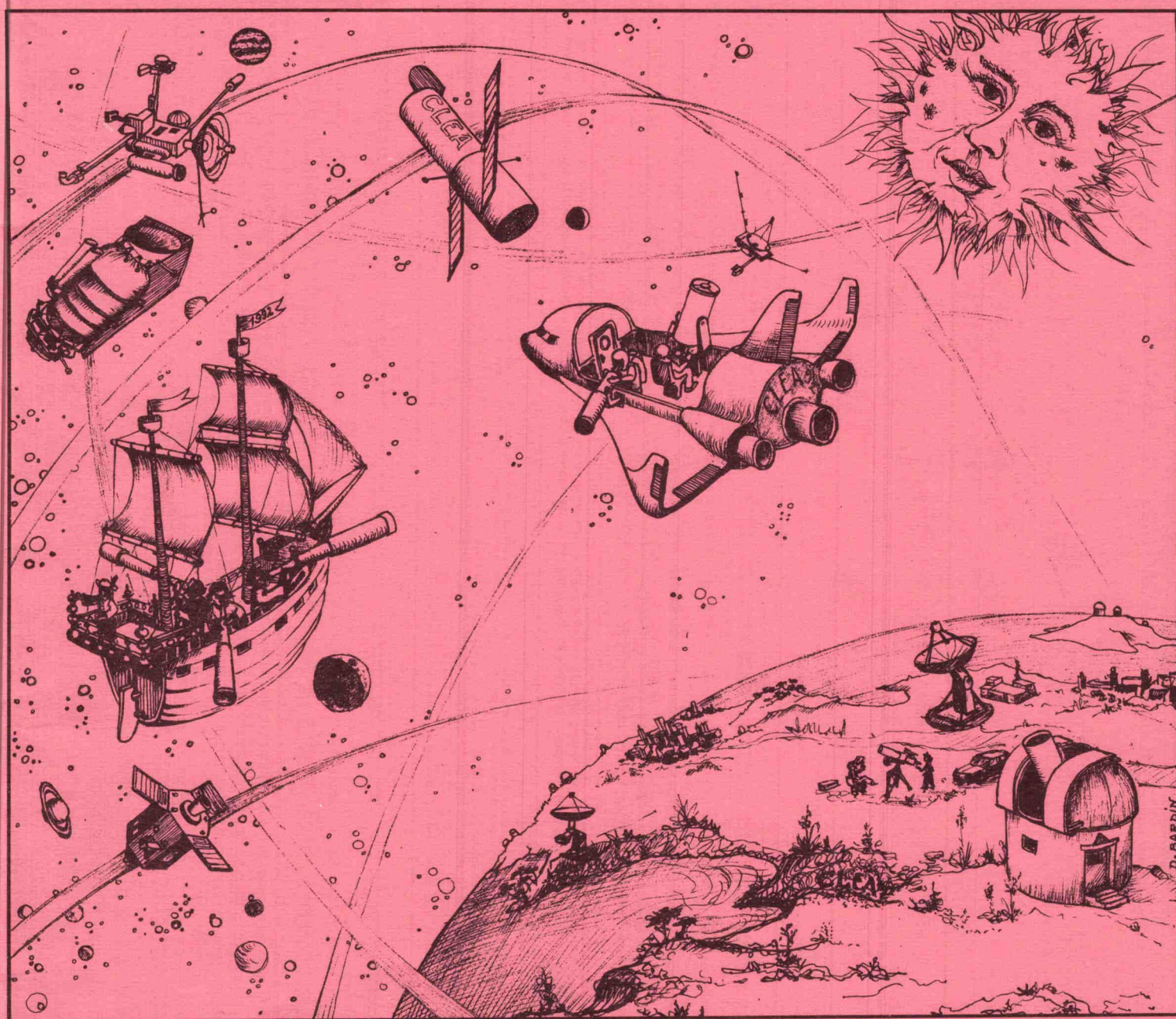


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 58 - ETE 1992

ISSN 0758-234 X

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

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

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

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

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

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

Bureau du CLEA pour 1992

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

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

Été 1992

	page
Pour une histoire de la Galaxie.....	2
Observation de la marche du Soleil au cours de la journée.....	7
Mesurez la durée de l'année au 1 : 25 000 !	12
Le Célescope	14
Les potins de la Voie Lactée : A la recherche de planètes	17
Au clair de la Lune ! en première S.....	22
Astronomie au Collège	29
Une rencontre avec l'ami Darrel	31
Lectures pour la Marquise	33
A propos du cycle de Méton et du Nombre d'Or	36
Une expérience pour illustrer les saisons	39
Chronique du CLEA - Courrier des Lecteurs	40

EDITORIAL

Nous ouvrons ce numéro avec un nouveau "feuilleton" historique de notre cher K. Mizar. Suivent plusieurs contributions de Roland Szostak : le compte rendu d'une activité développée pendant l'Université d'été de 1990 suivie d'une nouvelle application portant sur la mesure de la durée de l'année. Notre ami de l'Université de M  nster est également l'auteur de la nouvelle série de diapositives D6 publiées par le GRP-CLEA "Une expérience pour illustrer les saisons".

Nous sommes heureux d'avoir reçu plusieurs contributions portant sur des expériences pédagogiques intéressantes. Bernard Melguen décrit son Célescope, qu'il avait déjà présenté lors de l'Assemblée Générale de Marseille ; nous avons été nombreux à l'apprécier, et certains d'entre nous se le sont déjà procuré. Martine Janvier et Monique Lubineau nous racontent une jolie expérience d'un travail pluridisciplinaire au collège et Francis Berthomieu un travail mené sur la Lune en première S. Toujours fidèle aux Cahiers, Paul Perbost nous parle du cycle de Méton et du Nombre d'Or. Gilbert Walusinski nous relate la dernière rencontre des membres du Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA avec Darrel Hoff, coresponsable du projet STAR à l'Université de Harvard.

Merci à eux tous. Merci aussi à la Société Astronomique du Pacifique qui nous a fourni le Potin de la Voie Lactée sur la recherche de planètes.

Bonne lecture, et bon été à tous !

La Rédaction

POUR UNE HISTOIRE DE LA GALAXIE

Est-ce parce que nous sortons à peine des élections cantonales et régionales ? Les structures hiérarchisées nous sont familières, aussi bien dans l'organisation administrative du pays que dans les groupements naturels des astres de notre environnement. La Terre et la Lune, c'est notre quartier, il est fréquenté par une foule de satellites artificiels. Notre village, c'est le système solaire, notre maire brille de tous ses feux. Les étoiles voisines constituent notre canton ou notre département selon que nous sommes plus ou moins stricts sur la notion de voisinage (ce n'est pas le voisinage au sens de la topologie). L'échelon suivant, la Galaxie, notre région. Les galaxies de l'amas local, notre nation ; les autres amas de galaxies les autres nations qui parfois se groupent en communautés ou en super amas. En astronomie, il n'y a pas de "Nations Unies", il y a l'Univers dans son ensemble, plus facile à nommer qu'à bien concevoir car puisqu'il est en expansion, nous le saisissons plus tel qu'il devient plutôt que tel qu'il est. Insaisissable ?

Les journaux nous disent que les Français connaissent mal leurs régions (du point de vue administratif) ; ils ne savent pas toujours exactement quels départements les constituent. Rien d'étonnant ! N'a-t-il pas fallu des siècles pour que notre appartenance à la Galaxie parvienne à notre conscience ? Comment cette notion s'est-elle formée ? A partir de quelles observations, de quelles mesures, de quelles réflexions ? C'est une longue histoire dont je voudrais explorer quelques étapes.

LA VOIE LACTÉE

"Le monde doit être admiré avant d'être compris."
Gaston Bachelard

"Il y a vingt cinq siècles peut-être, sur les bords de la mer divine, où le chant des aèdes venait à peine de s'éteindre, quelques philosophes enseignaient déjà que la Matière changeante est faite de grains indestructibles en mouvement incessant, Atomes que le Hasard ou le Destin auraient groupés au cours des âges selon les formes ou les corps qui nous sont familiers. Ni Moschus de Sidon ni Démocrite d'Abdère ou son ami Leucippe ne nous ont laissé de fragments qui permettent de juger ce qui, dans leur oeuvre, pouvait avoir quelque valeur scientifique."

(Jean Perrin, Les Atomes, 1912)

Suivons l'exemple de Jean Perrin, rappelons que Démocrite, au cinquième siècle avant notre ère, formula déjà l'idée que la Voie Lactée était constituée d'étoiles. Mais rien ne pouvait lui prouver qu'il avait deviné juste. Alors, pour commencer, admirons.

Avec Flammarion, p.805 de son Astronomie Populaire :
"Aux heures calmes et silencieuses des beaux soirs, quel est le regard pensif qui ne s'est pas perdu dans les vagues méandres de la Voie Lactée, dans la douce et céleste clarté de cette arche lumineuse qui semble appuyée sur deux points opposés de l'horizon et s'élève plus ou moins dans le ciel suivant le lieu de l'observation et l'heure de la nuit ? Tandis qu'une moitié se montre au-dessus de l'horizon, l'autre s'abaisse au-dessous, et si l'on enlevait la Terre ou si on la rendait transparente, on verrait la Voie Lactée complète sous la forme d'un grand cercle faisant le tour entier du ciel."

Flammarion se demande alors - l'édition de son livre date de 1880 - si l'étude scientifique de ce merveilleux objet ne serait pas l'amorce d'une réflexion fructueuse sur la structure de l'Univers. Vision prophétique mais à l'époque c'était encore prématuré et dans son livre

"Les Etoiles et les curiosités du ciel" qui date de 1882, il s'en tient à la même description enrichie de quelques rappels légendaires :

"Une vaste trainée blanchâtre s'élève comme une arche aérienne à travers la voûte étoilée ; l'oeil y découvre des irrégularités bizarres : ici, elle coule comme un fleuve céleste dans un lit étroit et monotone ; là, elle se divise en deux branches qui vont se séparant l'une de l'autre ; plus loin, elle paraît se déchirer en lambeaux, comme une toison légère cardée par les vents du ciel. Les gracieuses légendes de la mythologie voyaient là des gouttes de lait tombées du sein de Junon lorsque Hercule rassasié détourna ses lèvres du sein qui lui était offert ; la poésie égyptienne saluait en elle un chemin éthéré conduisant à la demeure des dieux ; les historiens des vieilles traditions prétendaient y reconnaître la trace de l'incendie allumé par Phaéton lorsque le char du Soleil, mené par ce conducteur novice, glissa obliquement dans les cieux et faillit embraser l'univers. A l'époque où l'on croyait le firmament solide, on y voyait la soudure des deux hémisphères célestes, et naguère encore les chrétiens mystiques croyaient y deviner le chemin des âmes vers les mystérieuses régions de l'éternité."

Ce rôle de Phaéton dans l'organisation du ciel était cité par Lucrèce (De la Nature, livre V) :

"Le feu en effet fut vainqueur, et de ses langues de flamme consuma mainte partie du monde, lorsque écartant Phaéton de sa route, l'ardeur emportée des chevaux du Soleil le traîna dans le ciel et par toutes les terres. Mais alors le Père tout-puissant des dieux, saisi d'un violent courroux contre l'ambitieux Phaéton, d'un coup soudain de sa foudre le renversa de son char et le jeta sur la terre ; et le Soleil, allant à sa rencontre, recueillit dans sa chute l'éternel flambeau du monde, ramena les chevaux échappés, les attela tout frémissants encore, et les faisant rentrer dans leur route, rendit la vie à tous les êtres, une fois maître du gouvernement. C'est du moins ce qu'ont chanté les vieux poètes grecs. Mais une telle fable s'écarte par trop de la vérité..."

La fable du lait de la déesse n'est sans doute pas plus vraisemblable. Au moins a-t-elle l'avantage de justifier le qualificatif "Lactée" sans expliquer le substantif "Voie". Je n'ai trouvé nulle part d'indication même approximative sur l'époque à partir de laquelle la dénomination "Voie Lactée" est devenue familière aux astronomes.

Je risque une explication. Dans le livre de Otto Neugebauer, Les sciences exactes dans l'Antiquité, je lis au chapitre V sur "l'Astronomie babylonienne" que deux textes dits mul apin, dont la plus ancienne copie date de 700 ans av J-C, les étoiles sont réparties en trois "voies" dont la moyenne est une ceinture équatoriale d'environ 30 degrés de large. "Voie" serait donc ici à peu près synonyme de zone sphérique. Alors pourquoi pas, dans cette tradition, "Voie Lactée" pour cette zone d'apparence laiteuse ?

On n'était pas tellement assuré que ce fut un objet céleste. Dans sa Meteorologica, Aristote comprend l'étude des météores, des météorites, des comètes et de la Voie Lactée, tous considérés comme objets sublunaires. Je ne veux pas laisser croire que je fréquente assidument les textes d'Aristote, c'est par hasard que je trouve cette remarque en cherchant autre chose dans le tome 3 de Science and Civilisation in China par Joseph Needham.

Car je suis certain de puiser à bonne source quand j'ouvre ce magnifique ouvrage. Ecoutez plutôt cette histoire d'un savant chinois du quatrième siècle de notre ère : Ko Hung avait bien remarqué la corrélation entre les positions de l'ensemble Soleil Lune et les variations d'amplitude des marées. Il avait pourtant imaginé une autre explication possible des marées : la mer aurait été attirée vers le fond, d'où la basse-mer, lorsque

la Voie Lactée, par effet du mouvement diurne, passait de l'autre côté de la Terre. Et là, plus de relation entre la fréquence des grandes marées et la lunaison. Reconnaissons pourtant que l'idée de Ko Hung était originale et il me plaît de la joindre au florilège de la Voie Lactée.

Il ne sera pas le dernier à attribuer à la Voie Lactée des vertus extraordinaires. Ne répète-t-on pas que les pèlerins, en route pour Saint-Jacques de Compostelle, étaient guidés dans leur pérégrination par la Voie Lactée ? Devaient-ils au cours de la nuit, changer de direction pour obéir au mouvement diurne ? Ne se fiaient-ils pas à des guides plus sûrs ?

UNE NOUVELLE FENETRE S'OUVRE

Tout au long des siècles obscurs, on contemple ou bien on navigue. Les Arabes enrichissent notre cartographie du ciel, les Chinois repèrent des "étoiles invitées", des novae ou des supernovae comme celle qui deviendra la nébuleuse du Crabe. Le 11 novembre 1572, Tycho Brahé découvre une nova dans Cassiopée. Mais rien de nouveau au cours de ces siècles sur la Voie Lactée jusqu'en 1609 quand Galilée a l'idée géniale de diriger sa lunette d'approche conçue pour aider les marins de la marine à voile, vers le ciel, alors Galilée ouvre une nouvelle fenêtre sur le monde.

Il raconte ses découvertes dans le Sidereus Nuncius, "Le Messager Céleste", qui paraît en mars 1610. Une courte brochure sans prétention dont il faut relire l'introduction :

"Grandes, en vérité, sont les choses que dans ce court traité je propose à l'observation et à la contemplation de ceux qui étudient la nature. Grandes, dis-je, et par l'excellence de la matière traitée et par la nouveauté insoupçonnée au cours des siècles, enfin par l'instrument grâce auquel elles se sont révélées à notre vue.

Sans doute est-il important d'ajouter à l'immense multitude des étoiles fixes qui pouvaient s'apercevoir jusqu'à présent par la faculté naturelle, et d'en révéler d'autres innombrables, jamais vues auparavant, qui dépassent plus de dix fois le nombre des étoiles anciennes et connues.

Quel spectacle merveilleux et émouvant de voir le corps lunaire, éloigné de nous d'environ soixante rayons terrestres, se rapprocher tellement qu'il ne semble plus qu'à deux rayons de distance. Son diamètre nous apparaît presque trente fois, sa surface presque neuf cents fois et son volume presque vingt-sept mille fois plus grand qu'à l'oeil nu. Ainsi l'évidence sensible fera connaître à tous que la Lune n'est pas entourée d'une surface lisse et polie, mais qu'elle est accidentée et inégale, et, tout comme la surface de la Terre, recouverte de hautes élévations et de profondes cavités et anfractuosités.

En outre, il n'est pas superflu, semble-t-il, d'avoir éliminé les controverses sur la Voie Lactée, et d'en avoir révélé aux sens, comme à l'intelligence, la véritable nature. Quant à ce que les astronomes ont appelé jusqu'ici les nébuleuses, il sera intéressant et très beau d'en faire toucher du doigt la substance, si différente de celle qu'on lui a jusqu'ici attribuée."

