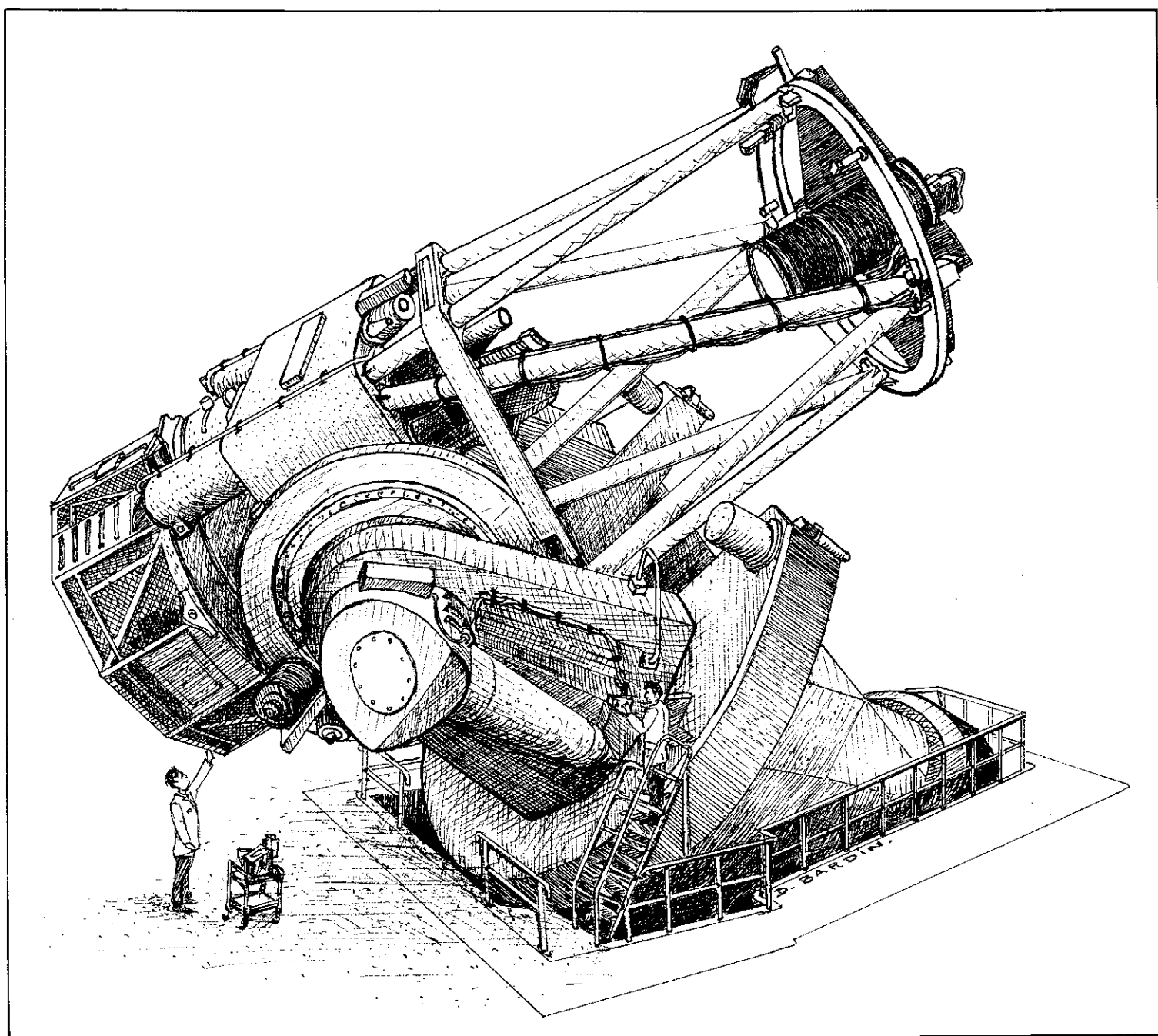


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 46 - ETE 1989 - MESSIDOR 197

ISSN 0758-234 X

Le CLEA - Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

Le CLEA, 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'école normale. On s'efforce d'y conjuguer information théorique indispensable et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et bon usage de ces matériels).

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

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

Bureau du CLEA pour 1989

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Alain Dargencourt

Marie-France Duval

Hubert Gié

Jean Ripert

Catherine Vignon

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

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 46 Eté 1989 - Messidor 197

	page
Enseignement scientifique et histoire de la Physique.....	2
Science et technique	5
Les origines du système métrique décimal	6
Les potins de la Voie Lactée	10
Actualité et Avenir de l'Enseignement de l'Astronomie	11
A l'école primaire	11
En Bretagne, expérience au collège et au lycée	14
Activités Astronomiques dans un lycée professionnel	15
Sur le volontariat et la motivation	16
La Lune, la Terre et le Soleil	16
Proposition pour un enseignement de l'Astronomie	17
La commission de réflexion sur l'enseignement de la Physique	26
Chronique du CLEA	28
Le colloque CLEA d'avril 1989	29
Digressions sur un propos d'Alain	36
Simulations en Astronomie sur ordinateur	40
Lectures pour la Marquise	41

EDITORIAL

Ce numéro fait une très large place à la réflexion sur l'enseignement. Nous remercions notre ami Hubert Gié et la revue Médianges de nous avoir permis de reproduire le texte fort intéressant sur l'enseignement scientifique et l'histoire de la Physique qui ouvre ce numéro des Cahiers.

La rénovation de l'enseignement est à l'étude: nous faisons donc le point sur les travaux des commissions de Physique d'une part, et des Sciences de la Terre et de l'Univers d'autre part. Nous poursuivons aussi la publication d'extraits de la correspondance que nous avons reçue en réponse à notre enquête. Le choix est difficile, car le courrier reçu était particulièrement riche. Que tous ceux qui ne sont pas cités veuillent bien nous pardonner! Certains d'entre eux (J. Chappelet, C. Fontaine, E. Hadamcik, M. Laisne, C. Piguet, J. Ripert, D. Vievard, ... parmi beaucoup d'autres) reconnaîtront leur empreinte dans la rédaction proposée par la commission des Sciences de la Terre et de l'Univers...

Nous rendons compte aussi du colloque d'Orsay d'avril dernier. La confrontation des objectifs, des méthodes et des activités du groupe STAR et les discussions avec D. Hoff ont beaucoup intéressé l'ensemble des participants; nous espérons donc qu'elle susciteront autant d'intérêt parmi les lecteurs des CC.

La richesse de ces rubriques nous a conduit à effectuer un choix parmi les contributions que vous nous avez proposées: merci à M. Toulmonde pour sa contribution à la célébration du bi-centenaire de la révolution, à propos du système métrique, à P. Perbost pour un intéressant travail à partir d'un propos d'Alain et à J. Heidmann qui a rédigé le Potin de la Voie Lactée. La suite ... au prochain numéro !

Bonnes vacances à tous.

