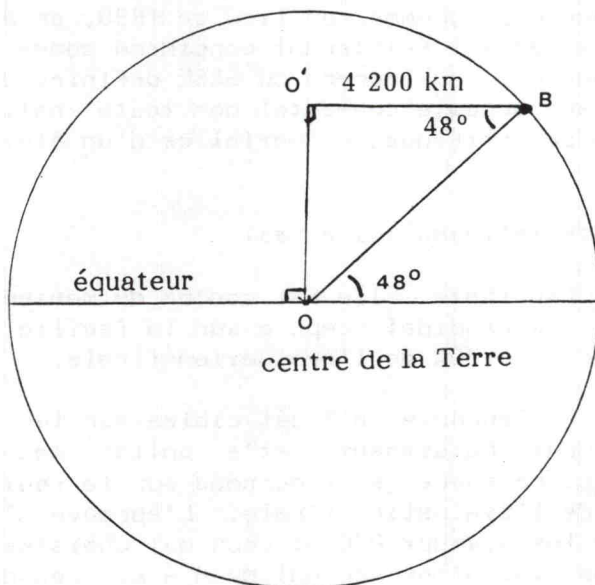
T de P		
deg	11	360
km	804	P

P: périmètre: $P = (360 \times 805) / 11 = 26310$

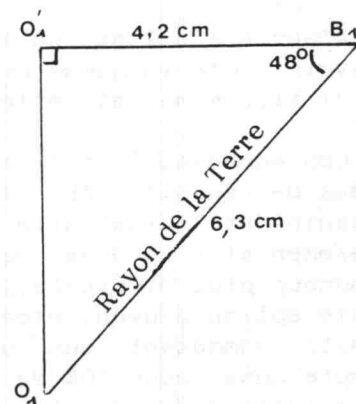
calcul du rayon:

$$r = P / 2 \times \pi = 4200 \text{ km}$$

3) Rayon de la Terre



On reproduit à l'échelle
1/100 000 000 le triangle
rectangle OO'B :
1000 km ---- 1 cm
4200 km ---- 4,2 cm



Détermination du rayon de la Terre

On mesure sur le dessin la longueur du côté $O'B_1$:

$O'B_1 = 6,3 \text{ cm}$ (moyenne des mesures effectuées par les élèves).

D'où : $R = 6300 \text{ km}$ (rayon de la Terre)

L'OPTION "ASTRONOMIE" DANS LE NOUVEL EXAMEN
DE FIN D'ETUDES SECONDAIRE (GCSE)

Frank FLYNN (*)

Ce nouvel examen existe depuis maintenant trois ans. Au cours de l'été 1988, l'ancien examen de fin d'études secondaires ("O level"), dont l'organisation était confiée à l'Université de Londres, a été remplacé par le GCSE, avec un programme provisoire, et j'ai alors été nommé Président du Jury National. Les commentaires qui vont suivre doivent être considérés comme l'expression d'une opinion personnelle et non comme la position officielle du London and East Anglia Group (LEAG: Groupement Académique Londres-East Anglia) qui est chargé de l'organisation de cet examen.

Le programme provisoire en vigueur pendant deux ans faisait partie du groupe de sujets "Etudes Nautiques" mais il ne répondait pas aux normes strictes définies pour l'enseignement scientifique par les Référentiels d'Examen Nationaux et pour cette raison, on entreprit une refonte totale du programme.

Il y avait plusieurs raisons à cette révision. D'abord, être certain que le cursus touchait un public de candidats en puissance plus vaste que l'ancien GCE "O level" et le GCSE provisoire; ensuite, garantir que les questions posées étaient conçues de manière à éviter tout bachotage et permettaient d'évaluer une gamme de compétences plus large, par exemple, savoir établir des relations entre phénomènes, savoir tirer des conclusions d'un ensemble de données présentées sous diverses formes, être capable d'émettre des hypothèses sur un sujet particulier. On convint, pour l'ensemble des options du Groupe Sciences, de recourir à des épreuves différenciées pour prendre en compte toute la gamme des compétences et de donner un poids très fort au travail sur un projet personnel.