Mais ce qui passe en merveille toute imagination, pour Galilée et pour ses contemporains, c'est la découverte des quatre astres errants qui circulent autour de Jupiter. Un bon tiers de la brochure détaille les mouvements de ces satellites. Pour ce qui concerne notre problème, celui de la Voie Lactée, Galilée insiste surtout sur cette propriété de

la lunette d'augmenter de façon considérable le nombre des étoiles visibles. "Et pour donner une idée de leur nombre inconcevable, j'ai reproduit, dit-il, le dessin de deux constellations, afin que, par comparaison, on puisse juger des autres." Voici la reproduction des deux dessins de la Ceinture d'Orion et des Pléiades :

Cinguli et Ensae ORIONIS Asterismus.



PLEIADUM CONSTELLATIO.



Enfin, voici ce qu'il écrit sur la Voie Lactée :

"En troisième lieu, ce qu'il nous a été donné d'observer, c'est l'essence ou mieux la matière dont est constituée la Voie Lactée, telle qu'elle apparaît au moyen de la lunette ; et ainsi, toutes les discussions qui, pendant tant de siècles, ont partagé les philosophes, prennent fin devant la certitude qui s'offre à notre vue, et grâce à quoi nous sommes libérés des disputes verbeuses. La Voie Lactée n'est autre, en effet, qu'un amas d'innombrables étoiles disséminées en petits tas : quelle que soit la région dans laquelle on dirige la lunette, aussitôt se présente à la vue un nombre considérable d'étoiles, dont plusieurs se montrent grandes et distinctes ; mais la multitude des petites étoiles demeure complètement indiscernable."

Galilée, on le comprend, est en admiration devant les possibilités ouvertes par la lunette. Il croit même qu'elle permettra de mesurer la distance des étoiles (en un sens, il a raison mais il faudra attendre les lunettes à oculaire convergent et les montures de précision qui ne seront réalisées que plus de deux siècles plus tard).

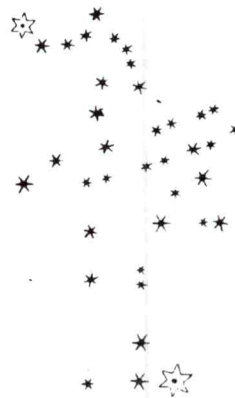
Galilée ajoute enfin une remarque intéressante sur la présence des objets "nébuleux" : "Ce que les astronomes ont appelé jusqu'ici les nébuleuses sont des agrégats de petites étoiles, admirablement disséminées. Tandis que chacune d'elles, par suite de sa petitesse ou plutôt de son très grand éloignement, échappe à notre regard, l'interférence de leur rayonnement produit cette lueur que l'on a prise jusqu'à présent pour une partie plus dense du ciel, propre à réfléchir les rayons des étoiles ou du Soleil. Nous en avons observé quelques-unes, et nous avons voulu donner ici la description de deux d'entre elles.

La première représente une nébuleuse dans Orion dans laquelle nous avons compté vingt et une étoiles ; la seconde, une nébuleuse appelée Praesepe située dans la constellation du Cancer. ce n'est pas seulement une étoile, mais un agrégat de plus de quarante étoiles. Nous en avons reproduit trente-six, en dehors des deux Anons."

NEBULOSA ORIONIS.



NÉBULOSA PRAESEPE.



Galilée est très prudent quand il pense que la petitesse des étoiles peut être due à leur très grande distance. Mais il se trompe quand il pense que toute nébulosité sera résoluble en étoiles.

Retenons cependant ce coup d'oeil génial sur la Voie Lactée à la fin de l'année 1609. Une date qui ouvre l'âge d'or de l'astronomie d'observation. Et, pour les astronomes, la Voie Lactée, si elle ne présente plus de mystère est riche de problèmes ... que la suite de notre feuilleton tentera de décrire.

(à suivre)

K.Mizar

"Il faut enseigner l'observation, moins chère que l'expérimentation. Rien de tel qu'une ballade géologique pour cela ; la télévision, elle, est dangereuse car le zoom est fait pour le spectateur et non par lui. Je rappellerai le cas d'Ekman qui remarqua l'effet du vent sur les blocs de glace de la Baltique : les blocs ne vont pas exactement dans la direction du vent, mais un peu plus à gauche. Ekman observa puis expliqua ce fait bizarre par un effet de la rotation de la Terre. L'observation peut s'apprendre dans chaque science naturelle."

Pierre-Gilles de Gennes
prix Nobel de Physique

(extrait d'une déclaration, lors du colloque
Les objectifs de la formation scientifique
Ecole Polytechnique, avril 1990)

OBSERVATION DE LA MARCHE DU SOLEIL AU COURS DE LA JOURNEE

Cet atelier repose sur des observations extrêmement simples. Les participants étaient invités à effectuer de courtes observations pendant quelques jours. La participation a été très active et enthousiaste.

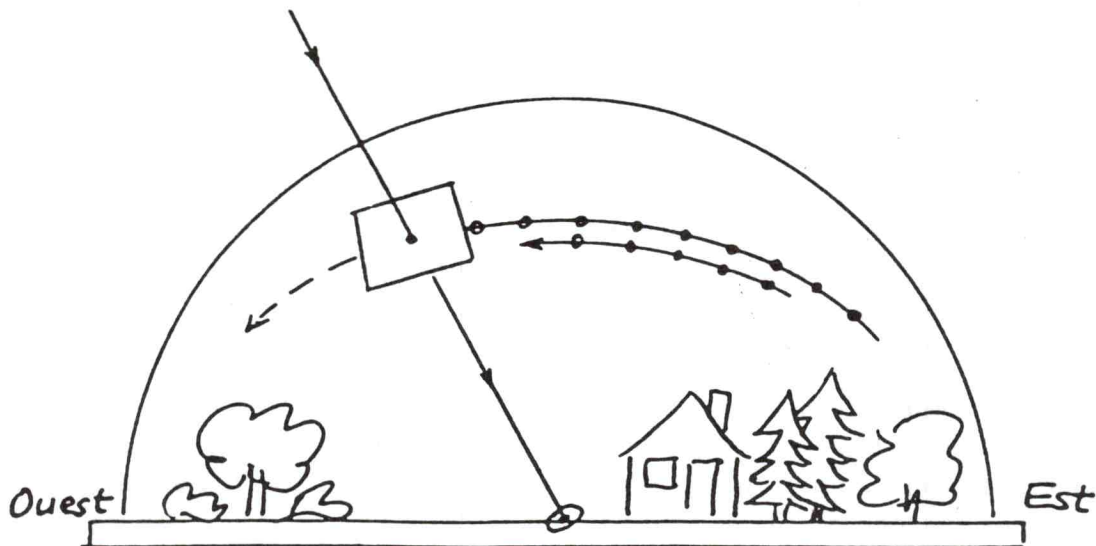
Deux méthodes étaient proposées pour tracer la "route" apparente du Soleil :

- Tout au long de la journée, on repère la position du Soleil sur une demi-sphère transparente installée sur une table à l'extérieur.
- Chaque matin, pendant 1/4 d'heure on repère la position apparente du Soleil sur la fenêtre de la salle de classe.

Ces deux méthodes, très visuelles, matérialisent parfaitement le déplacement apparent du Soleil mais permettent aussi d'effectuer des mesures avec une assez bonne précision.

LA DEMI-SPHERE TRANSPARENTE

Une demi-sphère transparente de plexiglass d'un diamètre de 50 cm est posée sur un socle en bois qui figure le sol. On peut réaliser sur cette planche la maquette de l'environnement habituel des enfants (école, ville, arbres ...). Ceci les aidera à se situer dans l'espace et à comprendre comment on vise la direction du Soleil à partir d'un point de référence qui se trouve au centre de la sphère. Ce point sera repéré sur le socle.



Comment déterminer de façon précise l'endroit où les rayons du Soleil frappent la sphère lorsqu'on se trouve au point de référence?

Il existe un moyen très simple. On pose sur la sphère un carré de papier de 10 cm de côté, percé d'un petit trou en son centre. Les rayons du Soleil traversent ce trou et touchent le sol n'importe où. Il suffit de déplacer le papier pour faire coïncider précisément

ce point avec le point de référence. On repère alors la position du trou sur la sphère en faisant un point avec un stylo. Puis on colle une petite gommette bien centrée sur ce point. Cette observation est répétée tous les 1/4 d'heure. On obtient ainsi une "route" du Soleil très instructive. Les enfants peuvent observer le passage du Soleil de l'Est à l'Ouest, voir que ce mouvement est symétrique sur l'horizon avec son maximum au milieu de la course - maximum orienté au sud. Ils comprennent ainsi que cette position maximum donne l'idée de midi et permet de déterminer la position du méridien. Ils voient le déplacement à vitesse constante du Soleil et la variation de sa position en fonction de l'heure.

Si l'on répète les observations régulièrement sur plusieurs jours ou même sur toute une année, on peut observer beaucoup d'autres phénomènes :

- la variation de la déclinaison du Soleil en fonction des saisons,
- la "route" la plus haute au solstice d'été et la plus basse au solstice d'hiver,
- la variation des directions du lever et du coucher du Soleil au cours de l'année,
- toutes les "routes" sont des cercles parallèles et ont le même axe à cause de la rotation de la Terre. On peut donc déterminer la direction du plan de l'équateur et mesurer la latitude du lieu.

Chaque cercle correspond à la rotation de la Terre sur elle-même. Sachant que cette rotation s'effectue en 24 h, on voit qu'en été le Soleil est au-dessus de l'horizon plus de 12 h. Et l'inverse en hiver. On peut donc déterminer à quel moment ont lieu les équinoxes.

On observe que sur une année, la "route" du Soleil est une spirale. On peut facilement imaginer la situation aux pôles, où cette "route" devient parallèle à l'horizon. La spirale se trouve pendant 6 mois au-dessus de l'horizon, puis 6 mois au-dessous.

On peut également repérer la position du Soleil lorsqu'il est 12 h à sa montre. Le décalage par rapport au passage du Soleil au point le plus haut de sa "route" correspond au décalage entre le temps civil et l'heure solaire (+ 1 h en hiver, + 2 h en été) et à la longitude du lieu. Si les observations sont précises, on peut percevoir l'influence de l'équation du temps.

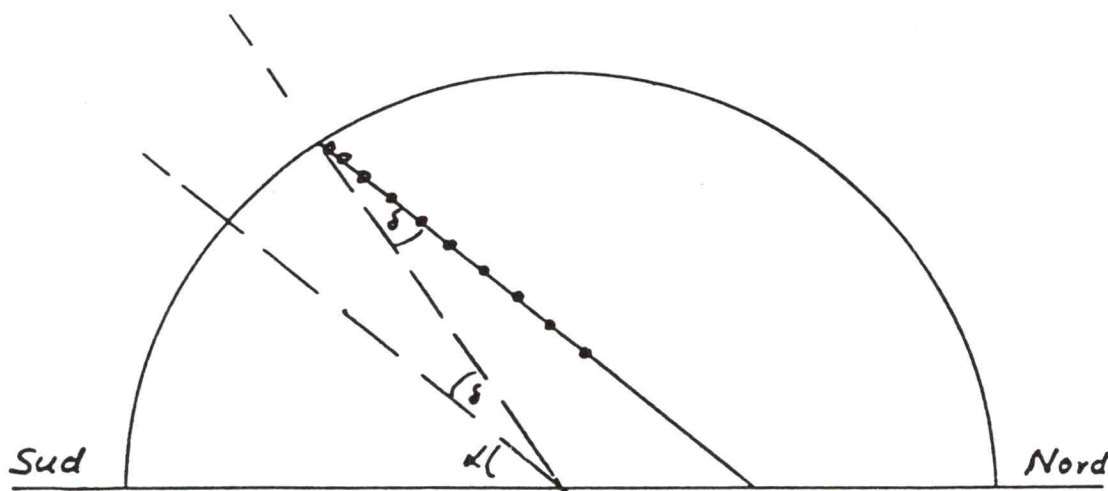
Cependant, pour obtenir de bons résultats il faut respecter certaines conditions. La sphère doit absolument rester dans la même position. La table doit être bien fixée. Si la position de la sphère bouge, les "routes" seront déviées.

Pour mesurer la latitude du lieu, la planche figurant le sol doit être parfaitement horizontale. Il faut donc l'ajuster avec un niveau à bulle.

Si les rayons du Soleil ne tombent pas perpendiculairement sur la sphère, l'image du Soleil donne une ellipse. Un foyer de cette ellipse reste sur l'axe du cône et engendre une imprécision dans la détermination du centre de l'image du Soleil. Pour éviter cette erreur, il faut faire tourner la sphère régulièrement toutes les heures. Ainsi les rayons du Soleil la frapperont toujours perpendiculairement au plan de l'équateur.

Nous avons pu effectuer de bonnes observations du 20 au 27 août. Sur une semaine, la différence de déclinaison nous a donné 2 "routes" parallèles espacées de 8 mm, ce qui est bien observable.

Pour la latitude, nous avons mesuré 44° , valeur tout à fait correcte pour Gap. La mesure de la déclinaison du Soleil le 20 août nous a donné $11,5^\circ$ alors que la valeur précise est $11^\circ 36'$.



LE REPERAGE SUR LA FENETRE

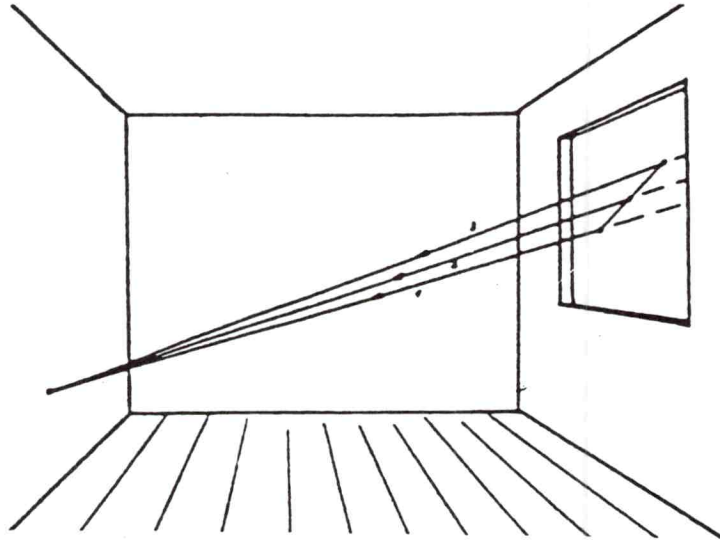
Cette méthode demande peu de moyens (un morceau de carton percé d'un trou et un stylo) et s'organise facilement. Tout se fait en classe, 1/4 d'heure d'observation suffit. Une seule condition, impérative, avoir une classe avec des fenêtres à l'Est.

Si ces conditions sont réunies, il est préférable d'observer le matin, lorsque les rayons du Soleil atteignent le mur vis à vis de la fenêtre. On place un point de référence sur ce mur, en faisant un repère avec un crayon. Il faut que ce repère soit frappé par les rayons du Soleil pendant tout le temps de l'observation.

Lorsque l'on pose sur la vitre le carton percé d'un trou, l'image du Soleil se forme n'importe où sur le mur. En déplaçant le carton, on fait coïncider l'image du Soleil et le point de référence. A ce moment, on marque sur la vitre la position du trou du carton. On recommence l'observation 5 minutes plus tard, la position du point sur la vitre s'est nettement déplacée. Si la distance de la fenêtre au mur est de 4 m, les 2 points sur la vitre sont distants de 10 cm. Des observations toutes les 5 minutes donnent une séquence de points bien alignés. Pour mieux visualiser la "route" du Soleil, on peut coller des gommettes à l'emplacement des points marqués sur la vitre.

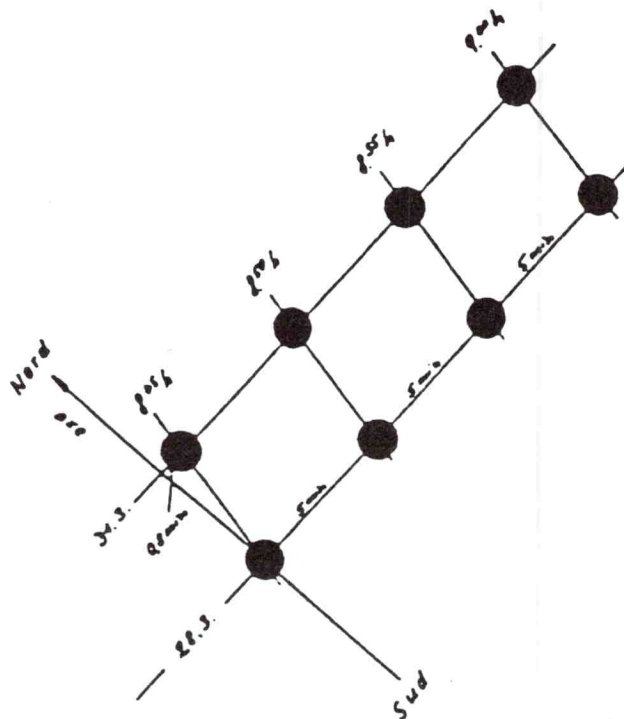
Un quart d'heure d'observation donne 4 points séparés de 30 cm, ce qui est déjà bien. Une heure d'observation donne 13 points sur une "route" de 1,20 m, ce qui est très impressionnant. On voit aussi que la vitesse de déplacement est extrêmement constante.