La Rédaction

ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE ET HISTOIRE DE LA PHYSIQUE

Le Centre Interdisciplinaire d'Etude de l'Evolution des Idées des Sciences et des Techniques avait organisé, le 21 novembre 1988, au Centre Scientifique d'Orsay, un colloque sur le thème "Enseignement scientifique et histoire de la Physique". Les débats y furent introduits par un exposé de notre Ami Hubert Gié, Inspecteur Général de l'Education Nationale. Nous sommes heureux de publier ce texte et nous remercions le Centre Interdisciplinaire ainsi que la revue Médiances de nous en avoir accordé l'autorisation.

Je voudrais tout d'abord remercier les organisateurs de ce colloque, Christine Blondel et Paul Brouzeng, de me permettre cette présentation d'un sujet qui me tient à coeur par toutes ses implications.

Nous allons très simplement examiner le pourquoi et le comment d'une nécessaire référence historique dans le processus d'éducation scientifique débordant, en fait, le cadre étroit de la seule physique.

POURQUOI

1. Nécessité d'instaurer une véritable culture scientifique

Malgré des progrès récents indéniables, l'histoire des Sciences apparaît encore trop souvent comme un corps étranger à la fois aux historiens, qui le plus souvent l'ignorent, et aux scientifiques, plus intéressés par l'efficacité que par un retour aux sources.

Cette carence s'inscrit dans le fait qu'il n'existe pas encore véritablement de culture scientifique. Ce constat peut surprendre dans une société dominée par la Science et ses applications bénéfiques ou nuisibles. On forge ainsi un monde d'aveugles. La Science est de la sorte marginalisée, isolée et comme aseptisée, ne participant pas à la "vraie culture". On loue les vertus de l'enseignement historique mais on mutile cet enseignement d'une composante majeure, à savoir la prise en compte des interactions entre Science et Société. La Science intervient non seulement sur le développement économique mais se trouve fondamentalement impliquée dans les débats d'idées. D'où le paradoxe actuel : la Science est à la fois omniprésente par toutes ses conséquences sur notre vie sociale et individuelle mais elle n'est pas impliquée dans le développement culturel du plus grand nombre y compris les élites littéraires ou politiques.

Cette lacune est à l'origine de bien des incompréhensions ou de faux débats. C'est ainsi qu'on voit fleurir plus que jamais le charlatanisme et les fausses sciences qui se parent impunément du qualificatif de "scientifique". On ne peut être que frappé du développement parallèle de l'obscurantisme et d'un très lourd et onéreux appareil éducatif. Il y a là, à mon sens, une entrave au fonctionnement démocratique et cela n'est pas sans conséquences.

Nul doute que la mise en oeuvre d'une véritable culture scientifique passe par la prise en compte des efforts de l'homme pour comprendre et expliquer la Nature. Faute de quoi on aboutira à un monde où des robots humains seront assujettis à des robots techniques.

2. Atténuer le dogmatisme de l'enseignement scientifique

Une seconde conséquence de cette lacune est qu'elle favorise le dogmatisme inhérent à l'enseignement.

L'enseignant se sent le devoir d'abord de convaincre et aussi d'économiser son temps pour augmenter son "efficacité". Cette présentation de la Science "achevée" fait que l'acte scientifique apparaît trop souvent comme une sorte d'entité indiscutable coupée de ses créateurs. On dénature ainsi complètement, par un enseignement de type "hard" et évacuant la problématique, la perception de ce qu'est la méthode scientifique qui, tout au contraire, est axée sur l'imagination, la création, la critique et qui, par excellence, est le contrepoison du dogmatisme. Il n'est pas sain d'occulter ainsi cet effort permanent de l'esprit humain pour comprendre et expliquer.

Une éducation scientifique mieux conduite et prenant en compte l'évolution historique serait mieux à même de former et de développer l'esprit critique des jeunes au lieu de la désolante docilité intellectuelle que l'on observe aujourd'hui. Ce serait aussi une manière de favoriser une indispensable modestie de l'esprit bien propre à endiguer les nuisances idéologiques.

L'histoire de Galilée reste symbolique à cet égard.

3. Aider à rompre l'isolement sociologique des enseignants

Il importe donc que l'enseignant comprenne que la Science qu'il enseigne ne peut être détachée complètement du contexte sociologique. Cette prise de conscience aiderait les enseignants, sans qu'ils abdiquent leur propre spécificité, à sortir de la tour d'ivoire dans laquelle ils se complaisent trop souvent au grand dam de leur auditoire. La Science est un produit à la fois individuel et collectif et il est sain de restituer cette dualité évidente au niveau de l'enseignement. Il est urgent, en effet, que s'atténue l'isolement sociologique dont souffre le monde enseignant.

4. Eclaircir la nécessaire distinction entre Science et Technique

L'histoire ne peut que prendre en compte l'évolution conjointe des sciences et des techniques, les unes renvoyant aux autres. Il vaut donc mieux parler "d'histoire des sciences et des techniques" car les imbrications des deux domaines sont très significatives.

Qu'on songe, par exemple, au développement de la Thermodynamique qui, à partir de la technique des "machines à feu", s'est élevée peu à peu jusqu'à l'universel, du moins si on en croit ses prosélytes... On est ainsi conduit à mieux faire comprendre et à souligner la différence fondamentale de finalité entre Science et Technique, tout en mettant en évidence les points d'appui réciproques.

Actuellement, on assiste à ce sujet à une confusion très préjudiciable qui amalgame sans précaution les deux domaines. Le vocable "technologie" tend même à prendre une valeur mythique. Ce contresens, lourd de conséquences, n'est rendu possible que par la méconnaissance qui règne aujourd'hui à ce propos faute d'une culture nécessaire. Il importe en effet de se dégager de "l'oppression technique actuelle" (E.Schatzman) en restituant le rôle du savoir scientifique. Comme l'écrit encore Schatzman, "la découverte scientifique et l'invention technique procèdent de deux modes de pensée entièrement différents : dans le premier on découvre des choses qu'on ne savait pas ; dans le second on invente en se servant des choses que l'on sait". L'envoûtement technologique actuel au niveau de l'enseignement est à mettre au compte du manque de culture scientifique et technique des décideurs. Le contresens risque malheureusement d'être perçu trop tard.

COMMENT

Comment remédier à cette carence culturelle ? Je me bornerai à risquer quelques possibles remèdes dont certains ont déjà montré leur efficacité.

1. Instaurer une véritable formation des maîtres

Il importe d'abord et prioritairement d'agir au niveau de la formation initiale des enseignants en imposant dans leur cursus un volet "Histoire des Sciences et des Techniques". Notons d'ailleurs qu'il n'existe pas encore en France de véritable formation initiale au métier d'enseignant : des Instituts de formation restent à créer. Cette formation devrait inclure comme complément indispensable un volet "Didactique" et un volet "Epistémologie". Notre Pays est encore bien en retard dans ces domaines.

La crise de recrutement actuelle (qui n'est pas fortuite) fait qu'on pare au plus pressé et qu'on risque de délaisser cette formation spécifique au "profit" d'une soi-disant efficacité peu formatrice en vérité.