La première session régie par le nouveau programme eut lieu en 1990, en été. Il est important de souligner que cet examen est maintenant considéré comme un examen scientifique à part entière, conforme aux normes du GCSE définies dans les Référentiels Nationaux, et qu'il sera accepté comme tel par toute institution cherchant à évaluer les aptitudes scientifiques potentielles d'un élève à partir des résultats obtenus au GCSE.

Le nouvel examen présente les caractéristiques suivantes:

L'épreuve n°1 est subie par tous les candidats. Elle est conçue de manière à couvrir toute la gamme des compétences; le candidat compose sur la feuille de sujet elle-même, et cette épreuve compte pour 30% de l'évaluation finale.

Les épreuves 2 et 3 sont des options. L'épreuve n°2 est ciblée sur les niveaux de réussite D/E, et les candidats qui choisissent cette option peuvent obtenir des "notes" allant de C à G. Les réponses sont données sur la feuille d'examen et l'épreuve représente 40% de l'évaluation finale. L'épreuve n°3, beaucoup plus difficile, est ciblée sur les niveaux B/C et ceux qui choisissent cette option peuvent espérer obtenir une évaluation variant de A à E. Les candidats composent sur une copie distincte de la feuille de sujet et l'épreuve compte aussi pour 40% de l'évaluation finale. Les 30% restant sont réservés à l'évaluation du projet (coursework).

Comme dans tout examen fondé sur des épreuves différenciées, le candidat a tout intérêt à choisir soigneusement les types d'épreuve qui lui conviendront le mieux. La difficulté évidente est que bon nombre de nos candidats sont autodidactes en matière d'astronomie ou bien n'ont reçu que quelques conseils de la part d'un professeur bien intentionné mais enseignant une autre discipline. Ces candidats n'ont pas reçu le soutien pédagogique qu'ils auraient pu trouver dans une classe de Sciences normale, et ils peuvent éprouver quelques difficultés à

évaluer leurs propres capacités. Il est tout à fait possible qu'un candidat "moyen" choisissant l'une quelconque de ces options réussisse également dans l'une comme dans l'autre, mais un candidat vraiment brillant aura évidemment intérêt à choisir l'épreuve de type 3 pour tenter d'obtenir un niveau B ou A, qu'il ne pourrait espérer obtenir dans une épreuve de type 2 dont le niveau est plafonné à C. Inversement, un candidat moins brillant ne réussira pas bien une épreuve de type 3 et pourra même peut-être descendre au niveau E ou moins alors qu'il réussira de façon plus motivante dans une épreuve de type 2 plus facile, bénéficiant ainsi d'une évaluation plus réaliste.

Avec le recul de trois années d'expérience, il semble que nos candidats se répartissent en trois groupes différents:

- le "scientifique" en puissance, typiquement en classe de Première de l'enseignement long, qui prépare le GCE "A level" en Sciences et prend l'Astronomie en option supplémentaire (ces élèves constituaient le public traditionnel du "O Level", option Astronomie).

- des candidats individuels mais fortement motivés (souvent reconnaissables à leur maturité et à la qualité exceptionnelle de leur projet).

- et enfin, fait nouveau et tout à fait sympathique, une population d'élèves plus jeunes, probablement issus de 3^e ou de 2^{nde} à dominante scientifique. Ces élèves tendent à faire preuve de niveaux de compétence variés mais ils ont pour eux le fait d'avoir reçu un enseignement de groupe par un maître manifestement très motivé.

Un mot du projet, pour terminer. Dans la nouvelle structure mise en place, il est obligatoire de présenter cinq travaux, au mois de mai de l'année où on passe l'examen. Au moins deux d'entre eux doivent être choisis dans une liste de propositions intitulée "Observations: oeil nu, telescope, photo" et au moins un dans une liste "Activités de construction, dessin graphique, calcul". Des projets individuels, respectant l'esprit de la liste, peuvent être soumis pour évaluation. Chacun est évalué en fonction de critères très diversifiés et les cinq travaux regroupés comptent pour 30% de l'évaluation finale. Les projets sont généralement de bon niveau, et il y a même eu des prestations particulièrement convaincantes. Le travail est d'abord évalué par un jury de professeurs locaux et leur évaluation est ensuite examinée par un Jury National jouant un rôle de modérateur pour sauvegarder l'homogénéité des résultats des différents Centres.