On peut laisser toute l'année les gommettes sur la vitre et ajouter un paysage autour de la "route" du Soleil (arbres, nuages, maisons, personnages ...). Si les élèves jettent un coup d'oeil occasionnellement sur la vitre, ils se rappellent les lois de la nature immuables et rigoureuses. Ce contact les façonne et les rend aptes à mieux comprendre, plus tard, les sciences naturelles. Ils savent que le Soleil suivra sa "route" inévitablement, ils sentent que ces lois sont rigoureuses. C'est une composante importante de l'éducation.



Le Soleil ne s'élève pas verticalement au-dessus de l'horizon mais avec une certaine inclinaison. Pour expliquer ce phénomène, on utilise un globe terrestre orienté de telle manière que notre pays se trouve sur le dessus du globe. On peut ainsi se rendre compte que le plan de l'équateur coïncide avec l'inclinaison de la "route" marquée sur la vitre. La course du Soleil reflète donc la rotation de la Terre.

Si l'on répète les observations quelques jours plus tard, on a la surprise de voir que la nouvelle "route" du Soleil s'est déplacée parallèlement à la précédente. Ceci est dû au phénomène des saisons. Au printemps, le Soleil va chaque jour un peu plus haut et en automne chaque jour un peu plus bas. Cette matérialisation sur la vitre permet une bonne visualisation du déplacement dû aux saisons. 3 jours suffisent entre 2 observations pour obtenir un déplacement nettement appréciable.



Tout ce que nous venons d'exposer ici est suffisamment simple pour être réalisé avec des enfants de dix ans ou même plus jeunes encore.

Par contre, avec des élèves plus grands, on peut faire des mesures plus précises. Si à chaque point on relève l'heure très précisément, on s'aperçoit qu'au printemps, par exemple, le Soleil est en retard. Pour un intervalle de 3 jours, le retard est d'environ 40 secondes, ce qui est bien mesurable sur la vitre.

On introduit ainsi l'équation du temps et le temps moyen utilisé habituellement.

A Gap, nous avons eu quelques difficultés car il n'y avait pas de salle avec fenêtres à l'Est. Le mieux que nous ayons trouvé c'est une fenêtre inclinée à 45° par rapport à l'Est. En ouvrant la fenêtre cela pouvait aller, mais il a fallu bloquer la fenêtre dans cette position. La salle était trop large et les rayons du Soleil n'atteignaient pas le mur opposé. Nous avons donc pris le point de référence sur une table dont nous avons repéré la position très précisément.

Pour effectuer ces observations dans les conditions optimum, il est nécessaire de choisir la saison. Les meilleures dates sont les jours aux alentours des solstices. A ce moment, le Soleil n'est pas trop haut sur l'horizon vers 8-10 h; ce qui est compatible avec les horaires scolaires. En été à 8 h, le Soleil est déjà trop haut et en hiver il n'est pas à l'Est sur l'horizon.

Les équinoxes sont également favorables aux observations puisque à ces dates la "route" du Soleil est une droite. En dehors de la période des équinoxes, la "route" du Soleil donne une hyperbole. La courbure n'est pas très marquée mais induit tout de même une erreur dans le calcul de la latitude du lieu.

Au cours de notre atelier, nous avons analysé ces erreurs. Les distances entre les points au cours d'une séquence de mesures ne sont pas constantes, même au moment de l'équinoxe. Les rayons du Soleil tombent sur la vitre avec un angle φ . Du fait de la projection, la distance varie comme $l = l_0(1 + \tan^2 \varphi)$. Par contre, si l'on observe loin des dates d'équinoxes, les déviations sont plus difficiles à expliquer. Ces déviations ne sont pas très visibles.

On doit bien sûr éviter les arbres, même la plus petite branche perturbe les rayons et nous renvoie une image du Soleil déformée. Cela produit une erreur de mesure non négligeable.

Le diamètre du trou dans le carton détermine l'intensité de l'image du Soleil. Pour une distance de 4 mètres entre la vitre et le mur, l'image du Soleil a un diamètre de 35 mm. En plus, il y a une zone de diffusion tout au tour de l'image. Néanmoins, il est possible de centrer cette image sur le point de référence à 1 mm près, ce qui donne une précision de 3 secondes sur les mesures. Etonnant de précision pour un cadran solaire!

Il est donc recommandé de relever l'heure des observations avec la plus grande précision.

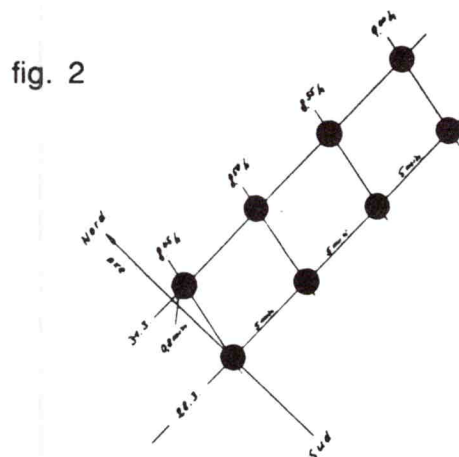
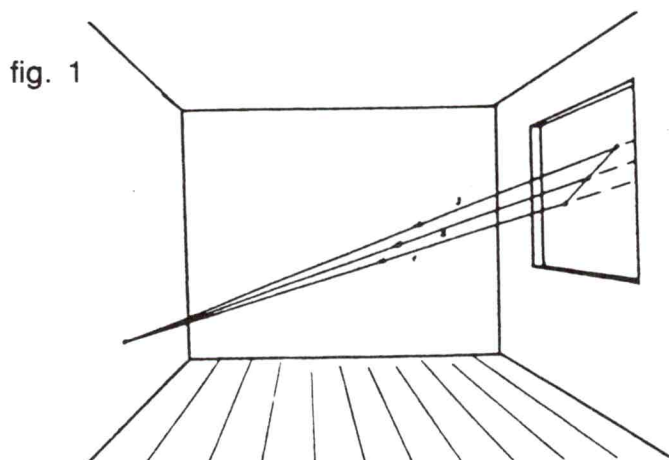
D'après Roland Szostak

Mesurez la durée de l'année solaire 1:25000 !

Chers amis,

Vous vous souvenez probablement de la méthode pour repérer le cours du soleil sur un saladier ainsi que de le poursuivre sur la fenêtre. Maintenant j'ai une proposition supplémentaire à vous soumettre qui vous permet de mesurer la durée de l'année solaire avec une précision de 1:25000. Cependant on n'a pas besoin d'un outillage différent du précédent.

Je vous réitère le principe du repérage: On vérifie la direction des rayons du soleil, qui entrent dans la salle de classe par une fenêtre, qui est située vers l'est (fig. 1). On observe les rayons qui touchent un point de référence marqué sur le mur vis à vis de la fenêtre. Pour vérifier la direction des rayons on pose un carton avec un trou sur la fenêtre et dirige le carton de sorte que les rayons, qui traversent le trou, touchent le point de référence. Donc on ajuste cette image du soleil précisément sur ce point et enregistre la position du trou sur la fenêtre avec un stylo. En répétant ce repérage dans des intervalles de quelques minutes on trouve la route du soleil (fig. 2).

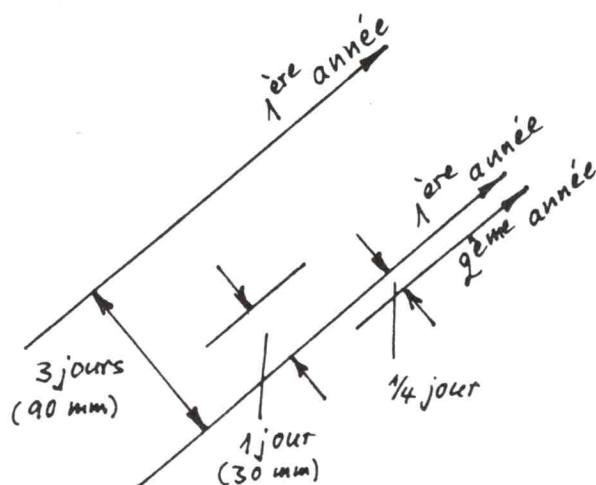


La précision des enregistrements est surprenante. Les positions de la route sur la fenêtre varient selon une fluctuation de l'ordre de 1 mm seulement! Etant donnée une distance de 4,2 m entre le mur et le marquage sur la fenêtre cette fluctuation correspond à une précision angulaire de 50". La précision résulte de la capacité des yeux d'évaluer exactement la symétrie de l'image du soleil autour du point de référence. En effet on a un cadran solaire d'une exactitude de 4 secondes.

En répétant ce repérage quelques jours plus tard, disons après 3 jours, on trouve que la route du soleil se déplace selon le cours des saisons. Par la précision du repérage il devient ainsi manifeste que le cours du soleil varie en fonction de l'équation du temps. En ce cas le soleil arrive 40 s trop tôt après les trois jours.

Tout cela vous est déjà bien connu. Alors je vais vous expliquer comment on peut aller plus loin dans ce domaine, c'est à dire comment mesurer la durée de l'année solaire: En répétant l'observation le même jour une année plus tard on trouve que la route du soleil ne coïncide pas avec l'observation précédente. Elle est un peu déplacée. Par cela il devient évident que la durée de l'année solaire n'est pas égale à un nombre entier de jours.

fig. 3



Puis on peut déterminer la valeur de ce déplacement, parce qu'on possède déjà une échelle de valeurs: On possède le déplacement effectué en 3 jours, dans ce cas précis donnant environ 90 mm sur la fenêtre (fig.3). Cela fait environ 30 mm par jour. La déviation qu'on trouve après une année, est d'environ un quart de jour! Ici les élèves s'aperçoivent de la nécessité d'un jour intercalaire: On doit insérer un jour supplémentaire pour faire coïncider l'année civile avec l'année solaire et avec les saisons. Par leur observation les élèves obtiennent une compréhension authentique de l'année bissextile.

Mais si vous êtes désireux d'obtenir un résultat aussi précis que possible, je vous raconte mes expériences: En analysant la distance x entre deux routes sur la fenêtre on applique la méthode de l'erreur moyenne $\overline{\Delta x^2} = \sum (\Delta x_i)^2 / n(n-1)$ qui résulte des erreurs individuelles Δx_i des n points du repérage. Après une observation d'une demi heure avec $n = 7$ et $\Delta x_i \approx 1$ mm on obtient une erreur moyenne de $\overline{\Delta x} = 0,4$ mm. Par rapport au déplacement de 30 mm par jour c'est une précision de 0,013 jours. C'est à dire qu'on mesure la durée de l'année solaire à 20 minutes précises, ce qui correspond à 1:26000 pour l'année. C'est de l'ordre de grandeur de l'influence de la précession. Par cela il devient intéressant de discuter avec les élèves de la distinction entre l'année sidérale et l'année tropique en ce qui concerne la stabilité de la coïncidence de l'année civile avec les saisons à long terme.

Enfin on doit se demander, si tous les éléments de notre cadran solaire, c'est à dire toutes les parties du mur et de la fenêtre, restent également constants pendant une année avec ses variations de température. A cause de cela il n'est pas raisonnable d'insister pour obtenir une précision exagérée. Le résultat que j'ai obtenu moi-même par l'analyse de mon repérage, possède une erreur moyenne de 0,013 jours, et la valeur de la durée de l'année s'écarte de 0,016 jours de la valeur exacte.

Je vous invite à réaliser ce repérage avec vos élèves. On n'a besoin que d'un stylo, d'un carton avec un trou et d'une fenêtre située vers l'est. En ce cas il n'est pas nécessaire de regarder l'heure parce qu'on interprète seulement la distance des route parallèles. La seule condition - il faut du beau temps ensoleillé durant un jour bien précis - n'est pas difficile à remplir. On possède l'échelle de l'année précédente. Cette échelle s'allonge d'une durée de quelques jours, par exemple 3 jours. Il est recommandable de faire l'observation à une date située dans ou autour de cette échelle. Cela vous offre une marge de 4 ou 5 jours à attendre le soleil. On peut aussi faire l'observation un ou deux ans plus tard. Bonne chance!

Roland Szostak

LE CÉLESCOPE *par Bernard MELGUEN* *de la Société d'Astronomie de Nantes*

CÉLESCOPE, VOUS AVEZ BIEN DIT CÉLESCOPE ... ?

Tout le monde connaît le *TÉLESCOPE*, grand chasseur d'images devant l'éternel qui parcourt des distances infinies d'où il nous ramène des morceaux de ciel majestueusement agrandis.

Savez-vous qu'il existe maintenant le *CÉLESCOPE* ?
Avec un "C" comme céleste.

Lui aussi nous donne à voir le ciel. Mais sous la forme d'une maquette en trois dimensions : elle met en scène le système solaire et s'anime à volonté selon le scénario choisi.

SIMPLE ET CONCRET

De l'avis de tous ses utilisateurs, ce qui caractérise avant tout le Célescope, c'est la simplicité de sa manipulation et le caractère concret de ses démonstrations.

Tout commence par un disque d'horizon local au centre duquel se tient un petit personnage : "Topo". Bien entendu, Topo, c'est l'observateur, c'est vous, c'est moi. Réglez l'horizon local à la latitude qui vous intéresse; puis choisissez la date. Le spectacle peut alors commencer.

MANIPULER ET VISUALISER

Vous pouvez immédiatement voir un soleil de minuit l'été dans le Grand Nord. Mais vous découvrirez aussi pourquoi ce phénomène n'existe qu'à partir de 66°30 Nord ou Sud (cercles polaires).

Vous pourrez visualiser la course du Soleil à l'équateur, avec sa régulière alternance de 12 heures de jour/12 heures de nuit, et ses brefs crépuscules, tout au long de l'année.

Vous réaliserez pourquoi sont inversées les saisons entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud ... mais aussi les formes des croissants et quartiers de lune.

Le Célescope permet d'appréhender très concrètement ce qu'est une lune croissante ou décroissante, une lune montante ou descendante (ce qui n'est pas la même chose !) Il permet aussi de bien saisir pourquoi les pleines lunes d'hiver sont hautes alors que celles d'été sont basses.

Il est également passionnant d'explorer chacune des grandes régions de la terre, depuis le pôle nord jusqu'au pôle sud, pour y découvrir à chaque fois comment le Soleil l'éclaire : en effet, c'est la trajectoire solaire locale (avec sa durée et sa hauteur propres) qui explique les saisons, et qui détermine aussi les principales zones climatiques de notre planète.

MYTHOLOGIES ET RELIGIONS

Grâce à une visualisation claire de ce qui se passe dans le ciel, le Célescope nous permet de redécouvrir l'origine des divers calendriers.

Il fait apparaître les liens précis qui existent entre de nombreux rites, fêtes, croyances, traditions et leurs sources astronomiques.

CADRANS SOLAIRES ET ARCHITECTURE

Muni d'un petit soleil lumineux qui génère une ombre sur un cadran solaire central, le Célescope offre une initiation directe aux divers problèmes de gnomonique et d'orientation des monuments : de Stonehenge, à la Grande Arche de la Défense, en passant par les pyramides et les grandes cathédrales.

MESURER, COMPARER, PRÉVOIR

Au delà des exemples purement qualitatifs que nous venons d'évoquer, le Célescope, pour ceux qui le désirent, est également un instrument de mesure précis et exact.

Quelle planète sera visible, où et quand ? Le Célescope le montre en trois dimensions; ainsi, depuis un lieu donné, à l'heure choisie, il prépare et guide utilement toute observation du ciel.

Selon la latitude et la date choisies, il vous donne l'azimut du lever et du coucher du Soleil, ainsi que sa hauteur méridienne, l'heure de tous les levers et couchers de soleil tout au long de l'année sur toute la Terre.

A chaque instant vous pouvez connaître l'heure solaire, le temps sidéral, le décalage horaire entre deux points du Globe.

Comprendre et mesurer l'écart entre deux levers ou couchers de lune successifs, qui peut aller de quinze minutes à une heure et demie ...