2. Agir au niveau des programmes

On devrait développer au niveau des programmes les incitations nécessaires à une meilleure prise en compte de l'évolution historique. Ce type d'action paraît à première vue le plus facile à mettre en oeuvre. Mais là encore, on se heurte à l'idéologie régnante de l'efficacité.

Les classes littéraires semblent constituer un bon terrain d'essai pour cela. Malheureusement, faute d'une formation suffisante des enseignants, les essais tentés dans ce sens pour éloquents et concluants qu'ils soient (voir par exemple, les essais réalisés par D.Fauque), restent encore sporadiques. Plus grave, on décèle actuellement une tendance chez certains responsables éducatifs, à souhaite dispenser un minimum de culture scientifique aux littéraires. Le système tend ainsi à se reproduire lui-même. Mais, peut-être, une telle évolution à rebours n'est-elle pas innocente?

3. Multiplier les publications

De grands progrès ont été accomplis depuis quinze ans à cet égard : biographies de savants (J.Dhombres), articles relatant les découvertes scientifiques et analysant comment les concepts se sont forgés, références historiques dans les ouvrages d'enseignement, enfin ouvrages synthétiques plus généraux donnant quelques éclairages indispensables. Se développent aussi la présentation de panneaux historiques dans les musées ou lors d'expositions et de congrès. Il existe ainsi une dynamique très porteuse et bien propre à apporter les motivations nécessaires. Cet aspect est probablement la donnée la plus positive et il convient de poursuivre dans cette voie.

En conclusion, il faut convenir que la prise en compte de l'histoire dans l'enseignement scientifique est subtile et demande beaucoup de souplesse et de savoir-faire. Certes, l'anecdote, voire le détail pittoresque ne sont pas des ingrédients à rejeter, mais l'essentiel doit porter sur la manière dont se construit la connaissance scientifique faisant ainsi ressortir la méthode scientifique ainsi que sa finalité. Un écueil majeur à éviter, et il est redoutable, est que les élèves se fixent sur les tâtonnements et idées fausses qui ont bien souvent et inévitablement accompagné les progrès scientifiques. Cette subtile dialectique entre le "vrai" et le "faux" ou plus exactement entre la théorie ou le modèle explicatifs et la théorie ou le modèle efficaces est tout à fait difficile à pratiquer (voir à ce sujet "La réfutation des théories fausses" par J-M.Lévy Leblond). Il ne peut donc être question d'une approche de cette sorte au niveau de l'enseignement secondaire, mais la formation initiale des professeurs devrait inclure ce type d'analyse donnant ainsi à réfléchir aux futurs dispensateurs du savoir.

Peut-on espérer de la sorte mieux apprécier les rapports entre Science et Société et faire régresser le nouveau manichéisme des temps présents qui tend à faire de la Science la source de nos maux alors qu'on développe l'admiration béate de la Nature et les croyances dans les fausses sciences ?

Paradoxalement, l'envahissement technologique s'accompagne d'une sorte de régression culturelle. Des sujets à méditer si l'on désire accéder à une société plus responsable...

Hubert Gié

SCIENCE ET TECHNIQUE

"Le terme de techno-science a été beaucoup trop utilisé pour ne pas rendre indispensable un peu de clarté dans ce langage. Au niveau le plus élémentaire, notre vie quotidienne est marquée par le recours constant à des moyens technologiques importants, qu'il s'agisse de se déplacer, de se nourrir, de se vêtir, de se loger ou qu'il s'agisse des outils utilisés sur le lieu de travail. Au delà de cette expérience individuelle, se profilent les grandes réalisations technologiques, telles que les véhicules spatiaux ou l'armement nucléaire. Ces retombées du savoir scientifique sont confondues par le plus grand nombre et même par une partie au moins des penseurs et des philosophes avec la science.

Si l'on veut savoir de quoi l'on parle il me semble nécessaire de définir l'activité scientifique... Je voudrais insister sur le fait que dans le processus de découverte, la caractéristique essentielle est que l'on passe d'un état d'ignorance à un état de connaissance. Avant, on ne savait pas, après, on sait. La transition entre avant et après n'est pas instantanée ; l'éclair de génie, s'il existe, est rarissime, et l'on sait que Newton, à qui l'on demandait comment il avait trouvé la loi de la gravitation universelle, répondit : en y pensant toujours. Il n'empêche que la notion historique d'avant et d'après est essentielle : elle s'accompagne souvent du phénomène de changement de paradigme. Je résumerai cette analyse en disant : ce qui caractérise la découverte, c'est qu'on ne sait pas en quoi elle consiste avant de l'avoir faite.

Par opposition, la réalisation d'un outil (nécessaire à une mesure, ou à une fabrication quelconque) procède exactement en sens contraire. Avant que l'outil ait été fabriqué, il en existe une représentation dans la tête de son inventeur. J'insisterai même sur la différence entre la résolution d'un problème par essai et erreur en rappelant une étape essentielle du développement d'un petit être humain. "Si l'enfant de moins de deux ans résout ses problèmes dans l'environnement comme un gibbon par essais et erreurs, après deux ans, lorsqu'il commence à savoir parler, il prend de plus en plus l'habitude de résoudre mentalement les mêmes problèmes, sans tâtonnement matériel direct."(G.Mendel)

Dans le domaine scientifique, l'emploi d'outils, au sens large du terme, pour acquérir de nouveaux savoirs, est une absolue nécessité, et c'est ce qui, incontestablement, intègre la création de l'instrument scientifique au sein de l'activité scientifique elle-même. La création de l'outil, son perfectionnement, utilisent un savoir, des savoirs. Ils ne peuvent utiliser un savoir qui n'a pas encore été acquis."

Evry Schatzman

extrait de La Science Menacée, p.84
Editions Odile Jacob 1989

Les origines du Système métrique décimal

Partout et toujours, les hommes ont compté, pesé, mesuré pour des besoins de commerce et d'échanges. Mais les systèmes traditionnels d'unités d'espace, de temps et de monnaie, étaient complexes, archaïques et surtout multiples.

Les unités anciennes de longueur se rapportaient souvent aux dimensions du corps humain ou à la mesure de ses activités : *pouce*, *pied*, *coudée*, *pas*, *lieue* (une heure de marche), *journal* (aire du terrain labourable en une journée), ... Les poids étaient généralement mesurés par des volumes. Pour les durées, le *jour* et l'*heure* avaient cependant un caractère quasi "universel".

Mais les unités ont des définitions locales (quand elles existent!), avec très souvent le même nom pour des valeurs différentes. De plus les subdivisions des unités utilisent les bases 6, 12, 16, voire 24, 10... Dès 789, Charlemagne décrétait l'emploi de mesures identiques dans tout le royaume, mais en vain. Louis XI, François Ier, Henri IV ou Louis XIV ne pourront faire mieux.

En 1581, GALILÉE découvre l'*isochronisme* des oscillations : deux pendules de même longueur ont la même période. C'est un lien entre longueur et durée.