Nous disposons à présent de 60 Centres présentant des candidats et répartis sur l'ensemble du territoire national, plus quelques Centres à l'étranger. Le nombre de candidats présentés varie, selon les centres, de un à deux candidats seulement à des groupes de taille appréciable.

De plus amples détails sur les programmes et sur les sujets des sessions précédentes peuvent être obtenus auprès du Service des Examens à l'adresse suivante:

East Anglian Examination Board (for LEAG)
"The Lindens", Lexden Road,
Colchester, Essex CO3 3RL

A propos des manuels et des ressources pédagogiques, le livre récent de Patrick Moore: "L'Astronomie au GCSE" sera sans nul doute une aide précieuse. Le texte est très facile à lire, tout à fait adapté au niveau de l'examen et il couvre les points essentiels du programme. Mais il paraît souhaitable que les candidats consultent une gamme de ressources plus élargie et le Service responsable de l'examen peut fournir une bibliographie.

COMMENTAIRE: LE SYSTEME EDUCATIF BRITANNIQUE

Le système éducatif britannique est très décentralisé et seuls les objectifs et programmes sont nationaux ("National Criteria"). Jusqu'en 1988, la fin des études secondaires était sanctionnée par le célèbre GCE ("General Certificate of Education") qui se passait à deux niveaux: "O level" (O pour "Ordinary") pour les élèves de "Lower Sixth" (à peu près nos classes de Premières) et un an plus tard le "A level" (A pour "Advanced") pour les élèves de "Upper Sixth" (soit la Terminale).

Les élèves passaient un ensemble d'examens, en combinant "O" et "A Levels" selon les poursuites d'études envisagées. Par exemple, pour entrer dans telle Université, il fallait réussir un bon "A Level" en Mathématiques et en Physique et un "O Level" en Langue Etrangère. Les élèves les moins brillants passaient plusieurs "O Levels" ou devaient se contenter d'un simple CSE (Certificat de Fin d'Etudes Secondaires).

Depuis cette année, le GCE "O Level" et le CSE ont été regroupés en un seul et unique examen: le GCSE ou "General Certificate of Secondary Education" qui comprend un ensemble de matières obligatoires et des options facultatives comme l'Astronomie (entre autres).

Les copies d'examen sont évaluées non par une note chiffrée comme chez nous mais par une lettre (de A, le meilleur à G, le plus faible) qui sanctionne un niveau atteint. Les épreuves sont souvent différenciées, c'est à dire que le candidat peut choisir une épreuve plus facile mais ne pourra alors dépasser un certain niveau: par exemple, une épreuve ciblée sur les niveaux D-E ne permettra pas d'obtenir mieux que C. Le candidat est donc en principe maître de la stratégie qu'il appliquera pour réussir son examen. En principe seulement, car certaines écoles soucieuses de leur réputation préfèrent inscrire d'office leurs élèves à tel ou tel type d'épreuve.

On remarquera que le principe de l'examen est tout à fait novateur: ainsi, le jury constate un niveau de réussite si modeste soit-il ("level of achievement") mais non l'incapacité à atteindre une barre théorique ("level of failure"). Bien entendu, l'élève qui collectionnerait des "G" au GCSE devrait sérieusement remanier son projet d'études car il se verrait fermer de nombreuses portes. On espère ainsi l'inciter à prendre en charge son apprentissage et sa réussite, tendance qui commence à se manifester chez nous (cf. les directives et textes récemment parus au B.O.).

On remarquera aussi que les résultats obtenus dans les divers centres sont soumis à une harmonisation nationale afin de conserver l'homogénéité des résultats.

J.VIALLE

(*) L'auteur, le Dr Frank Flynn, est Président du Jury National de l'option "Astronomie" au GCSE et membre de l'AAE (Association pour l'enseignement de l'Astronomie). Il réside à Bury St Edmunds, mais jusqu'en juin 1991, son adresse sera: Rehovat, Jerusalem. Cet article a été publié dans GNOMON, Newsletter of the Association for Astronomy Education, 10, Automne 1990. On notera que le système éducatif britannique étant très différent du nôtre, les traductions proposées pour les noms d'institutions citées dans l'article sont évidemment des équivalences approximatives.

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 PEDAGOGIQUES 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 ANIMES 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 POLYCOPIES 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 UNIVERSITES D'ETE 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 syst-me 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 Hauguél, 92240 Malakoff

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