DE LA COSMOGRAPHIE SANS DOULEUR

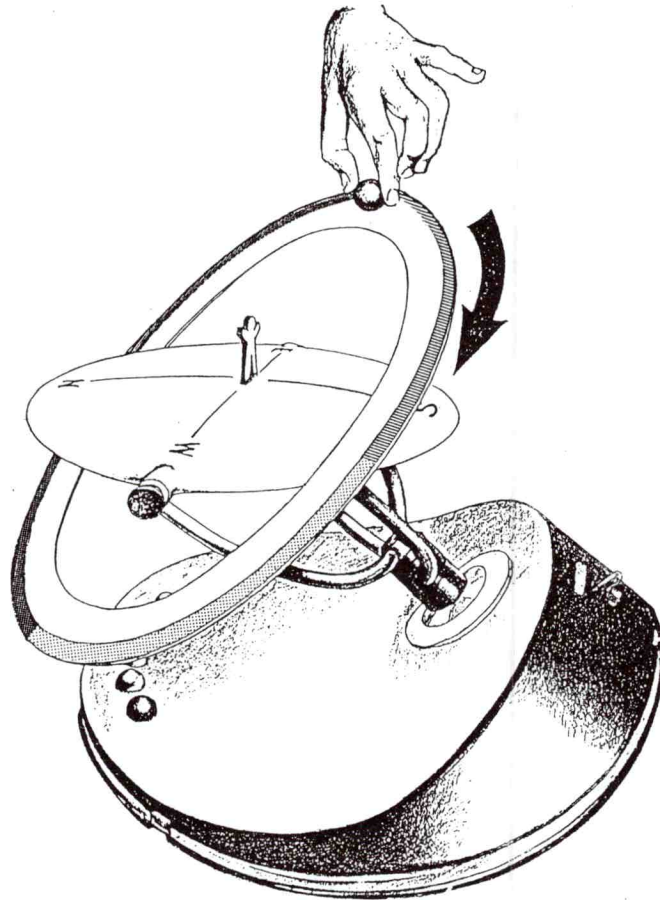
S'inspirant du célèbre précepte :

"J'entends et j'oublie, je vois et je retiens, je fais et je comprends",

le Célescope permet de s'initier concrètement et sans douleur aux traditionnelles notions de cosmographie telles que : axe du monde, équateur céleste, méridien, zénith, azimut, écliptique, point vernal, ascension droite, déclinaison, temps sidéral, solstices et équinoxes, équation du temps, etc ...

MOUVEMENTS RÉELS ET MOUVEMENTS APPARENTS

Le Célescope ne décrit pas seulement les mouvements apparents des astres vus depuis la Terre, il permet aussi de se placer en dehors de la Terre pour comprendre les phénomènes de rotation, de révolution et de précession des équinoxes.



LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE A LA RECHERCHE DE PLANÈTES AUTOUR D'AUTRES ÉTOILES

Note de la Rédaction : Cet article est traduit du numéro 19 (Hiver 1992) de la Revue "The Universe in the Classroom", publiée conjointement par la Société Astronomique du Pacifique, la Société Astronomique Américaine, la Société Astronomique du Canada et la Société Internationale des Planétariums. Nous remercions la Rédaction de la Revue, avec laquelle nous échangeons régulièrement nos publications, d'avoir autorisé cette publication.

Existe-t-il des planètes en dehors du système solaire ? Cette question intrigue depuis longtemps les scientifiques tout autant que les auteurs de science fiction et les poètes. Comment savoir ?

Quelle différence entre une planète et une étoile ?

Les étoiles sont de gigantesques boules de gaz, possédant en leur région centrale une source d'énergie thermonucléaire. Les températures et les pressions considérables qui règnent au centre d'une étoile permettent aux noyaux d'hydrogène de fusionner entre eux et de se transformer en noyaux d'hélium, en libérant d'énormes quantités d'énergie. Les planètes sont beaucoup plus petites, et leurs températures et pressions centrales sont trop faibles pour permettre les réactions de fusion. Il en résulte qu'elles ne rayonnent pas de lumière par elle-mêmes. Quand vous voyez Vénus ou Jupiter dans le ciel nocturne, vous observez en fait la lumière solaire que la planète réfléchit vers vous.

Certaines planètes, comme la Terre ou Mars, sont faites de roches solides ; d'autres, telles Jupiter ou Saturne, sont essentiellement gazeuses, bien qu'elles aient probablement un noyau liquide ou solide. La masse de la plus grosse planète du système solaire est à peu près 300 fois celle de la Terre, mais à peine un millième de celle du Soleil. Cependant, si Jupiter avait été 75 fois plus massive, sa pression et sa température centrales auraient été tout juste suffisantes pour amorcer les réactions thermonucléaires de fusion, et nous, terriens, aurions eu deux soleils dans notre ciel.

Pourquoi pense-t-on qu'il doit exister d'autres systèmes planétaires autour d'autres étoiles ?

On pense que le système solaire s'est formé tout naturellement en même temps que le Soleil. Il y a environ 5 milliards d'années, l'immense nuage de gaz amorphe et de poussière, dont l'extension était plusieurs milliers de fois celle du système solaire actuel, a commencé à se contracter. On ne connaît pas exactement la raison pour laquelle cette contraction a démarré ; il est possible qu'elle ait été initialisée par l'explosion d'une étoile voisine. Mais ensuite, le nuage s'est effondré sous sa propre gravité, l'essentiel du gaz et de la poussière, tombés au centre, donnant naissance au Soleil. Le reste a formé un disque aplati. Partout dans ce disque, les grains solides, en orbite autour du proto-Soleil sont entrés en collisions

les uns avec les autres, s'agglomérant parfois. Des petits agrégats se sont à nouveau réunis, pour donner naissance à de plus gros objets et, en définitive aux planètes. On donne le nom d'**accrétion** à ce phénomène. Dans ce scénario, les planètes se sont formés naturellement, en même temps que le Soleil. C'est pourquoi les astronomes pensent que beaucoup d'étoiles semblables au Soleil devraient avoir un cortège de planètes.

Pourquoi est-il si difficile de voir des planètes au voisinage d'autres étoiles ?

Parce que les planètes sont petites, localisées tout près de leur étoile, dont elles ne font que réfléchir la lumière, leur très faible éclat est noyé dans celui de l'étoile. Imaginez un grain de riz suspendu à 4 ou 5 centimètres d'une ampoule de 100 Watt allumée. Un observateur situé à l'extrémité d'un long couloir obscur verrait l'ampoule, mais pas le grain de riz. Il en est de même pour les étoiles et leurs planètes.

Considérons le cas de Jupiter et du Soleil : le rayon de Jupiter n'est que le dixième de celui du Soleil et sa surface un centième. Si on l'observait depuis l'étoile la plus proche, Alpha du Centaure, Jupiter serait très peu brillant, un milliard de fois moins que le Soleil. Jupiter serait aussi angulairement très proche du Soleil, à environ 4". Un habitant d'Alpha du Centaure, équipé d'instruments similaires aux meilleurs des nôtres ne pourrait pas détecter Jupiter, noyé dans la lumière solaire. Puisque les étoiles sont en général beaucoup plus éloignées qu'Alpha du Centaure, il y a bien peu de chance que nous puissions voir ou photographier des planètes individuelles auprès d'autres étoiles.

Si nous ne pouvons pas les voir, comment pouvons-nous espérer détecter la présence de planètes autour d'autres étoiles ?

Même si l'on n'est pas capable de voir la planète elle-même, on peut observer son action gravitationnelle sur l'étoile. Tout au long de son mouvement orbital, elle attire l'étoile vers elle, tantôt dans une direction, tantôt dans une autre. Plus la planète est massive, plus l'effet sur l'étoile est important. A mesure que l'étoile se déplace dans l'espace, l'effet d'attraction de la planète se manifeste par de faibles déviations à partir d'une trajectoire rectiligne. C'est parce que l'étoile et la planète se déplacent en réalité chacune autour de leur centre de masse. Par exemple, le Soleil ayant une masse mille fois supérieure à celle de Jupiter, le centre de masse se situe très près du Soleil. Il serait cependant possible à un observateur extraterrestre, mesurant le déplacement du Soleil dans l'espace, de détecter une faible sinuosité, ayant une période de 12 ans, durée de la période orbitale de Jupiter autour du centre de masse. (Les autres planètes, moins massives, telle la Terre provoquent aussi une perturbation sur l'orbite solaire, mais celle-ci sont beaucoup plus faibles, et indécélables). En analysant la trajectoire apparente du Soleil, on peut en déduire la masse de la planète, son orbite, sa période et sa distance au Soleil.

Des observations extrêmement précises de la position de l'étoile, au millième de la seconde d'arc, permettraient de déceler ces ondulations des mouvements. L'Astrométrie,

branche de l'astronomie qui traite des mesures de position des astres développe des techniques qui deviennent capables d'atteindre de telles précisions.

A-t-on déjà détecté des planètes par cette méthode ?

Plusieurs étoiles semblent effectivement suivre de telles trajectoires ondulées. Certains astronomes ont mis en évidence auprès d'un petit nombre d'étoiles des compagnons dont la masse est similaire à celle de Jupiter (le cas le plus célèbre étant probablement celui de l'étoile de Barnard), mais ces cas n'ont pas été confirmés par d'autres observations. Ces observations astrométriques sont en effet très difficiles, car les ondulations recherchées sont très faibles, de l'ordre du millième de la dimension de l'image de l'étoile sur une plaque photographique. Et les erreurs inhérentes aux observations et aux mesures sont du même ordre de grandeur que l'effet recherché ; il est donc difficile d'être certain de la réalité de l'ondulation observée.

Le cas de l'étoile de Barnard

L'étoile de Barnard est une étoile rouge, peu brillante, de masse égale aux deux dixièmes de celle du Soleil. C'est la quatrième étoile la plus proche, à 6 années de lumière, et son mouvement propre (c'est-à-dire son déplacement angulaire sur le ciel) est le plus grand que l'on connaisse. Peter van de Kamp annonça en 1963 qu'il avait découvert, à partir de l'analyse du mouvement apparent, un compagnon stellaire de masse 50% supérieure à celle de Jupiter. Six années plus tard, van de Kamp révisa son résultat et déclara qu'il avait découvert deux compagnons de masses respectivement égales à 0,7 et 0,5 fois celle de Jupiter. Il semblait alors que l'on avait découvert le premier système planétaire autour d'une autre étoile.

Mais d'autres astronomes, utilisant des télescopes différents, ne confirmèrent pas ce résultat. On critiqua van de Kamp pour ne pas avoir correctement corrigé les petites variations du télescope au cours du temps et en particulier au moment de la révision des lentilles. Jusqu'ici, personne n'a été capable de reproduire ses résultats. Van de Kamp croit toujours à la réalité de ses observations et de l'interprétation par l'existence d'un système de deux planètes, mais la plupart des astronomes, aujourd'hui, ne sont pas convaincus de sa réalité.

Y a-t-il d'autres méthodes pour détecter des planètes ?

L'influence gravitationnelle d'une planète sur l'étoile peut aussi se déceler à partir de mesures de la *vitesse radiale* de l'étoile, son mouvement d'éloignement ou d'approche le long de la ligne de visée allant de la Terre vers l'étoile. Dans son mouvement orbital autour du centre de masse, l'étoile a alternativement un mouvement d'approche et un mouvement d'éloignement. Les raies dans le spectre continu, en forme d'arc-en-ciel, de l'étoile, se décalent légèrement par effet Doppler-Fizeau, vers le bleu, quand l'étoile s'approche, et vers

le rouge quand elle s'éloigne. C'est le même effet qui provoque le changement de la hauteur du son de la sirène d'un véhicule de police, suivant qu'il vient vers nous ou s'éloigne. Parce que l'étoile est beaucoup plus massive que la planète, l'effet Doppler-Fizeau est très petit et sa mesure nécessite une instrumentation très sophistiquée.

Bruce Campbell, de l'observatoire de Victoria, en Colombie Britannique, a étudié plusieurs étoiles dans lesquelles il a recherché de telles variations subtiles de vitesse. La moitié d'entre elles présentent des variations de vitesse qui pourraient être dues à l'influence d'un compagnon de masse comprise entre une et dix fois la masse de Jupiter. Mais ces variations pourraient tout aussi bien être dues à des pulsations de l'étoile. Si ces pulsations sont périodiques, on peut très bien les confondre avec l'influence de compagnons planétaires. Distinguer les deux effets est possible, mais requiert des années d'observations et d'analyses, qui n'ont pu encore être terminées. Ces observations ont néanmoins fourni les meilleurs candidats pour des systèmes planétaires extra-solaires.

Peut-on observer autour d'étoiles des grands disques de gaz et de poussière à partir desquels se formeront des planètes ?

En 1983, le satellite **Infra-Red Astronomical Satellite** (IRAS) a observé systématiquement tout le ciel en infrarouge lointain. Parmi ses nombreuses découvertes¹, il détecta des enveloppes ou des disques de particules solides en orbite autour de plusieurs étoiles proches, incluant en particulier les étoiles brillantes *Véga* et *Fomalhaut*. La plupart de ces disques s'étendent jusqu'à plusieurs centaines d'unités astronomiques de leur étoile (une unité astronomique est égale à la distance moyenne de la Terre au Soleil, soit environ 150 millions de kilomètres). Dans le cas de *Véga*, (l'étoile la plus brillante de la constellation de la Lyre), le disque s'étend jusqu'à une distance de l'étoile égale à deux fois celle de Pluton au Soleil. Les astronomes pensent que ces disques sont les restes de la formation de l'étoile et, peut-être, des systèmes planétaires en cours de formation.

Les astronomes ont aussi trouvé des disques de matière autour d'une catégorie d'étoiles très jeunes, appelées *étoiles de type T Tauri*. Il semble donc que les étoiles jeunes soient facilement associées à des disques. Il ne s'agit cependant pas de systèmes planétaires. On n'a aucun moyen de savoir s'il y a aussi des planètes en plus des disques, si les disques formeront un jour des planètes ou s'il n'y aura jamais rien d'autre que des disques. Mais il indiquent en tous cas que peuvent se former des configurations en forme de disques, analogues à celle dont les astronomes pensent qu'elle a été à l'origine de la condensation du système solaire.

Et les planètes récemment signalées autour de pulsars ?

Les *pulsars* sont des étoiles ultra-denses, en rapide rotation sur elles-mêmes, et dotées de champs magnétiques intenses ; on pense qu'elles se sont formées lors de

¹ Voir le numéro 44 des Cahiers Clairaut (Note de la Rédaction)

l'explosion d'une supernova. Tandis que le pulsar effectue plusieurs rotations sur lui-même chaque seconde, le rayonnement qu'émet un point "chaud" de sa surface balaye régulièrement la Terre, à l'image du faisceau lumineux émis par un phare tournant. Habituellement, ces émissions sont très régulières, mais en juillet dernier, l'astronome anglais Andrew Lyne, de l'observatoire de Manchester, et ses collègues ont annoncé la découverte d'un pulsar dont les émissions radio variaient de façon étonnante. Tout d'abord, les signaux arrivaient avec une avance d'un centième de seconde sur la période moyenne. Trois mois plus tard, il y avait un retard d'un centième de seconde. Après trois mois encore il y avait une avance d'un centième de seconde, et ainsi de suite. Lyne postula que ces variations de la date d'arrivée étaient dues à des décalages Doppler-Fizeau de la lumière du pulsar, dus au mouvement du pulsar provoqué par l'attraction d'un compagnon planétaire de masse égale à environ 10 fois celle de la Terre.

Plusieurs mois après, Alexander Wolszczan, et Dale Frail annoncèrent un effet similaire, observé sur un autre pulsar à l'observatoire radioastronomique d'Arecibo, à Porto Rico, aux Etats-Unis. Ils conclurent que ce pulsar avait deux compagnons de masse chacun égale à trois fois la masse de la Terre. Ils soupçonnent aussi l'existence d'un troisième compagnon de masse similaire à celle de la Terre.

Mais en janvier 1992, Lyne a annoncé que son équipe n'avait pas correctement corrigé les observations des effets du mouvement orbital de la Terre autour du centre de masse du système solaire ; en refaisant les calculs correctement, la variation de la date d'arrivée du signal disparaît. Il n'y a plus de planète. Par contre, les variations découvertes par Wolszczan et Frail ne sont pas un artéfact dû au mouvement de la Terre ; cependant, la plupart des astronomes attendent de disposer d'un peu plus d'informations avant de décider si Wolszczan et Frail ont véritablement découvert des planètes autour d'un pulsar.