En 1585, le Flamand S. STEVIN introduit la *notation décimale* des nombres (unité, dixième, centième...) et en montre l'avantage dans la quantification des mesures. La 'virgule' est imaginée par le Hollandais SNELL quelques années plus tard. Ainsi, le nombre noté 3;5;7 en base 12 (numération duodécimale) vaut $3 + 5/12 + (7/12)/12$ c'est à dire 3,4653... en base décimale.

Les étalons employés jusqu'au 18^e siècle sont :

-le *Pied de Roi* (0,325 m) et la *Toise du Chatelet* valant 6 pieds (1,95 m). Le mot toise vient du latin 'tensa brachia' = les bras étendus). C'était une barre de fer scellée en 1668 dans le mur extérieur du Chatelet, démoli en 1802. De plus, un pied vaut 12 *pouces*, et un pouce égale 12 *lignes*.

-la *Livre poids de marc* (0,4895 kg) fraction 1/25 de la *Pile de Charlemagne*, étalon de poids datant du 14^e siècle constitué d'une série de 13 poids en cuivre s'emboîtant les uns dans les autres. La Pile pèse 50 *marcs* (12,2375 kg), le marc fixant à l'époque le poids des monnaies.

Les précurseurs du Système métrique.

Les hommes de science commencent à traiter leurs expériences avec des mesures précises : un besoin d'uniformisation se fait de plus en plus fort. En 1788, la devise "Un roi, une loi, un poids, une mesure" est souvent citée dans les Cahiers de Doléances.

L'idée directrice est d'assurer l'*invariabilité des mesures en les rapportant à des étalons pris dans la Nature, donc universels*. De plus la simplicité et la cohérence supprimeraient les vestiges de la féodalité.

Dès 1670, les astronomes J. PICARD (français), C. HUYGENS (hollandais) et O. ROEMER (danois) suggèrent de se référer à la longueur du pendule "battant la seconde" pour définir l'unité de longueur (environ 99 cm). Mais en 1672, l'astronome français J. RICHER découvre que cette longueur dépend du lieu de l'expérience sur la Terre. En 1747, C. LA CONDAMINE propose la référence à l'équateur, tandis qu'en 1775, CONDORCET et C. MESSIER préfèrent la latitude 45°, plus facilement accessible, à mi-distance du pôle et de l'équateur.

Telle est la situation à la veille de la Révolution.

Les étapes de la réforme (1790-1799).

a) Le 8 mai 1790, l'Assemblée Nationale adopte un projet de TALLEYRAND, évêque d'Autun et député du clergé : *l'unité naturelle des longueurs sera celle d'un pendule battant la seconde sous une latitude à définir en accord avec d'autres pays* (notamment l'Espagne, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis d'Amérique). Ce concours des nations ne sera hélas pas obtenu.

b) Le 27 octobre 1790, l'Académie des Sciences adopte l'échelle décimale pour tous les poids et mesures, et une Commission composée de BORDA, LAGRANGE, LAPLACE, MONGE et CONDORCET est chargée de fixer la base des unités.

c) Ces savants rejettent l'idée du pendule en raison de son caractère local, non universel, et proposent la longueur du *méridien terrestre* (la même partout sur la Terre). L'Assemblée vote cette loi le 30 mars 1791, et ordonne la mesure de l'arc de méridien de Dunkerque à Barcelone (environ 10°). C'est la première définition du *mètre* : la dix-millionième partie du quart du méridien. Ainsi, par définition, la circonférence polaire de la Terre mesure exactement 40 000 000 m. (le mot mètre, dû à Borda, vient du grec 'metron' = mesure).

Dunkerque et Barcelone ont été choisies pour plusieurs raisons : elles se situent très près du méridien de Paris (celui de l'Observatoire), elles sont toutes deux de part et d'autre du 45^e parallèle, et elles se situent au niveau de la mer, ce qui facilite la détermination précise de leur latitude, par la mesure de la hauteur du Pôle céleste, proche de l'Etoile Polaire. On voit bien toute l'importance des astronomes dans cette aventure, car c'en est bien une que celle de Jean-Baptiste DELAMBRE et de Pierre MECHAIN qui, seuls ou presque, vont parcourir la France du nord au sud (et une partie de l'Espagne, alors en guerre contre la France) pendant sept ans, de juin 1792 à décembre 1798. Il ne leur sera guère facile de faire les mesures par *triangulation* (voir encadré) au milieu des vicissitudes de la France révolutionnaire. Pourtant ces deux savants achèveront leur mission.

La Commission chargea également les chimistes A. de LAVOISIER et R-J. HAÜY de déterminer le poids (la masse) d'un volume connu d'eau pure pour en déduire l'unité de masse, d'abord appelée *grave* (du latin 'gravis' = lourd).

d) Avant de disposer des résultats des mesures, la Convention Nationale adopte deux textes très importants :

- le 1er août 1793 : décret sur un système décimal provisoire des poids et mesures,

La triangulation

Cette méthode géodésique consiste à déterminer une grande longueur par la mesure directe de quelques angles, et d'une distance relativement faible appelée la *base* (une dizaine de kilomètres).

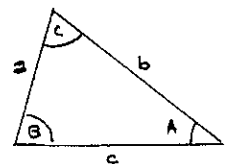
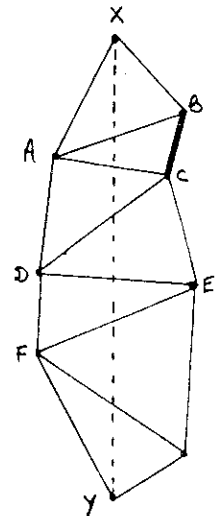
Pour déterminer la distance entre les villes X et Y, on choisit de part et d'autre de la ligne XY les points A, B, C... tels que, distants entre eux de 10 ou 20 km, ils puissent être visés à partir d'au moins deux autres points. Chacun d'eux est matérialisé par un repère géodésique (clocher, pyramide, ...) de 20 à 30 m de haut. De proche en proche, par visée directe, on mesure très précisément tous les angles du réseau des triangles XAB, ABC, BCD, ... à l'aide d'un *théodolite* (Borda avait mis au point le *cercle répétiteur* pour les mesures de Delambre et Méchain et en utilisant le grade pour unité d'angle).

Ayant choisi une ligne de référence (base) la plus horizontale possible (par exemple BC), on détermine sa longueur avec toute la rigueur possible. La précision actuelle avec des décimètres spéciaux est de l'ordre de 1 mm pour 10 km (soit 10⁻⁷).

Tous les angles et un seul côté étant connus, la trigonométrie (sphérique) permet de calculer tous les côtés des triangles, donc la longueur XY en unités linéaires. Par exemple, en géométrie plane, dans le triangle ABC, on connaît le côté b et les angles A, B, C : la relation

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \quad \text{permet le calcul de a et de c.}$$

Pour atteindre le rayon R de la Terre, on mesure les latitudes φ_1 et φ_2 des points X et Y (distants de L) par les hauteurs du Pôle céleste dans le ciel en ces points. La relation $L/2\pi R = (\varphi_1 - \varphi_2)/360$ donnera R. Avec $2\pi R = 40\,000\,000$ mètres par définition, ces calculs déterminent la valeur en mètres de l'unité linéaire employée pour la mesure directe de la base (la toise pour Delambre et Méchain).



avec comme unité de longueur le *mètre*, de masse le *grave*, de capacité la *pinte* (qui sera changée en *cadil* en janvier 1794), et de monnaie le *franc d'argent*.