En résumé

La recherche de systèmes planétaires en dehors du système solaire est extrêmement difficile, à cause des grandes distances des étoiles et du très faible éclat apparent des astres qu'on recherche. Il n'y a pas jusqu'ici de preuve qu'une étoile autre que le Soleil ait un cortège planétaire. Il existe plusieurs indices et quelques cas de détection possible, mais aucune n'est établie de façon certaine. Comme l'a écrit un jour Percival Lowell, cet astronome du 19^{ème} siècle qui pensait, observant sur Mars des variations saisonnières, avoir découvert les preuves de l'existence d'une civilisation en train de disparaître : *"Quand il s'agit de problèmes à la limite de la portée de la science, il est difficile de faire la part entre la découverte scientifique et sa propre imagination"*. Certainement, au cours des prochaines années, de meilleurs instruments et des techniques plus poussées nous diront s'il existe ou non des planètes autour d'autres étoiles.

AU CLAIR DE LA LUNE ! en première S...

Ce matin-là, nous sommes tous tombés de la ... Lune: nous avions des TP de physique, et la leçon portait sur la rotation: le TP n'allait pas être génial! Et voila que le prof nous propose, à 9 heures du matin, d'aller regarder la Lune! La plupart d'entre nous trouvaient l'idée cocasse mais ridicule: la Lune, on ne la voit que la nuit! Quelques uns pensaient que si, parfois, le jour... Oh surprise! Elle était là... et pas bien loin du Soleil, mais toute fine, toute fine... Et nous sommes rentrés en classe!

Bien sûr, nous n'avons pas coupé aux explications classiques: la Lune est une boule, elle est éclairée par le Soleil, et c'est parce que seule une demie-boule est éclairée que l'on a l'impression qu'un géant en a mangé un bout... Et puis on nous a donné des boules moitié-jaune moitié-noire et on nous a permis de jouer à la Terre, en faisant tourner la boule-Lune autour de nous! Cinq minutes de rigolade... et on a tous commencé à comprendre l'histoire de la Pleine Lune, des Premier et Dernier Quartiers, de la Lune Nouvelle... et des étapes intermédiaires.

Là où l'on a commencé à paniquer, c'est quand le prof a dit que nous allions étudier le mouvement de cette Lune, à partir de 14 photos qu'il avait ramenées d'une Université d'été d'Astronomie (ils sont fous ces profs!) et qu'un dénommé Daniel BARDIN avait prises tout au long du mois de Juillet 1990 (ils sont fous ces photographes... à mon avis, ce doit être aussi un prof!).

On a longuement regardé les photos: on voyait bien la Lune... mais pas sa trajectoire... Sortant soudain de son mutisme habituel, un fort en thème astronomique nous a plongés dans la perplexité: les photos étaient datées, et dans l'ordre croissant des dates, on voyait d'abord le "d" du Dernier Quartier, puis le rond de la Pleine Lune et enfin le "p" du Premier Quartier... Tout à l'envers en quelque sorte! Une copine qui avait vécu en Amérique du Sud a dit que là-bas, c'était comme ça; mais ça se comprenait puisqu'on y vit... la tête en bas... Alors le fort en thème s'est aussi souvenu qu'en regardant dans une lunette astronomique il avait vu le monde à l'envers, ce qui nous a finalement bien rassurés!

Le prof nous a alors donné un petit schéma cabalistique. Les bons en géométrie ont aussitôt compris ce que cela voulait dire. En observant une photo de croissant de Lune, on peut distinguer deux lignes nettes: le Limbe (c'est le bord de la Lune du côté éclairé) et le Termineur (c'est la limite de l'ombre, la frontière entre le jour et la nuit sur la Lune). Pour le Termineur, la ligne n'est pas aussi nette que le limbe, mais en regardant bien les photos, on voit que certains cratères sont encore éclairés dans leur partie haute alors que la base est déjà dans la nuit, alors ça aide à mieux le situer, puis à le tracer! Et le schéma ci-après explique que du tracé de ces deux lignes, on peut déduire les directions Lune-Terre et Lune-Soleil et bien sûr leur angle...

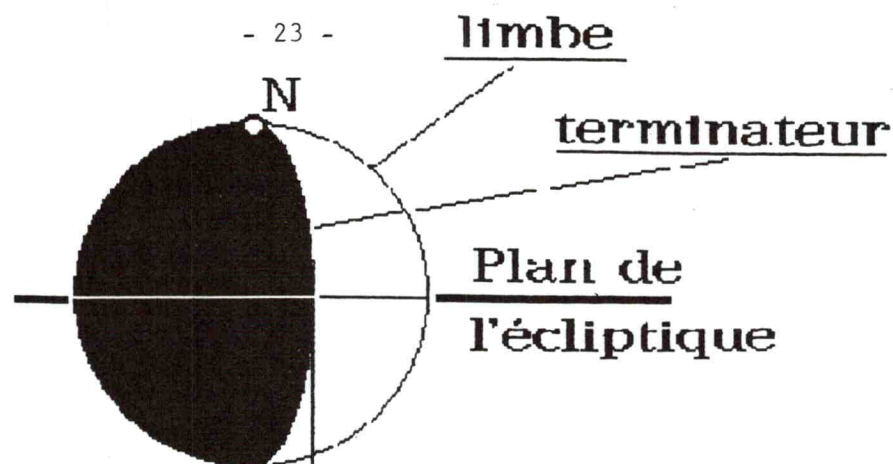
Là, le prof nous a fait remarquer que, vu l'énormité de la distance au Soleil, on pourrait admettre que les directions Lune-Soleil et Terre-Soleil devaient être pratiquement parallèles et que l'angle Soleil-Lune-Terre devait être le supplément de l'angle Soleil-Terre-Lune... Les meilleurs d'entre nous l'ayant confirmé, nous, les autres, avons bien voulu les croire!

Et puis chaque groupe de TP s'est mis au travail: crayon bien taillé et papier calque d'abord, règle et équerre ensuite, pour arriver à de drôles de conclusions:

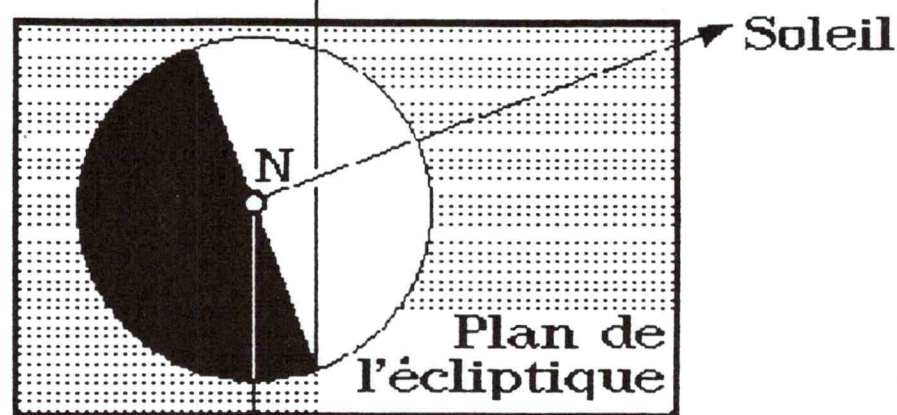
- la Lune tourne autour de la Terre! (maintenant j'en suis sûr puisque les angles obtenus sont tous différents!)

- la Lune, en voyageant maigrit et grossit... (C'est plus original)

La Lune
vue
depuis
la Terre



La Lune
vue
de
"dessus"



Terre

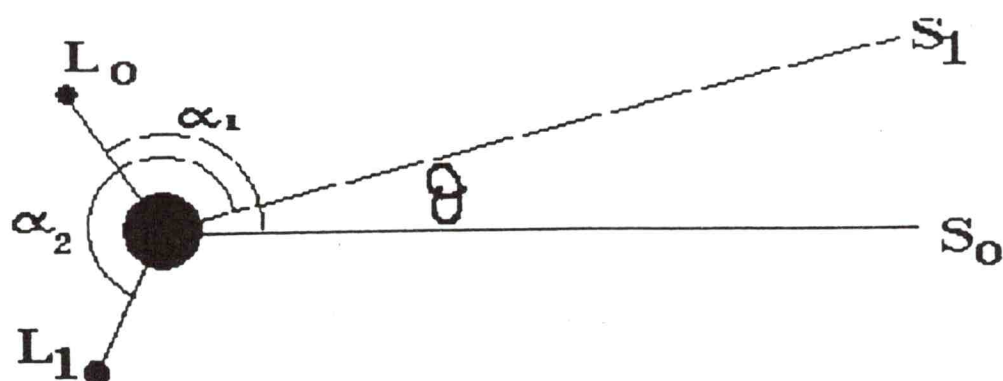
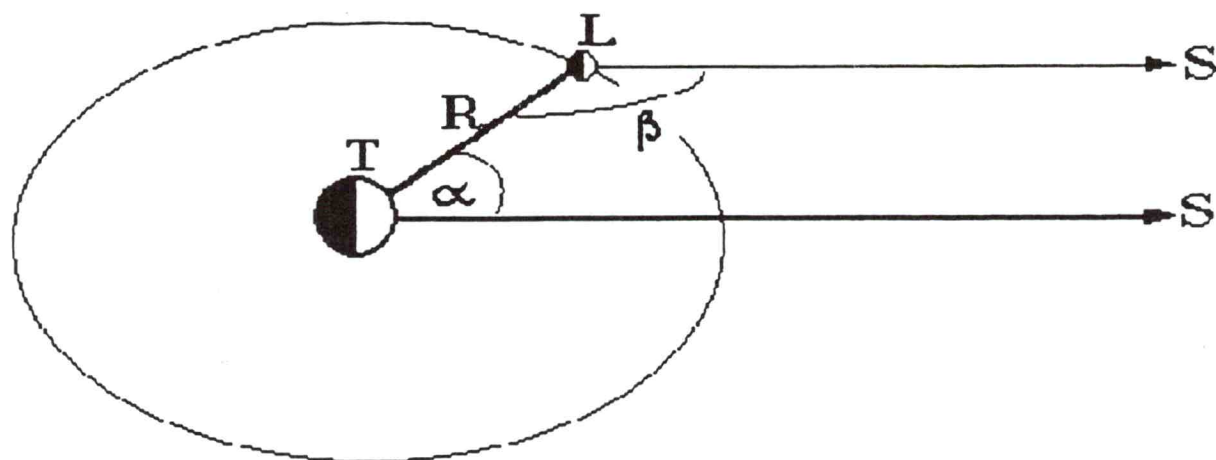
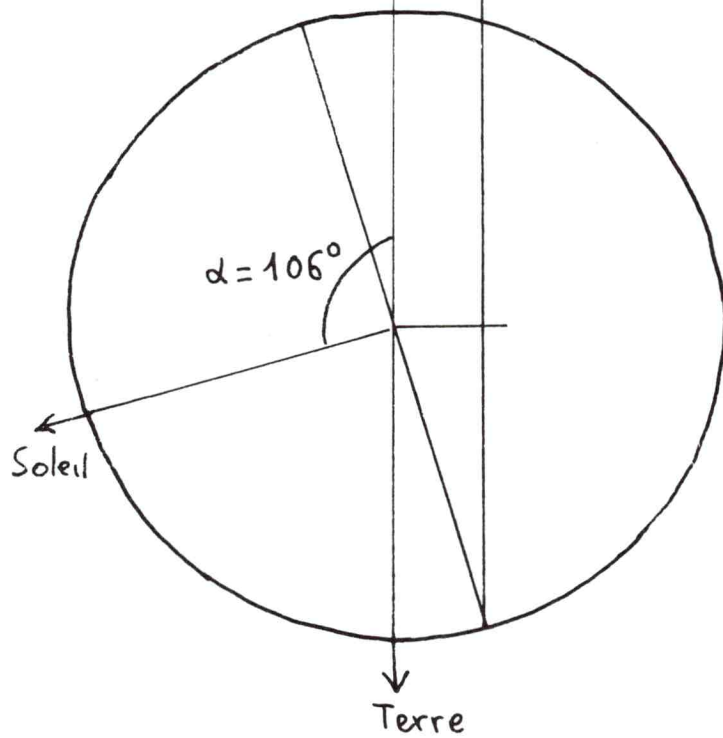
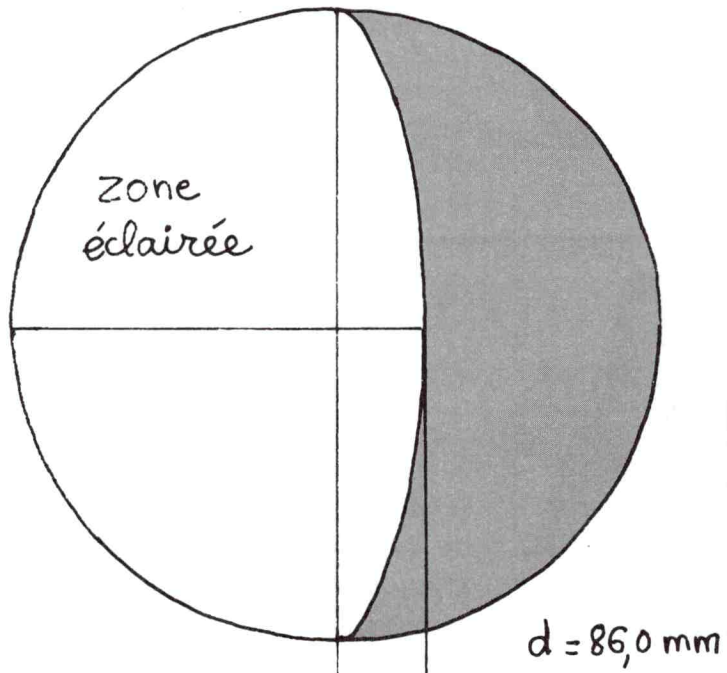


photo n° 9



Fichier=A:\LUNAISON

Etude de la trajectoire de la Lune (référentiel géocentrique)

t=durée éconlée entre le 13/07/90 à 0 h et la prise de vue étudiée

α =angle Lune-Terre-Soleil mesuré sur le calque (en degrés)

d=diamètre de la Lune sur la photographie (en millimètres)

R=grandeur proportionnelle à la distance Terre-Lune

$R=1000/d$

α_r =angle Lune-Terre-Point Zéro calculé par l'ordinateur (en degrés)

$\alpha_r=(\alpha+w*t)*3.14159/180$

w=vitesse angulaire du Soleil $w = 360 / (365.25*24*3600)$ (°/s)

Modèle

$R=(1+l-a*a)/(2*(1-a*cos(\alpha_r-\beta)))$

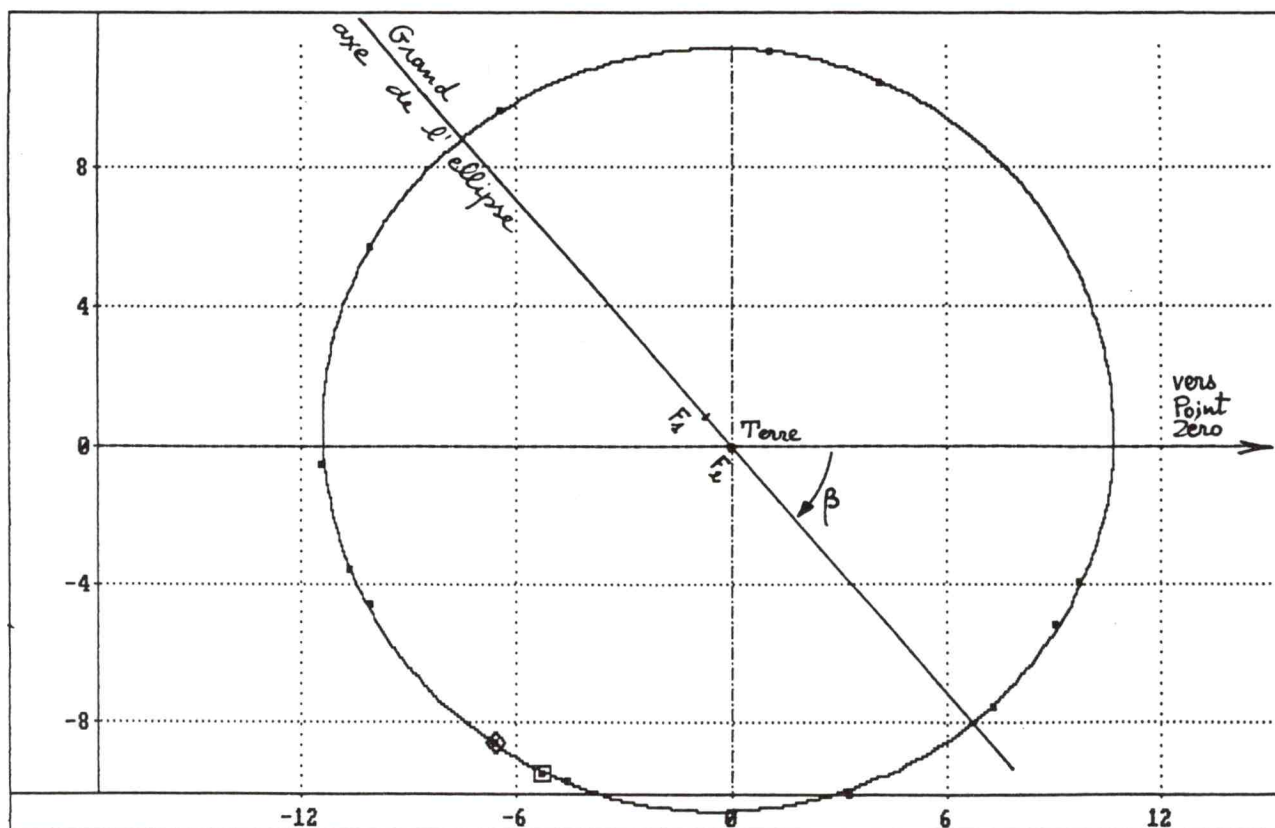
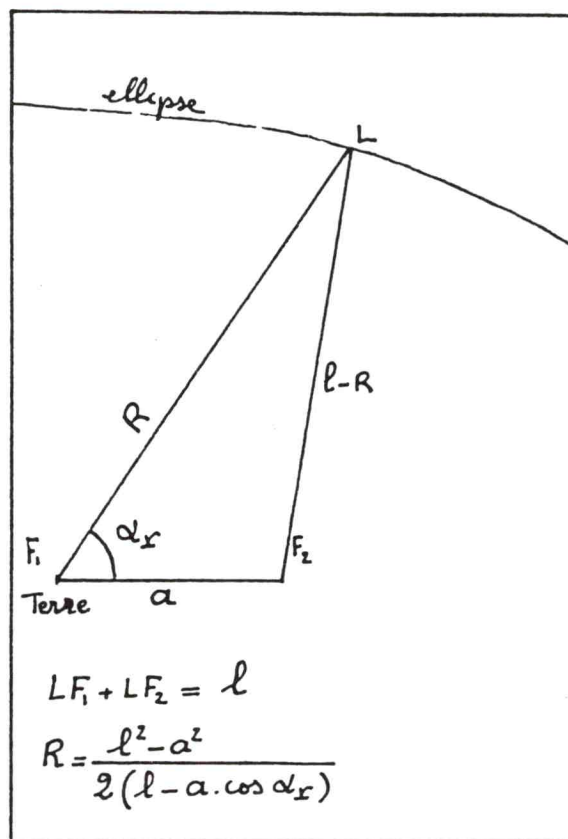
$l=22.09 \pm 73m$ $a=-1.122 \pm 97m$

$\beta=-872.9m \pm 92m$

Ecart relatif sur R = 0.52%

w= 11.40p

t	α	d	R	α_r
3.255k	-119.0	92.00	10.87	-2.076
88.74k	-116.0	93.00	10.75	-2.007
261.5k	-75.00	94.00	10.64	-1.257
437.0k	-51.00	95.00	10.53	-803.2m
526.5k	-36.00	95.50	10.47	-523.6m
616.8k	-29.00	95.50	10.47	-383.4m
1.193M	55.00	88.50	11.30	1.197
1.282M	70.00	87.50	11.43	1.477
1.539M	106.0	86.00	11.63	2.156
1.799M	130.0	86.50	11.56	2.627
1.980M	160.0	87.50	11.43	3.186
2.068M	175.0	89.00	11.24	3.466
2.157M	180.0	90.50	11.05	3.571
2.256M	207.0	92.00	10.87	4.062



w= 11.40p

Nouvelle discussion, qui nous a permis de conclure assez vite que ce devait être parce que la Lune s'éloigne et se rapproche de la Terre (c'est moins drôle mais plus logique!)

Bien sûr, le prof en a profité pour nous faire faire des exos: il nous a fait calculer la durée T écoulée entre le 13 Juillet 1990 à 0 heures (minuit) et chacune des prises de vue; il nous a aussi fait découvrir que la distance Terre-Lune R est inversement proportionnelle au diamètre D de la Lune mesuré sur la photo: c'est ainsi que nous dûmes aussi mesurer ce diamètre sur chacune des 14 photos et inscrire nos résultats personnels dans un tableau collectif.

Dernière nouveauté enfin pour compliquer (un peu) les choses: le Soleil tourne! Eh oui! si l'on souhaite décrire le mouvement de la Lune "dans le référentiel géocentrique", on découvre que le Soleil contourne le centre de la Terre en un an, c'est à dire que chaque jour le voit se déplacer d'environ UN degré autour de ce centre! Un degré par jour, ce n'est pas beaucoup... mais au bout du mois lunaire cela approche des 30 degrés: Il a fallu en tenir compte, et déterminer l'angle Lune-Terre-Point Zéro, en appelant Point Zéro la position du Soleil à l'instant choisi comme origine (le 13 Juillet 1990 à 0 heure): Il suffit, nous a-t-on dit, de corriger la valeur mesurée pour Lune-Terre-Soleil en ajoutant un angle β déterminé par simple proportion à partir de la durée calculée T (UN degré correspondant bien évidemment à 24 heures!)... Nous l'avons admis sans sourciller!

Heureusement pour nous, l'ordinateur est entré au laboratoire de physique: un fabuleux logiciel nous a permis de faire tous les calculs nécessaires et de tracer en coordonnées polaires les points que nous avons déterminés: pour chaque photo, la distance R et l'angle Lune-Terre-Soleil Zéro définissent en effet parfaitement la position de la Lune sur son orbite dans le référentiel géocentrique!

Surprise GENERALE! on nous a toujours dit que les astres suivent des ellipses... et là cela ressemble plutôt à un cercle! L'imprimante crépète, la photocopieuse fume et nous voilà tous à observer le tracé.

Nouvelle surprise: la Terre n'est pas au centre du cercle!

Le "fort en géométrie" passe au tableau et nous explique ce qu'est une ellipse: il en déduit son équation en coordonnées polaires quand l'origine est un des foyers.

Le SuperlogiCIEL accepte de déterminer les paramètres qui manquent: il propose des valeurs adéquates et trace le modèle d'ellipse qui passe au plus près de nos points "expérimentaux":

"VICTOIRE!" semble soupirer le prof: les valeurs de R sont conformes au modèle à 0,52 % près! Nous mêmes n'en revenons pas...c'est dire!

Il ne nous reste plus qu'à retrouver les compte-rendus de nos travaux pratiques de l'an dernier: A partir d'une photo prise pendant l'éclipse de Lune du 9 Février 90, nous avons pu déterminer la taille de la Lune et la distance Terre-Lune...

Nous devrions y trouver les données complémentaires permettant la résolution d'un nouvel exo pour la semaine prochaine: quelle est l'échelle de notre tracé? quelles sont les distance Terre-Lune extrêmes? et quelle est la distance moyenne...?

Tant pis...

Vivement la semaine prochaine! c'est l'Equinoxe! et il paraît qu'on va faire encore un TP d'enfer sur la rotation du Soleil... en construisant un cadran solaire!



MOUVEMENTS PERIODIQUES ET ASTRONOMIE

Encore une fois... GALILEE!

Au Printemps de 1610, alors qu'il a 46 ans, Galileo GALILEI n'est pas encore connu, mais le petit livre qu'il publie "Sidereus Nuncius", (le messager céleste), jette un pavé dans la mare des idées reçues: il y annonce en effet que les astres sont loin de la perfection divine qu'on leur attribuait (la Lune n'a rien d'une belle boule lisse puisqu'il y découvre montagnes et cratères) et la Terre perd le privilège d'être le seul CENTRE du monde: il en existe au moins un autre: Jupiter est en effet le centre d'un système de 4 satellites dont les mouvements sont bien visibles dans sa lunette! C'est immédiatement le triomphe, et son corollaire immédiat: la controverse... mais ceci est une autre histoire...

Comme GALILEE, nous allons nous intéresser aux mouvements (supposés circulaires) des 4 principaux satellites de Jupiter. La Terre, notre lieu d'observation, est pratiquement située dans le plan de leurs orbites, ce qui fait paraître celles-ci comme "rectilignes", et permet des observations intéressantes comme les "éclipses", les "passages" et même les ombres de satellites sur la surface de Jupiter... Les schémas ci-contre permettront de comprendre certains aspects de ces phénomènes.

Les photographies jointes ont été réalisées pendant plusieurs nuits consécutives par l'astronome Culver, aux U.S.A., ce qui explique que certaines aient pu être prises à midi (les heures sont données en Temps Universel... et il peut être midi à Greenwich, alors qu'il fait encore nuit dans certaines régions des U.S.A...).

On se propose de déterminer successivement le rayon a de l'orbite de chaque satellite, puis sa période de révolution.

Pour vous permettre de travailler plus commodément, ces satellites ont été partiellement identifiés par un chiffre (1 pour IO, 2 pour EUROPE, 3 pour GANYMEDE, 4 pour CALLISTO): Pour simplifier, vous ne travaillerez donc que sur les points ainsi identifiés.

Quant aux échelles de représentation du temps en abscisse, il sera conseillé d'utiliser:

pour IO.....	1 h/cm
pour EUROPE...	2 h/cm
pour GANYMEDE:	4 h/cm
pour CALLISTO:	24 h/cm

1) Rayon.

- Représenter en fonction du temps, la distance apparente de Jupiter au satellite étudié (mesure à effectuer sur la photographie):

On pourra effectuer les mesures au double décimètre, les transcrire dans un tableau et tracer la courbe.

Plus simplement, avec du papier calque, après avoir disposé sur l'axe des temps les dates intéressantes, on pourra placer les points directement en situant le calque au dessus de la photo et économiser... temps et papier!

- Montrer que l'extrémum de la courbe correspond au rayon de l'orbite considérée.

- Sachant que la distance séparant la Terre de Jupiter à la date des photos était de 4,46 U.A., déduire la valeur réelle du rayon en Unités Astronomiques (U.A.) et en kilomètres.

(On rappelle qu'une U.A. correspond au rayon de l'orbite terrestre autour du Soleil, soit environ $150 \cdot 10^6$ km).

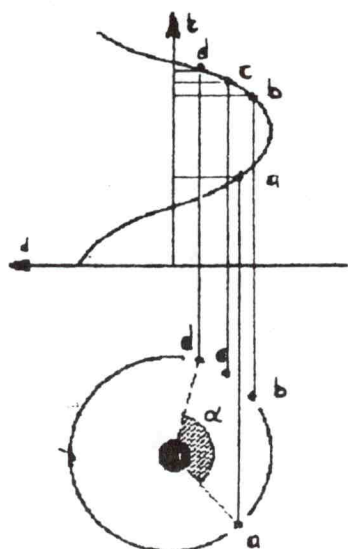
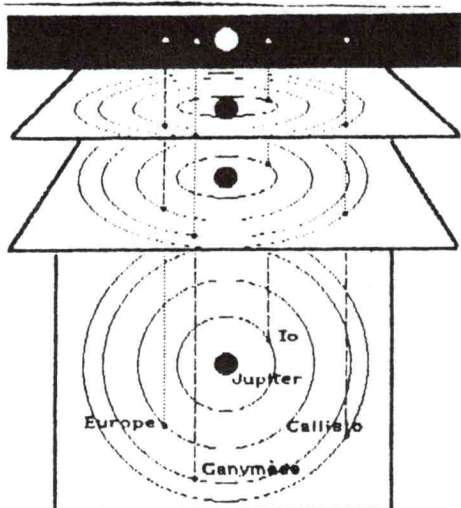
2) Période.

En vous inspirant des schémas ci-contre et en choisissant convenablement deux points qui correspondent à des observations situées de part et d'autre de l'élongation maximale, vous déterminerez l'angle balayé par le satellite entre ces deux positions.

- Expliquez clairement la méthode utilisée.
- Calculez la durée du parcours correspondant.
- Déduisez-en la vitesse angulaire du satellite puis sa période.
- Convertissez-la en heures.

Nota:

Il vous est peut-être agréable de savoir que ces résultats, associés aux lois de la Gravitation Universelle (dues à Isaac NEWTON, et explicitement au programme de Terminale...) vous permettront... un jour prochain, de déterminer... la MASSE de JUPITER!





MOUVEMENTS PERIODIQUES ET ASTRONOMIE

0' 2' 4'

27/03
02:00



27/03
04:00



27/03
06:00



27/03
07:00



27/03
08:00



27/03
10:00



27/03
11:00



27/03
12:00



28/03
02:00



28/03
06:00



30/03
05:45



31/03
05:10



31/03
10:45



01/04
06:00



01/04
09:45



02/04
03:20



03/04
02:50



03/04
06:45



03/04
11:00



05/04
03:15



06/04
02:40



06/04
07:00



ASTRONOMIE AU COLLEGE

Note de la Rédaction : A la suite de l'Assemblée Générale du CLEA, qui s'est tenue à Marseille en novembre dernier, Martine Janvier nous a écrit pour nous raconter l'expérience qu'elle a menée en collaboration avec sa collègue Monique Lubineau. Elle ajoute en particulier "Depuis septembre 1991, les acteurs des Somnambules sont partis vers le lycée, mais des plus jeunes ont pris la relève dans le cadre d'un "Atelier de pratique scientifique". L'expérience théâtrale continue par la mise en scène d'extraits de "La vie de Galilée" de Brecht ; nous partons pour Florence en avril, sur l'invitation d'un enseignant italien de Sciences rencontré cet été à Prague !... Encore des découvertes en perspective pour enseignants et enseignés !"

Elle mentionne aussi la revue Pégase et souligne l'enthousiasme et le sérieux avec lesquels les apprentis journalistes ont travaillé, ainsi que le bénéfice qu'ils en ont tiré - souvent sans le savoir - pour l'enseignement classique.

20 juillet 1991, dans un théâtre du centre de Prague, dix huit collégiens interprètent " Les Somnambules", jeu théâtral adapté de l'essai d'Arthur Koestler sur l'histoire des conceptions de l'Univers. Ce moment, où se mêlent le plaisir et la peur, ils ne l'oublieront plus. Comment sont-ils arrivés là? C'est une longue histoire...

Au départ, une équipe pédagogique et un groupe d'élèves curieux, décident de partir à "la découverte de l'Espace". Ce sera le titre du PAE qu'ils proposent au début de l'année scolaire 89/90. Peu à peu, les centres d'intérêt se précisent, les goûts s'affirment et d'un commun accord les regards se tournent vers l'Astronomie.

Dans l'équipe, il y a Patrick Salètes, le "montreur d'étoiles" qui fait découvrir les joies de l'observation nocturne: la Lune, Jupiter, Saturne, les Pléiades... Le collège se dote d'un petit télescope. La mise en place d'un Spatiodrome - maquette du Système solaire au 1/6 000 000 000 - permettra aux collégiens de rencontrer les écoliers des classes primaires voisines. Dans le même esprit d'ouverture et pour une meilleure appropriation de leurs connaissances, ils publient une revue scientifique "PEGASE" où ils racontent leurs expériences, leurs découvertes.

L'aventure se poursuit par la rencontre de la classe avec Robert Mochkovitch, astrophysicien à l'IAP dans le cadre de "1000 classes/1000 chercheurs", opération proposée par le CNRS et l'Education Nationale. Les élèves apprennent comment on devient astronome, ce que signifie "être chercheur", ils s'interrogeront sur les origines de l'Univers, sur leur propre place dans cet Univers. Ils rencontreront un autre astrophysicien, Roger Ferlet, dont ils pourront suivre une "mission" à La Silla au Chili en dialoguant avec lui sur le Minitel du collège; ils découvriront ainsi ce qu'est un grand observatoire et les thèmes des recherches effectuées: le disque protoplanétaire de l'étoile β Pictoris, la matière noire sous forme de naines brunes...

Ce qui étonne beaucoup les jeunes participant à ces échanges, c'est que Roger Ferlet et Robert Mochkovitch refusent le titre de "savants" et revendiquent celui de "chercheurs", qu'ils acceptent de dire "on ne sait pas". Ils comprennent alors qu'il n'y a pas de vérité scientifique définitive, mais que chaque découverte, tout en répondant à une question, provoquait une nouvelle interrogation.

Il fallait alors les aider à comprendre que ces chercheurs d'aujourd'hui étaient les héritiers de tant d'autres hommes qui, dans le passé avaient entrepris cette quête de la connaissance. Mais comment mieux comprendre ce qu'avaient vécu Copernic, Tycho Brahé, Képler ou Galilée, qu'en se glissant dans leurs personnages pour DIRE leurs doutes, leurs passions, leurs espoirs, pour VIVRE leurs luttes, leurs découvertes? "Les Somnambules" d'A. Koestler traduit parfaitement ces démarches hésitantes ou passionnées, mais c'est un ouvrage trop difficile pour des collégiens. Un comédien professionnel réécrira les dialogues, les aidera à parler, à marcher, à respirer; ce sera un vrai travail de théâtre. Ils participeront à la fabrication des décors (faire les solides de Platon sera l'objet d'un devoir de math. "utile"). Ils ne comptent plus les heures passées au collège, le midi, le mercredi ou pendant les week-end et les vacances.