- le 7 avril 1795 (18 germinal an III): *loi organique du Système métrique décimal*, fixant les nouvelles mesures "républicaines" et les préfixes décimaux à utiliser dans la nomenclature : le *mètre*, l'*are* (du latin 'area'=aire), le *stère* (du grec 'stereos'= solide), le *litre* (du grec 'litra', nom d'une mesure des liquides chez les Grecs), le *gramme* (du grec 'gramma'= petit poids), le *franc* (du nom du denier d'or frappé sous Jean le Bon en 1360, avec la devise "Francorum rex" = roi des Francs). Cette nouvelle monnaie remplace la *livre tournois* (du latin 'Turonensis'= monnaie frappée à Tours, au 13^e siècle).

Pour l'unité de masse (le *gramme*), la loi de 1795 adopte une valeur 1000 fois plus petite que celle de 1793 (le *grave*), à cause de l'étendue de l'échelle des "poids". L'unité deviendra le *kilogramme* en 1799, mais on gardera cependant le préfixe 'kilo' (voir le tableau ci-après).

e) Après les mesures de Delambre, Mechain, Lavoisier et Haüy, vérifiées par une commission de savants européens, la loi du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799) fixe la valeur *définitive* du mètre :

- le mètre vaut 3 pieds 11,296 lignes de la Toise du Pérou (copie étalon de la Toise du Chatelet, utilisée par La Condamine vers 1740 au Pérou pour la mesure du méridien sous l'équateur).

- le kilogramme (masse du décimètre cube d'eau pure à 4°C) vaut 18827,15 grains, le grain étant la fraction 1/9216 de la livre poids de marc, et 9216 = 16x24x24.

Ces unités avaient été matérialisées par des étalons en platine aggloméré : une règle à bouts (et non à traits) pour le mètre, et un cylindre de diamètre égal à sa hauteur (39 mm) pour le kilogramme. Ces étalons furent déposés aux Archives de la République le 4 messidor an VII (22 juin 1799).

Ainsi, la loi du 19 frimaire définit le mètre et le kilogramme par ces étalons qui "sont définitifs dans toute la République".

Diverses nomenclatures de quelques mesures décimales
(D'après H. Moreau: *Le Système métrique*)

Grandeurs	1er août 1793	7 avril 1795	4 nov. 1800	Valeurs
<i>longueurs</i>	milliaire	kilomètre	mille	1000 m
	mètre	mètre	mètre	1
	millimètre	millimètre	trait	0,001
<i>superficies</i> (agraines)	are	hectare	arpent	10000 m ²
	centiare	are	perche carrée	100
	-	centiare	mètre carré	1
<i>capacités</i>	cade	kilolitre	muid	1 m ³
	décicade	hectolitre	setier	0,1
	centicade	décalitre	boisseau	0,01
	pinte (cadil)	litre	pinte	0,001
<i>mesure des bois</i> <i>de chauffage</i>	-	stère	stère	1 m ³
	-	décistère	solive	0,1
<i>masses</i>	grave	kilogramme	livre	1 kg
	décigrave	hectogramme	once	0,1
	centigrave	déca gramme	gros	0,01
	gravet	gramme	denier	0,001
	décigravet	décigramme	grain	0,0001
	-	-	-	-
<i>monnaies</i>	franc d'argent	franc	franc	1 F
	-	décime	sol	0,1
	-	centime	denier	0,01

La mesure des durées.

La Nature offre à l'homme des durées étalons : l'année et le jour. Les Egyptiens avaient convenu de découper le jour et la nuit en deux fois 12 heures (de durées inégales). Les noms des autres subdivisions apparaissent au 13^è siècle : *minute* vient du latin 'minutus' (= petit), et *seconde* dérive de 'minuta secunda' par opposition à 'minuta prima' au sens de première et deuxième subdivision de l'heure en base sexagésimale (60). La seconde reçut très tôt une définition "naturelle": la fraction $1/86400$ du jour ($86400 = 24 \times 60 \times 60$).

Le calendrier est la liste des jours de l'année, rythmée par les saisons et les phases de la Lune. Afin de rompre avec le passé (aspect antireligieux de la réforme) et aussi pour introduire la numération décimale, la Convention Nationale décrète l'usage du *calendrier républicain* le 5 octobre 1793 : l'année débute le jour de l'équinoxe d'automne à Paris (en souvenir de la date de la proclamation de la République en 1792). Elle comporte 12 mois égaux, partagés en 3 décades, plus 5 (ou 6) jours supplémentaires afin de coïncider avec l'année astronomique des saisons.

Ce même décret prévoyait la division décimale et centésimale du jour : un jour égale 10 heures, une heure égale 100 minutes, et une minute vaut 100 secondes. Cette disposition ne sera guère appliquée : la loi du 18 germinal an III (7 avril 1795) en suspend l'obligation à cause des difficultés à rompre les habitudes.

Parallèlement, sur une proposition de Borda, les angles devront être mesurés en *grades* (et non en degrés, minutes et secondes d'arc) à raison de 400 grades pour un tour. Cette mesure ne s'est pas imposée à cause des astronomes et des marins, trop habitués aux valeurs sexagésimales! Pourtant, sur une Terre sphérique, un centigrade d'écart en latitude correspond exactement à une distance de 1 km, alors que le *mille marin* (écart de 1 minute d'angle) vaut 1852 m. Déjà en 1670, mais sans succès, l'abbé G. MOUTON avait proposé de définir une unité "universelle" de longueur, la *virgula* ou *pied géométrique*, par la fraction $1/10000$ du mille (environ 20 cm).

Des décisions rétrogrades.

La population (souvent illétrée) n'était guère favorable au Système métrique, y voyant plus d'inconvénients avec les noms nouveaux et les habitudes à modifier, que les avantages de la decimalisation.

Le 13 brumaire an IX (4 novembre 1800), un arrêté consulaire redonnait à la plupart des unités leurs noms "anciens" d'avant 1793 (tableau). Le 12 février 1812, un décret impérial autorisait, à côté du système légal, l'emploi de mesures "usuelles" à subdivision non décimale, et portant des noms anciens! L'arrêté du 21 février 1816, sous Louis XVIII, abandonnait même la decimalisation, compromettant gravement la réforme à peine réalisée.

Heureusement, la loi du 4 juillet 1837 abrogea le décret de 1812 et rendit obligatoire l'usage du Système métrique décimal à partir du 1^{er} janvier 1840.

Quelques expressions nous rappellent ces anciennes unités : "passer sous la toise", "ne pas reculer d'un pouce",... Seul le mot *livre* (500 g) résiste encore sur les marchés!