Ce travail sera récompensé par le jury d'une exposition de jeunes scientifiques qui leur offrira une bourse afin de participer à une EXPOSCIENCE INTERNATIONALE à Prague en juillet 91. Coïncidence étonnante quand on sait que c'est à Prague que fut enterré Tycho Brahé. Bertrand, son interprète et tous les autres personnages furent très émus en pénétrant dans la cathédrale Notre Dame de Tyn qui renferme son tombeau!

Par l'évaluation faite en fin d'année, l'équipe des professeurs et des intervenants a pu constater que trois objectifs essentiels étaient atteints:

-*l'interdisciplinarité*, grâce à laquelle les élèves ont pu réconcilier les sciences avec les lettres et les arts. Ils ont acquis des connaissances par des démarches et des actions très variées. qui mêlaient astronomie, mathématiques, poésie, mythologie, théâtre... bain culturel dans lequel ils se plongeaient en permanence.

-*la transmission des connaissances*. Ils ont rencontré des scientifiques de haut niveau qui ont su les prendre au sérieux, grace auxquels ils ont appris. Puis, à leur tour, ils ont éprouvé le besoin de transmettre en publiant Pégase, en rencontrant des enfants plus jeunes ou leurs parents.

-*le plaisir d'apprendre*. Ils se sont interrogés sur "pourquoi on apprend" et "comment on apprend"; ils ont découvert à la fois, le plaisir de faire des sciences et la souffrance qu'on peut ressentir dans une activité dite de plaisir (au théâtre). **Des jeunes sont capables de se passionner, de se dépasser; il faut faire confiance en leur capacité à apprendre même si ce sont des choses difficiles.**

Martine Janvier (Mathématiques)
Monique Lubineau (Lettres classiques)

UNE RENCONTRE AVEC L'AMI DARREL

Du 3 au 6 avril 1989, un colloque avait réuni à Orsay le Groupe de Recherche Pédagogique (GRP-CLEA) en formation avec Darrel Hoff, responsable à l'Université de Harvard du projet STAR (Science Teaching through its Astronomical Roots). Nous en avons, à l'époque, relaté toutes les richesses (cf Cahier 46 - été 1989). Depuis, nous avons échangé courrier, informations et articles avec Darrel mais nous n'avons pas eu d'occasion de le revoir. Nous avons eu ce plaisir lors d'un court voyage qu'il faisait en France avec Madame Ardy Hoff. Nous les remercions vivement de nous avoir tous les deux réservé une grande matinée de leur bref séjour parisien pour nous faire part de leurs nouvelles activités en faveur de l'enseignement de l'astronomie.

La réunion a eu lieu le 3 avril 1992 à l'Institut d'Astrophysique de Paris. Y ont participé : Lucette Bottinelli, Jean-Luc Fouquet, Lucienne Gouguenheim, Edith Hadamcik, Claude Piguet, Jean Ripert, Cécile Schulman, Jacques Vialle et Gilbert Walusinski. Comme en 89, Jacques Vialle a assuré toujours aussi gentiment et toujours avec le même brio la traduction simultanée.

Darrel nous a donné de bonnes nouvelles sur l'enseignement de l'astronomie aux USA. Le département d'astrophysique de Harvard a ouvert un centre sur l'enseignement de l'astronomie où travaillent vingt personnes. Une session a réuni 250 enseignants, une autre 400 spécialement intéressés par l'enseignement à l'école élémentaire.

Le projet STAR est considéré comme réalisé, il n'est plus subventionné. Un autre projet ESTEEM concerne les sciences de l'Univers pour des élèves de 13 à 15 ans. S'ouvrant sur plusieurs domaines, géologie, astronomie, minéralogie, météorologie, etc, cet enseignement présente des difficultés propres à la pluridisciplinarité. Voici l'exemple d'un exercice proposé par un professeur du Nord du Wisconsin et que je vous propose : j'ai découpé dans un livre des fragments de page ; vous en prenez deux ou trois chacun et d'après ce que vous lisez vous essayez de deviner de quel genre d'ouvrages ces pages sont extraites. Puis par deux ou trois, vous discutez vos inférences.

C'est aussi un exemple des activités que nous proposons aux enseignants dans les ateliers que nous réunissons (174 ateliers ont été réunis dans 37 Etats ; trois mille professeurs ont suivi des ateliers s'étalant de 2 à 15 heures). Nous escomptons toucher 15% des enseignants en deux ans et en leur proposant, comme ici, des activités du même type que celles qu'ils proposeront ensuite à leurs élèves.

Le développement, depuis trois ans, du projet SPICA (Support Program for Improvement Competency in Astronomy) a permis la sélection des meilleurs professeurs qui enseignent l'astronomie. Une centaine de ces collègues, associés à notre département de Harvard, représentent le Projet SPICA dans 33 Etats et assurent 300 ateliers pour dix mille enseignants

L'objectif est la recherche et le développement d'une nouvelle pédagogie. Voici par exemple un exercice proposé à des jeunes élèves. Des fiches telles que celle reproduite ci-contre leur sont distribuées. Les élèves comparent les données de leur propre fiche avec celles du voisin. On peut alors proposer un rangement des étoiles d'après leurs distances en faisant se ranger les élèves selon les données de chaque fiche. Recommencer le rangement d'après les magnitudes apparentes. Toutes les étoiles utilisées sont brillantes et facilement reconnaissables. L'exercice est source d'une foule de questions.

Bien sûr, Darrel ne rencontre pas que des approbations dans les milieux de l'astronomie professionnelle. Le nombre des astronomes intéressés par l'enseignement est toujours trop faible (c'est l'éternelle

Star name: **Rnilam**

Constellation: **Orion**

Color of star: **blue-white**

Surface temperature: **28,000 K**

Distance from earth: **1,600 light years**

Brightness (apparent magnitude): **1.7**

Special information: **center star in Orion's belt**



critique : "vous ne parlez pas des trous noirs ni des quasars" ; comme s'il ne fallait pas commencer par le commencement). Mais il faut persévérer...

Notre ami avait apporté dans ses bagages à l'intention du CLEA, une jolie sphère armillaire comme on en trouve aux USA et, cadeau peut-être encore plus précieux, pour chacun des assistants, un spectroscopie à construire (en kit) tel qu'il est diffusé dans le cadre du projet STAR.

Lors du colloque de 1989, nous avons alterné les interventions de Darrel avec celles des participants CLEA et cela n'avait pas été pour rien dans la genèse du GRP-CLEA, auteur collectif des recueils de fiches HS 1, 2 et 3. Ce samedi 3 avril 1992, Lucienne Gouguenheim a rappelé justement ces travaux qui avaient été grandement stimulés par le colloque. Puis Lucette Bottinelli a présenté quelques-unes des diapositives sur la rétrogradation de Mars réalisées par Daniel Toussaint, lequel avait été empêché de se joindre à nous ce samedi matin. Jean Ripert montra ensuite comment les transparents T2 et T3 permettent de résoudre des problèmes de fuseaux horaires et d'expliquer les saisons. Enfin Claude Piguet exécuta devant nous la construction de son CINECIEL qui sera produit en série pour être vendu en kit et pour illustrer un nouvel ensemble de fiches.

Une longue matinée de fructueux échanges qui a passé vite, personne n'a vu le Soleil tourner. Même ou surtout Jacques, notre dévoué et infatigable interprète. Alors, ami Darrel, revenez nous voir quand vous pourrez et que ce soit bientôt.

G.W.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

ASTRONOMIE, introduction

par Agnès Acker ; collection De Caelo ; 356 p.; éd Masson, Paris 1992.

Quand Agnès Acker a publié, en 1978, son Initiation à l'Astronomie, nous étions nombreux à nous réjouir de voir enfin un grand éditeur mettre à la disposition des étudiants un ouvrage bien adapté à leurs besoins. Au CLEA, où nous pensons que le progrès de l'enseignement de l'astronomie passe par une meilleure formation des enseignants, nous considérons ce livre comme une référence qui nous faisait saluer avec satisfaction ses rééditions successives.

Aujourd'hui, Agnès Acker nous donne, sous le titre Astronomie et le sous-titre "introduction", une version nouvelle, complètement remise à jour. De 1978 à 1992, en 14 ans, l'astronomie a bougé et même si le sous-titre souligne l'ambition relativement modeste de l'ouvrage, l'Auteur s'est astreinte à un travail scrupuleux de mise au point. Matériellement, le format est celui d'un livre au lieu du format d'un cahier. La bibliographie d'ouvrages recommandés a été supprimée ; on le regrette un peu mais on comprend l'impossibilité dans ce domaine d'être à jour de façon permanente (la solution, à ce sujet, serait que notre rubrique "lectures" signale bien toutes les nouvelles publications recommandables, ce qui est loin d'être le cas). En compensation, dans le livre actuel, on trouve les adresses de tous les observatoires et laboratoires d'astronomie de France, des planétariums et des associations nationales d'astronomie dont, bien sûr, le CLEA.

Rappelons le sommaire : L'architecture de l'Univers. Le rayonnement stellaire. Positions et mouvements des astres. Caractéristiques des étoiles. Atmosphère et intérieur stellaire typique, étude du Soleil. Evolution stellaire. Matière interstellaire. Groupements astronomiques, le système solaire. Etoiles doubles et amas stellaires. La Galaxie. Les galaxies. Notions de cosmologie.

Un seul exemple sur l'enrichissement de cette nouvelle formule : p.121, j'admire un magnifique schéma de l'atmosphère et de l'intérieur du Soleil ; tous les détails des phénomènes solaires en surface et les zones internes. Plus loin l'étude des variations et des oscillations solaires est lumineusement - c'est bien le cas de la dire -, présentée.

La présente note n'est qu'une dérisoire façon de rendre compte d'un ouvrage qui représente d'abord le fruit d'un enseignement repris et corrigé durant de nombreuses années puis d'un travail de rédaction et de présentation dont on sait combien c'est une tâche mangeuse de temps. Le résultat, c'est le genre de livres qu'il faut placer dans la bibliothèque à portée de main. Il est certain qu'il ne s'y endormira pas, souvent repris, bref un ami fidèle.

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE A GRAND CHAMP

par Jean-Louis Heudier ; collection De Caelo, 166p. ; éd Masson, Paris 1992 (156 F).

Dans la même collection que le livre précédent, voici un ouvrage plus technique et plus spécialisé en attendant un titre plus théorique, une "Initiation à la cosmologie" par M.Lachièze-Rey.

Jean-Louis Heudier était particulièrement qualifié pour traiter de la photographie astronomique et en particulier de la photographie à grand champ avec télescope Schmidt. N'a-t-il pas été en effet un artisan direct de la mise enservice du Schmidt de Calern (Observatoire de la Côte d'Azur). J'ai souvenir d'une soirée de quasi inauguration au cours de laquelle Jean-Louis prenait un vrai plaisir à montrer les possibilités de ce bel appareil ; c'était en 1978 et, depuis, l'instrument a fait ses preuves, exemple p.113 du livre.

Voici le sommaire de ce livre qui fait bien le tour complet du sujet : 1. Photographie en astronomie ; 2. Les astrographes ; 3. Les télescopes de Schmidt ; 4. Les émulsions photographiques ; 5. Photographie et détection ; 6. Préparation des clichés ; 7. Préparation des observations ; 8. L'exploration des clichés ; 9. Réduction des clichés ; 10. Traitement de l'information ; 11. La clicheothèque ; Bibliographie ; Index.

LA MOLECULE ET SON DOUBLE

par Jean Jacques ; 124 p. ; éd Hachette-Cité des Sciences et de l'Industrie ; 1992.

Dans cette collection de la Cité des Sciences et de l'Industrie, nous avons déjà une série de titres hautement recommandables. Entre autres titres, je cite, dans l'ordre où ils ont paru : L'expansion de l'Univers (E.Schatzman), La vie dans l'Univers (J.Heilmann) ; L'avenir du Soleil (J-C.Pecker) ; La science du cristal (F.Balibar) ; Les constantes universelles (G.Cohen-Tannoudji). Et voici maintenant, de Jean Jacques, spécialiste de Stéréochimie, un exposé lumineux sur cette découverte étonnante du grand Pasteur : "dans le cas de certaines molécules chimiques, leur image dans un miroir ne leur est pas superposable". De même que, si vous êtes droitier, votre image dans le miroir est gauchère. On doit à Lord Kelvin la désignation de cette propriété par le joli mot de chiralité.

Comment Pasteur qui fut chimiste avant d'être biologiste a-t-il découvert cette chiralité ? En faisant traverser les solutions des matériaux étudiés par une lumière polarisée ; le plan de polarisation est alors dévié vers la droite par les molécules R, vers la gauche par les molécules S.

Cela aurait pu être une simple curiosité naturelle . Mais d'abord cela est lié avec des propriétés évidentes des cristaux : "La cristallographie moderne a vérifié que si les molécules symétriques (ou achirales) peuvent parfois cristalliser dans des arrangements chiraux, les molécules chirales, elles, ne peuvent cristalliser que dans des systèmes chiraux."

Et puis, et surtout, comme Pasteur le pensait, il y a prééminence de la matière chirale dans les organismes vivants. Mais oui, chers amis, nous sommes tous chiraux et nous le savons bien (ceux d'entre nous qui se rasent, en particulier). Mais alors se pose la grande question : comment la synthèse de la vie a-t-elle été effectuée ? N'était-ce pas à partir de matériaux achiraux ? Apprécions ici la sage réflexion de Jean Jacques : "Les difficultés auxquelles la science se heurte ici sont bien à l'échelle de l'énormité du problème posé. Mais n'est-ce pas le sort de l'homme, lui qui sait faire tant de choses, de chercher inlassablement d'impossibles certitudes ?"

L'amateur ou le curieux d'astronomie a aussi besoin d'information chimique. Le voici, avec ce livre, délicieusement servi, ce qui n'étonne pas les lecteurs des "Confessions d'un chimiste ordinaire". L'éditeur a joué astucieusement sur le mot chiralité en ajoutant au livre sur la molécule cette bande publicitaire : "La vie a-t-elle un sens ?"

LES PLANETES

Ces autres terres du ciel.

Un livret spécialement édité pour la commercialisation de la convention Galaxy par la Société Générale, sous la direction de la Société Astronomique de France (association à but non lucratif) et l'Association européenne Eurisy (association sans but lucratif). J'ai recopié scrupuleusement ces précisions sans bien saisir la nuance entre le "non" et le "sans".

Le livret d'une vingtaine de pages grand format est très bien illustré et présente une documentation sérieuse. On insiste sur le fait que la brochure ne peut être vendue (pourquoi ai-je eu le privilège de la recevoir ?) Toute reproduction même partielle est interdite. La Société Générale espère-t-elle faire des investissements sur Mars ?

LA LUMIERE

Interfaces 3 édité par le CRDP de Paris ; 174 p. ; 100 F.

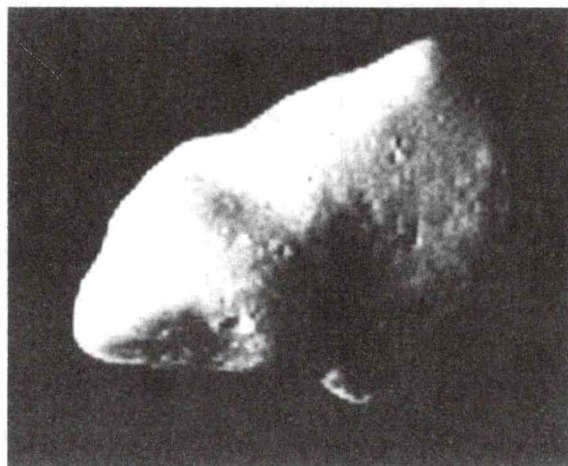
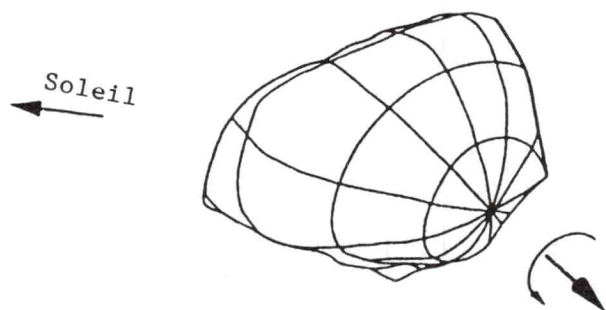
Voici un thème qui permet des contributions pluridisciplinaires aussi bien qu'interdisciplinaires : depuis l'histoire des théories physiques de la lumière jusqu'à "pas de vie sans lumière" (même s'il y a une vie dans les cavernes et dans les grandes profondeurs océaniques) en passant par lumière et optique géométrique (quels bons souvenirs d'enfance) etc. L'astronomie est en bonne place avec "La lumière dans l'Univers" par notre amie Catherine Vignon.