Internationalisation du Système métrique.

Peu à peu, mais parfois avec des réticences, tous les pays vont adopter notre système que Condorcet dédiait "*à tous les temps et à tous les peuples pour leur plus grand avantage*". Les expositions universelles en favoriseront l'expansion et le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) sera créé en 1875 lors de la "Convention du Mètre".

Depuis, les progrès de la physique ont permis de modifier les définitions des unités (sauf celle du kilogramme qui est toujours la masse d'un cylindre de platine) et la lumière et les atomes assurent à présent le caractère naturel des étalons du mètre et de la seconde.

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LE CONTEXTE DE SETI DANS LA BIOASTRONOMIE

Supposer que la vie fasse partie intégrante de l'évolution cosmique de l'univers apparaît maintenant comme une hypothèse de travail des plus raisonnables. Plusieurs étapes successives, successives du moins dans la complexité, de cette évolution commencent à se dessiner.

En premier l'évolution stellaire a conduit du Big Bang à la formation des étoiles avec son importante production, par la nucléosynthèse en leur sein, des éléments chimiques, et tout particulièrement du carbone.

Ensuite se présente l'évolution chimique avec la synthèse de composés organiques simples d'intérêt biologique, telles les dizaines de molécules organiques différentes découvertes dans l'espace interstellaire par la radioastronomie ou les acides aminés et les bases nitrées d'origine extraterrestre incluses dans certaines météorites.

Puis vient l'évolution prébiotique conduisant à des composés organiques beaucoup plus complexes comme ceux formés en laboratoire dans des expériences de simulation de milieux planétaires primitifs ou ceux semblant exister dans l'atmosphère du gros satellite Titan de la planète Saturne.

Quatrième stade, l'évolution biologique primitive, grande inconnue encore mais dont on pense que sur terre elle a conduit en un temps très court, quelques centaines de millions d'années seulement, à la formation d'une biota florissante, étape que la planète Mars a pu connaître aussi.

Enfin, cinquième étape, l'apparition de formes évoluées de vie, mais cette fois-ci en un temps très long se chiffrant en milliards d'années, telles celles dont nous sommes témoins et réparties actuellement sur le globe.

Comme on peut le voir déjà dans ce simple schéma, l'astronomie joue un rôle de premier plan dans les problèmes soulevés par la vie dans le cosmos. A tel point que l'Union Astronomique Internationale a créé une commission spéciale pour soutenir, coordonner et officialiser les activités de ses membres dans ce domaine : "Bioastronomie, Recherche de la Vie Extraterrestre".

La bioastronomie est devenue une branche en fin d'adolescence prête à attaquer de front, scientifiquement, observationnellement et expérimentalement, la recherche de la vie dans l'univers.

C'est dans ce cadre général que s'insère le SETI, Search for ExtraTerrestrial Intelligence, ou recherche d'intelligence extraterrestre, plus précisément dans la cinquième étape d'apparition de formes de vie évoluées. Si d'autres civilisations dans le cosmos ont des possibilités au moins égales à celles représentées par nos grands radiotélescopes et radars il est possible de communiquer jusqu'à des distances dépassant mille années-lumière. En clair cela signifie qu'un million d'étoiles de notre Galaxie sont à notre portée et qu'un pas technologique majeur a été franchi grâce aux développements récents de la radioastronomie.

Ce pas débouche sur SETI...et sur un autre défi : si on a la sensibilité suffisante, il reste que le nombre de canaux de communication potentiels est immense, mille milliards ! Or les récepteurs actuels des radioastronomes n'ont que mille canaux d'écoute simultanés.

C'est alors que la NASA a décidé de frapper un grand coup : construire un récepteur avec des dizaines de milliards de canaux d'écoute. La France, qui elle possède le troisième plus grand radiotélescope du monde, à Nancay, en Sologne, met sur pied une collaboration internationale, le "MégaSETI" : la NASA installerait une copie du superrécepteur au foyer du grand instrument français en échange de temps d'observation SETI.

L'observatoire de Paris, associé à la NASA, sera-t-il le premier à découvrir un signal de civilisation extraterrestre avancée ?

Jean Heidmann

(adapté du Journal des Astronomes Français, avec autorisation)

ACTUALITE ET AVENIR DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE

L'enquête sur l'enseignement de l'astronomie lancée en décembre 1988 par notre Présidente nous a valu une riche moisson de contributions dont les premiers extraits ont été publiés dans le Cahier 45 (printemps 1989). Nous poursuivons la publication d'autres extraits, persuadés qu'ils peuvent servir au travail de la Commission "Sciences de la Terre et de l'Univers". Ils témoignent de l'ardeur et de la lucidité avec lesquelles nos Collègues vivent la promotion de l'enseignement de l'astronomie.

A L'ECOLE PRIMAIRE

Les réformes de l'Enseignement Primaire posent de plus en plus de problèmes. Leur efficacité dépend des contenus, de la formation des maîtres, des moyens financiers pour la mise en oeuvre et de l'adaptation au niveau des élèves.

1. CAUSES DES ECHECS D'UNE REFORME

Il faudrait des dizaines de pages pour relater l'ensemble des causes des échecs d'une réforme.. Je me limiterai à quelques points :

- pas du tout ou peu de formation des maîtres pour des matières nouvelles, astronomie, électronique, mécanismes et électromécanismes, sciences du vivant, l'énergie, la géologie,... A ce jour entre 0 et 5% des instituteurs bien informés selon les matières.
- Formation des maîtres assurée trop souvent par des littéraires qui utilisent un blabla pseudo scientifique et qui ne dominent pas leur sujet. Les instituteurs vont à reculons à ces conférences pédagogiques d'une journée. Dégoûtés par de nombreux problèmes de ce type, les instituteurs se réfugient dans les matières les plus fondamentales, français et mathématiques.
- Sauf pour l'informatique, l'introduction de matières nouvelles n'est jamais, pour le primaire, assortie de moyens financiers supplémentaires. Les communes assurent ces charges si elles le veulent bien et si elles le peuvent. Au ministère, on dira qu'il y a des Lois de Dépenses Obligatoires, elles sont quasiment inapplicables. Cela veut dire que les réformes pour le niveau qui nous intéresse sont toujours matériellement difficiles à mettre en oeuvre.
- De nouveaux programmes, de nouveaux livres ; attendre des livres valables, quand le choix est fait et les livres achetés, on change les programmes. Il faut imaginer les collègues plusieurs fois "échaudés".
- Il faut penser à nos collègues du collège où les livres de sciences ne sont achetés que sur les fonds de réserve, c'est à dire qu'ils ne font pas partie des achats prioritaires comme les livres de mathématiques, de français ou de langues.
- Nous hésitons à investir dans les livres.
- Les diapositives : ce sont des supports intéressants dans de nombreux domaines. Gros inconvénient, elles sont taxées à 33% de TVA...
- Pour la petite commune de 200 habitants où je travaille, la dépense scolaire totale représente 15% de son budget. Plus les communes sont importantes, plus ce pourcentage baisse mais il reste toujours important.
- Pour ce qui concerne l'adaptation des programmes à l'âge mental des enfants, je ne citerai que la réforme Savary où l'astronomie était à enseigner à des enfants de 6 ans, Cours Préparatoire. Tout le monde veut l'oublier, pourquoi ?

- Dernier point, pour déguster définitivement les dernières bonnes volontés changer les programmes avant qu'on ait réussi à mettre en oeuvre le précédent.

2. ENSEIGNEMENTS A TIRER POUR UNE REFORME NOUVELLE

2.1. Organisation logique à l'intérieur des matières et entre les matières, le tout devant être compatible avec les possibilités intellectuelles des enfants. Un bon programme, pour être enseigné correctement et bien retenu par les élèves, devra être agréable et répondre au mieux aux questions fondamentales. (Ne pas oublier que la cosmographie enseignée autrefois au lycée n'était pas toujours bien reçue).

Tout cela semble évident, mais avec nos manies cartésiennes nous ne raisonnons qu'en restant à notre niveau adulte et non en pensant à l'âge mental des enseignés et à leurs centres d'intérêts.

2.2. Reconduire la majorité des contenus. Pourquoi ?

Là, le conservatisme n'a rien à voir, mais il faut penser à la stabilité des programmes qui favorise les expériences, les applications et rend crédible la matière. Il suffit de voir l'intérêt d'une société pour l'histoire et la géographie qui sont enseignées depuis plus d'un siècle. Aujourd'hui, les sciences doivent s'affirmer et devenir aussi fondamentales.

2.3. Pour ce qui est de la révision des programmes, l'idée d'introduire l'astronomie dans une nouvelle rubrique "Sciences de la Terre et de l'Univers" est excellente. C'est une façon plus cohérente, à mon avis, d'aborder un ensemble de disciplines qui, séparées, ne semblent pas à l'instituteur présenter de liens.

2.4. Pour être efficace, une réforme doit avoir des buts modestes et faciles à atteindre pour 93% des enfants. Elle ne doit pas rebuter par des tests, notations diverses qui ne sont que sources de sélection par l'échec peu adaptées pour de jeunes élèves.

3. CONTENU

Comme je le disais plus haut, il serait bon de retenir toutes les grandes lignes du précédent programme en affirmant plus l'unité entre les différents chapitres. Je souhaiterais cependant que l'origine astronomique du calendrier et que beaucoup de découvertes soient mises en valeur et aient leur place en histoire au même titre que les idées philosophiques.

Evaluation des apprentissages à l'école élémentaire :

- il serait intéressant que les élèves arrivent à situer la Terre par rapport aux autres astres.
- il serait aussi souhaitable de bien connaître le calendrier et d'avoir une bonne idée de ses origines astronomiques.
- interroger les élèves de manière indirecte afin de tester ce qu'ils ont compris, retenu,... et plus jamais d'interrogations écrites sur des listes et des tableaux de données.

4. EXPERIENCES AU NIVEAU DE L'ECOLE

En histoire, on doit élaborer avec les élèves une frise chronologique personnelle pour structurer le temps. Pourquoi ne pas utiliser la même chronologie pour plusieurs matières ? Ayons pitié des enfants !

Donc une frise avec une unité plus petite qui relativiserait mieux la place de l'homme et rendrait un énorme service de simplification pour les enfants. Echelle : 1mm/an, l'âge d'un enfant représenté par 6mm, 10 ans 10mm. A six ans on ne parle pas de millimètres, mais on peut parler d'intervalles, d'un nombre de traits. Relier l'idée d'années aux "grands voyages" de la Terre autour du Soleil, 6 ans = 6 grands voyages.

Au Cours Moyen (9-10 ans) : toujours dans le même ordre d'idée, l'invasion de la Gaule par les Romains, 2000 ans ou 2 m. Histoire locale, hommes du néolithique, 4000 ans pour mon village ou 4m. Premiers hominidés d'Afrique, 3 millions d'années ou 3 km, penser à un village voisin. Système solaire 4,5 milliards d'années ou 4 500 km ou frontière nord de la Côte d'Ivoire. Origine supposée de l'Univers 15 milliards d'années c'est à dire 300 km avant le pôle Sud !

Représentation du système solaire avec échelles des tailles et des distances : Terre 1cm à 117 m du Soleil d'un diamètre de 109cm, étoile la plus proche à 33 000 km.

A six ans, plusieurs idées de cycles sont intéressantes :
- la journée ou le jour + la nuit. Il est facile de le faire comprendre en utilisant un globe et une lampe de chevet sans abat-jour. On peut aussi faire tourner les enfants sur eux-mêmes devant un projecteur ou, quand les effectifs sont peu importants, avec une ronde devant le projecteur, en tournant le dos à l'intérieur de la ronde. Solliciter l'imaginaire par l'intermédiaire de la littérature, dialogue du Petit Prince de Saint-Exupéry avec l'allumeur de réverbères.

- L'année des saisons et des événements individuels. Faire découvrir par la discussion les caractères de chaque saison, placer les points de repère Noël, les congés scolaires, les dates d'anniversaire sur l'ellipse décrite par la Terre... Pourquoi ne pas écouter "Les Quatre Saisons" de Vivaldi?

5. PROPOSITIONS DE CONTENU

5.1. Cours Préparatoire Voir plus haut

5.2. Cours Élémentaire (élèves de 7-8 ans). Même contenu qu'au CP mais on commence à pouvoir utiliser les nombres pour des mesures de distances et de durées, débiter la chronologie ; notion de cycle, ajouter celui de la semaine et par une étude du calendrier (almanach de P&T), du cycle des phases de la Lune, le mois.

5.3. Cours Moyen (élèves de 9-10 ans). Etude du calendrier et de ses bases astronomiques, étude plus approfondie des mouvements de la Terre et de la Lune, des variations de la durée du jour,...

6. FORMATION CONTINUE DES MAITRES

Si l'on tient compte de ce qui s'est pratiqué jusqu'à maintenant, il me semble plus facile d'inscrire des disciplines regroupées dans un plan de formation au sein des écoles normales. Celle de Laval ne dispose pas de professeur de physique ni de spécialiste de géographie. Cet enseignement dans le cadre officiel suppose le détachement temporaire de volontaires, un mouvement à lancer en espérant qu'il devienne perpétuel.

Soyons réalistes : stages en école normale en Mayenne, par groupes de 20 personnes pendant 4 jours ; conférences pédagogiques pour 20 à 30 maîtres pour une demi-journée. Pour la formation continue, nous devons nous tourner vers d'autres techniques. L'informatique s'est "plantée" et n'existe plus qu'à 30% en primaire.

D'après l'expérience que j'ai eue auprès des collègues, je me suis rendu compte qu'ils manquaient de connaissances théoriques ; je ne les ai jamais vu prendre autant de notes qu'en astronomie. Pour eux, l'astronomie répond ou aide à répondre à des questions fondamentales. Nous retrouvons ce même engouement auprès des élèves à qui on enseigne la préhistoire. Une solution de rechange : un bon livre de vulgarisation écrit pour chaque niveau d'enseignement et donné à chaque enseignant demandeur pourrait diminuer les carences du système actuel de formation continue. Une autre solution bien plus dynamique : développer le CLEA...