LA POLLUTION LUMINEUSE

En contrepoint de l'ouvrage précédent, voici un pamphlet bien documenté sur un véritable gâchis énergétique. Edition de la Fédération d'Astronomie Populaire Amateur du Midi.

DANS LES REVUES

Journal des Astronomes Français. N°41, février 1992. André Brahic présente la première image d'un astéroïde prise par la sonde Galileo, le 29 octobre 1991 : l'astéroïde 951 Gaspra, vu d'une distance de 16 200 km. Sa période de rotation est 7,04 minutes. On distingue sur sa surface des cratères dont les plus petits ont environ 300 mètres de diamètre. La partie visible mesure 16 kilomètres sur 12.



Pour la Science. N°173 mars 1992, J.Cannezo et R.Kaitchuk : les disques d'accrétion dans les étoiles binaires. Notre Présidente Lucienne Gouguenheim assure une chronique régulière : Le télescope SIGMA a découvert un trou noir ni supermassif ni au centre de la Galaxie (mars 92). Les galaxies naines (avril 92). Les sources transitoires de rayons gamma (mai).

Ciel et Espace. Un numéro spécial (40 F) "Objectif Planète Terre". Un dossier de 96 pages avec des contributions de Hubert Curien (Une vision globale), de Xavier Le Pichon (Des continents à la dérive), de Ludwik Celnikier (Un monde à la carte), de Jean-Paul Deléage (Les nouveaux défis écologiques)..

La Recherche. R.Kandel et Y Fouquart : Le bilan radiatif de la Terre (mars). E.Davoust et S.Considère : Des galaxies très voraces (avril). Numéro spécial sur l'effet de serre (mai) avec en particulier R.Courtin, C Mac Kay et J.Pollack : L'effet de serre dans le système solaire.

A PROPOS DU CYCLE DE METON ET DU NOMBRE D'OR

On attribue à l'astronome grec Méton la loi suivante, qu'il divulga en 433 avant Jésus-Christ, après l'avoir peut-être empruntée aux Babyloniens :

"Deux cent trente-cinq lunaisons valent dix-neuf années solaires".

Et l'on dit que les Athéniens en furent tellement émerveillés qu'ils la firent graver en lettres d'or sur les colonnes du temple d'Athéna, à l'occasion de jeux olympiques, au siècle de Périclès. Cette découverte essentielle eût permis aux Grecs d'harmoniser les mouvements combinés de la Lune et du Soleil pour la régulation de leur calendrier ; mais, en dépit de leur enthousiasme de circonstance, étrangement obnubilés par les brumes de la tradition, ils ne commencèrent à s'aviser d'en tenir compte qu'un siècle plus tard. A cet égard, nous ne sommes guère plus hardis que les Anciens, puisque notre immobilisme tranquille laisse encore divaguer les fêtes mobiles à travers notre calendrier solaire au gré de la Lune, malgré la gêne que ces fluctuations papillonnantes imposent à la vie civile. Il est vrai que le vol du papillon ne manque pas de grâce.

Il découle de la loi de Méton que les phases de la Lune se reproduisent sensiblement aux mêmes dates du même mois dans le calendrier solaire ordinaire tous les dix-neuf ans. Le rang d'une année dans ce cycle luni-solaire porte le nom de nombre d'or, en souvenir de la légende athénienne. Ce nombre, qui va de 1 à 19, est régulièrement inscrit sur l'almanach du facteur, dans la partie réservée au Comput ecclésiastique, sous la colonne du mois de février, car il intervient naturellement dans la fixation de la date de Pâques, qui dépend des phases de la Lune. Il contribue donc pour sa part aux divagations des fêtes mobiles, au fil des années. On peut le calculer aisément à l'aide de l'égalité suivante, de millésimè a :

$$n = (a)_{19} + 1$$

où $(a)_{19}$ désigne le reste de la division de a par 19. A titre d'exemple, une pleine lune (PL) eut lieu le 21 novembre 1991 tandis que dix-neuf ans auparavant, en 1972, elle se produisit le 20 novembre. L'irrégularité des lunaisons, qui varient de 29 jours 6 heures à 29 jours 20 heures, explique en partie que la coïncidence prévue pour deux années ayant le même nombre d'or, puisse différer quelque peu de la réalité astronomique. Quoi qu'il en soit, la loi de Méton, qui prévoit ces coïncidences de phases, n'en est pas moins remarquable, comme on le dira plus loin de façon plus précise.

Les circonstances historiques de la découverte du cycle restent obscures. Tel historien de l'astronomie pense que les Babyloniens savaient déjà que "19 années solaires correspondent assez bien à 235 mois lunaires synodiques" (J-P. Verdet, Une histoire de l'astronomie, le Seuil, col. Points Sciences n°562 p.40). Quant aux raisons d'ordre astronomique

sur lesquelles elle aurait pu se fonder, plusieurs hypothèses également plausibles ont été proposées. Citons, par exemple l'astronome Paul Couderc, qui examine la question à partir du calendrier grec, en donnant d'ailleurs l'opinion de Bigourdan et en rappelant les tentatives de Calippe pour améliorer le cycle de Méton vers 335 avant notre ère. (Le Calendrier, PUF coll. Que Sais-je? n°203, pp 63 et sq). D'autres explications prétendument plus simples ont été avancées. Mentionnons, par exemple celle que l'on trouve dans un livre assez récent : "Méton avait tout simplement trouvé le p.p.c.m. bien connu des potaches entre l'année solaire et le mois lunaire." (Le Roman de la Lune, Pierre Kohler, éd.France Empire 1973). Remarquons d'abord que les durées considérées s'expriment en fractions. La technique du p.p.c.m. proprement dite semble donc inadéquate. Examinons quand même la possibilité de comparer empiriquement les listes de multiples des périodes considérées. Bien avant Méton, les Grecs attribuaient à la lunaison et à l'année solaire les nombres suivants en jours solaires :

$$L = 29,53 \qquad A = 365,25$$

On peut constater que les nombres

$$235 L = 6939,55 \qquad \text{et} \qquad 19 A = 6939,75$$

sont effectivement voisins l'un de l'autre, mais aucun des deux n'est à proprement parler le p.p.c.m. de L et de A. On voit que leur différence est de 0,20 jour ce qui produirait un décalage cumulé de un jour en 95 ans. L'accord entre 235 lunaisons et 19 années solaires, à ce point de vue, est donc correct.

Du moins peut-on tenter, à la lumière des valeurs actuellement admises pour la lunaison et l'année tropique, de retrouver le rapport qui les lie par d'autres algorithmes. Celui que mit au point Euclide, bien connu lui aussi des potaches à l'époque où on l'enseignait naguère dans les classes terminales des lycées et celui des fractions continuées, qui en découle, sont parfaitement adaptés au problème, sans prétendre pour autant échafauder une reconstitution historique par des empilements de chiffres. Il importe donc de préciser que tout ce qui suit n'est qu'un exercice de calcul, poussé jusqu'à son terme, bien au delà de ce qu'exige le problème posé. Il permettra cependant d'apprécier a posteriori la qualité de l'approximation métonienne.

La durée moyenne de la lunaison L et celle de l'année civile sont :

$$L = 29,5 \ 305 \ 881$$

$$A = 365,2 \ 425 \ 000 \text{ en jours solaires moyens.}$$

Algorithme d'Euclide.

$$\begin{aligned}
 3\ 652\ 425\ 000 &= 295\ 305\ 881 \times 12 + 108\ 754\ 428 \\
 295\ 305\ 881 &= 108\ 754\ 428 \times 2 + 77\ 797\ 025 \\
 108\ 754\ 428 &= 77\ 797\ 125 \times 1 + 30\ 957\ 403 \\
 77\ 797\ 025 &= 30\ 957\ 403 \times 2 + 15\ 882\ 219 \\
 30\ 957\ 403 &= 15\ 882\ 219 \times 1 + 15\ 075\ 184 \\
 15\ 882\ 219 &= 15\ 075\ 184 \times 1 + 807\ 035 \\
 15\ 075\ 184 &= 807\ 035 \times 18 + 548\ 554 \\
 807\ 035 &= 548\ 554 \times 1 + 258\ 481 \\
 548\ 554 &= 258\ 481 \times 2 + 31\ 592 \\
 258\ 481 &= 31\ 592 \times 8 + 5\ 745 \\
 31\ 592 &= 5\ 745 \times 5 + 2\ 867 \\
 5\ 745 &= 2\ 867 \times 2 + 11 \\
 2\ 867 &= 11 \times 260 + 7 \\
 11 &= 7 \times 1 + 4 \\
 7 &= 4 \times 1 + 3 \\
 4 &= 3 \times 1 + 1 \\
 3 &= 1 \times 3 + 0
 \end{aligned}$$

Approximations rationnelles du rapport A/L

$a_n \dots$	12	2	1	2	1	1	18	1	2	8
0 1 ..	12	25	37	99	136	235	4366	4601	13568	113 145
1 0 ..	1	2	3	8	11	19	353	372	1097	9148

$a_n \dots$	5	2	260	1	1
0 1 ..	579293	1271731	331229353	332501084	663730437
1 0 ..	46837	102822	26780557	26883379	53663936

$a_n \dots$	1	3
0 1 ..	996231521	3352425000
1 0 ..	80547315	295305881

La disposition des calculs est identique à celle que présente Jean Itard dans son "Arithmétique et théorie des nombres" (coll Que Sais-je? n°1093) au chapitre consacré aux fractions continuées (ch V).

Cette disposition facilite la détermination des termes successifs selon une loi de récurrence particulièrement simple. Les fractions successives,

$$12/1 ; 25/2 ; 37/3 ; 99/8 ; 136/11 ; 235/19 ; \dots ; \frac{3\ 652\ 425\ 000}{295\ 305\ 881}$$

représentent alternativement les valeurs par défaut et par excès du rapport considéré, dont "elles donnent les meilleures approximations en ce sens

que toute approximation de ce rapport plus précise que l'une quelconque d'entre elles a des termes plus grands que les siens". (Jean Itard, loc.cit. p.78). La dernière n'est autre, d'ailleurs que A/L lui-même ; en effet, la meilleure approximation d'un nombre est justement ce nombre. Sur cette apparente banalité se cache un procédé fécond en théorie des nombres. Mais c'est une autre affaire.

Ainsi, dans la liste des fractions figure 235/19, celle de Méton : 235 lunaisons pour 19 années" ; celle qui vient après, 4366/353, signifie de même : "4366 lunaisons pour 353 années" ; elle n'est pas adaptée à la durée de la vie humaine. Finalement, à ce point de vue, la fraction métonienne est la meilleure possible.

Terminons en citant Paul Couderc (Le Calendrier, p.89): "235 lunaisons de 29,5305881 jours en 19 ans font une année de 365,2467475 jours. Cette année qui devrait coïncider avec l'année grégorienne de 365,242500 jours, est trop longue de 0,004247 jour par an ; soit un excès de lunaisons atteignant 42,47 jours en 10 000 ans."

On ne peut qu'admirer la perfection de l'accord perçu par Méton, voici près de vingt cinq siècles, sur les rendez-vous cycliques du Soleil et de la Lune. L'hommage éphémère que lui rendirent les Grecs était amplement mérité. La découverte de leur astronome valait bien de l'or.

Nice, le 21 novembre 1991, jour de pleine lune

Paul Perbost

N.-B. : Les pleines lunes citées sont les suivantes :

1972, le 20 novembre à 23 h 07 m

1991, le 21 novembre à 22 h 56 m

UNE EXPERIENCE POUR ILLUSTRER LES SAISONS

Les enfants savent généralement que c'est le mouvement annuel de la Terre autour du Soleil qui est à l'origine des saisons. Mais ils croient souvent que la variation de température selon les saisons est due à la variation de distance du Soleil.

Deux effets se combinent pour provoquer la différence de température en un lieu donné de la Terre : la durée de l'éclairement et la hauteur maximale du Soleil au-dessus de l'horizon. Ces deux effets sont dus à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre, qui n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique.

Arguer de la plus ou moins grande obliquité des rayons solaires fait appel à des connaissances de géométrie qui peuvent dépasser un jeune auditoire. Au contraire, l'enfant sait bien que le climat change au cours de l'année. L'expérience présentée illustre les saisons par les changements de température, dus à la quantité d'énergie reçue en un jour.

La série de 8 diapositives est disponible au secrétariat du CLEA (G. Walusinski, 26, Bérengère 92210 Saint-Cloud) au prix de 25 francs (port inclus).

CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

ERRATA

Plusieurs lecteurs ont justement signalé une faute typographique bien regrettable dans le cahier 57 (printemps 92), à la page 21 dans la rubrique "Mettez votre planétaire à l'heure": pour la longitude héliocentrique de Mars au 1^{er} janvier 1992, nous avons imprimé 25° alors qu'il fallait écrire 253°. Le 3 est resté dans la machine à écrire, nous en sommes confus. Merci à Mme Jeanne Cipari (Angoulême) et B. Mannevon (Avallon) de nous avoir signalé notre erreur. Nous avons déjà le regret d'avoir omis la publication de ces données en décembre ; regrets doublés d'y avoir manqué encore.

VITESSE DE LA LUMIERE ET ABERRATION

Nos Collègues Suzanne Débarbat de l'Observatoire de Paris et Simone Dumont de l'Institut d'Astrophysique lisent attentivement les Cahiers et s'étonnent de quelques divergences :

A la page 22, nous écrivons que Bradley a découvert l'aberration de la lumière en 1728 alors que Josée Sert, p.21, écrit 1726. Une vérification s'imposait. Je la prends dans l'Histoire de Pannekoek qui dit que Bradley commença ses observations des oscillations de Gamma Draconis en 1725 ; c'est en 1728 qu'il trouva l'explication des oscillations constatées. Ses observations n'étaient pas interrompues pour autant, il continue à suivre les oscillations de la même étoile sur une plus longue période et découvre en 1748 la nutation.

Fallait-il, d'autre part, dire que la mesure de la vitesse de la lumière par Michelson en 1881 fut la première mesure (sous entendu directe) ? Suzanne Débarbat nous rappelle que selon l'Histoire de la physique de Rosmorduc, il y a eu mesure de c par Fizeau en 1849, par Foucault en 1862, puis Cornu (1874 et 1876), Michelson (1879), Young et Forbes (1882),...

Excellente occasion de rappeler aux lecteurs l'ouvrage collectif Roemer et la vitesse de la lumière, édition Vrin, Paris 1978.

LES PRINCIPIA DE Newton

Christian Scotta, 6 impasse des Korrigans, 44115 Basse Goulaine, nous signale qu'il est l'auteur d'une traduction partielle des Principia qu'il diffuse par ses propres moyens.

VISITE DE PRAGUE

Liliane Sarrazin nous envoie de Prague, qu'elle a eu l'occasion de visiter cette carte: la belle horloge astronomique qui est installée face à une belle église gothique où se trouve le tombeau de Tycho Brahé.



PRAHA
STAROMĚSTSKÝ ORLOJ

LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

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

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

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

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

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

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

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

TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

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

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

- D1. Les phénomènes lumineux
D2. Les phases de la Lune
D3. Les astres se lèvent aussi
D4. Initiation aux constellations
D5. Rétrogradation de Mars

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

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

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- ST1. Catalogue des étoiles les plus brillantes (75F) ; édition sur disquette
120 F les deux disquettes
ST2. Deux séries de cartes postales : CP1. le système solaire ; CP2 Nébuleuses
et galaxies. Chaque série 23F

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire :

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD - Tél (1) 47 71 69 09

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

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1992 :

Cotisation simple au CLEA pour 1992	25 F
Abonnements simple aux Cahiers n°57 à 60	100 F
Abonnement aux Cahiers (n°57 à 60) ET cotisation au CLEA pour 1992	120 F
Contribution de soutien (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers Clairaut (port compris)	35 F

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

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

FA. L'astronomie à l'école élémentaire	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	

COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

- C1. Collection complète du n°1 au n°56 (740F-800F)
- C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 80F-90F)
- C90. C91. Collection 1990 ou 1991 (chaque 90F-100F)

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

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff
Dépot légal : 1^{er} trimestre 1979
Numéro d'inscription CPPAP : 61660