Jean-Michel Prime
(Chérancé, 53400 CRAON)

EN BRETAGNE, EXPERIENCES AU COLLEGE ET AU LYCEE

L'astronomie, l'astrophysique, la conquête de l'espace avancent à grands pas mais combien de personnes sont capables d'expliquer les saisons, d'indiquer quel jour la Terre est le plus près du Soleil ? Apprenons à connaître notre planète, peut-être apprendrons-nous ainsi à la respecter et à la sauver. Des jeunes ne sont pas très bien dans leur peau (fugues, suicides...). La Bretagne est très touchée par le chômage. Les jeunes cherchent souvent à s'évader, j'ai observé que l'astronomie leur en donne l'occasion. Il suffit de noter leur enthousiasme pendant les cours, les observations nocturnes, dans les clubs, au cours des réalisations de maquettes et d'expositions.

J'ai utilisé le support astronomique dans le cadre du programme de Quatrième (ancien programme), de celui de Première B (les élèves choisissent les thèmes à étudier, leur intérêt pour les thèmes astronomiques est très grand). Je l'ai aussi utilisé avec des élèves de CPPN (Classe Pré-Professionnelle de Niveau). Je commence toujours le programme de physique par l'optique afin de brancher tout de suite les élèves de Quatrième sur l'astronomie. Dès la première séance, je mets en place l'observation des phases de la Lune ce qui leur apprend à s'orienter. Les élèves reçoivent les informations astronomiques principales sous forme d'éphémérides mensuelles. Jusque là, très peu d'élèves ont levé les yeux pour observer le ciel, mais si j'oublie de fournir ces informations mensuelles, les élèves me le font savoir ! Deux ou trois soirées sont prévues pour mettre en pratique l'observation des planètes et des constellations.

1. EXPERIENCES AU NIVEAU DU COLLEGE

Année scolaire 1984-85 : j'anime un club exclusivement réservé aux élèves de Quatrième. Une trentaine d'élèves suivent assidument les séances qui ont lieu de 13 h à 13 h 45. Au programme, connaissance des constellations par la méthode des transparents (parue dans les Cahiers Clairaut), construction d'une lunette simple, réalisation d'une exposition et d'un concours sur le thème de l'astronomie ouvert à tous les élèves de l'établissement. Ce travail a fait l'objet d'un P.A.E.

Année scolaire 1985-86 : je change d'établissement. L'informatique bat son plein, je me lance dans un club d'informatique. J'assure deux heures de Sciences auprès des élèves de CPPN : le cours est découpé en deux ou trois séquences, l'une concerne l'astronomie. Il m'a fallu beaucoup de patience pour faire construire des maquettes de planétaire, de trajectoire de la comète de Halley, etc. Un voyage à Paris au Palais de la Découverte clôture l'année scolaire.

Année scolaire 1986-87 : je reviens au premier collège. Rétablissement du club ouvert cette fois aux élèves de Cinquième et de Quatrième : connaissance des constellations, exposition et semaine de l'astronomie avec soirée de diapositives animée par le CLEA. Le planétarium GOTO EX 3 m'a été aimablement prêté par le lycée de Quimperlé et Frédéric Dahringer ; j'ai animé une séance d'une heure pour chaque classe du collège... Cette animation connaît un grand succès et lors d'une réunion, les parents me promettent une somme de 2000 F pour l'année scolaire suivante. Malheureusement je serai nommé dans un autre établissement...

Année scolaire 1987-88 : nouveau collège ; avec les élèves de Quatrième, optique et astronomie ; observation des taches du Soleil, comparaison de la surface d'une tache avec la surface de l'Europe, bon exercice sur la proportionnalité. Avec les élèves de Troisième, en collaboration avec le professeur d'EMT, recherche d'un programme calculant les interactions gravitationnelles entre les planètes (conception du programme, utilisation d'une formule, limites de l'ordinateur).

2. EXPERIENCE AU NIVEAU DU LYCEE

Année scolaire 1988-89 : j'enseigne cette année à des élèves de Seconde et de Première B. L'origine de l'Univers, l'évolution des étoiles, la nucléosynthèse des éléments les passionnent. Je distribue les éphémérides, j'anime un club de photo et des photographies de constellations sont envisagées. Un voyage au planétarium de Pleumeur-Bodou est prévu.

... On parle encore de "changement de programme". Mais les programmes ont été récemment modifiés ou sont en cours de changement. Il faut savoir que très peu de collèges peuvent acheter les ouvrages pour les élèves car les crédits sont limités. Quand on change de programme en physique, les élèves n'ont pas de support pour travailler car les livres ne sont pas adaptés. Si l'on veut modifier les programmes, il faut que les nouveaux restent stables un moment. Il faut aussi en profiter pour les refondre entièrement, de l'école élémentaire au DEUG, informer tous les niveaux d'enseignement de cette refonte ; ne dit-on pas "il y a un monde entre le collège et le lycée, il y a un monde entre le lycée et l'université". Il ne faut pas un programme trop lourd ; l'élève préfère un programme bien approfondi et clair à une multitude de sous-programmes disparates.

L'astronomie au collège et au lycée : chaque établissement devrait être équipé d'un planétarium type GOTO EX 3 (une fréquence plus faible de changement de programme permettrait de dégager des crédits).

André Simon
(Pluzunet, 22140 BEGARD)

ACTIVITES ASTRONOMIQUES DANS UN LYCEE PROFESSIONNEL

Pourquoi enseigner l'astronomie en lycée professionnel ? D'abord parce que c'est beau et puis, l'astronomie ne peut se dissocier d'une véritable culture scientifique. Elle est une mine d'activités pluridisciplinaires qui permettent de développer chez nos élèves des capacités d'analyse, de communiquer, de s'informer, etc.

Nos élèves n'aiment pas le travail gratuit. La formation des jeunes doit aller au-delà des savoir-faire professionnels, d'où la nécessité de centres d'intérêt à vocation pluridisciplinaire. Ce qui a donné lieu à divers PAE d'astronomie : réalisation de 120 lunettes astronomiques, réalisation d'un télescope de 200 mm, réalisation d'un planétarium de 6 m de diamètre et d'un système solaire animé. Ce dernier projet a été vu et présenté à 2000 élèves du CM1 à la Première. Installation aujourd'hui démontée, faute de place, au grand regret des maîtres intéressés. Réalisation de "boîtes à ciel" permettant de visualiser l'horizon dans les quatre points cardinaux. Projet en cours, robotique et astronomie, construction d'un véhicule lunaire pouvant évoluer dans un cratère lunaire.

Nos objectifs : vulgariser une science réputée difficile, favoriser la créativité, la motivation, la culture générale de chacun, favoriser également la connaissance des techniques nouvelles, la recherche de documents, le travail autonome, lutter contre les inégalités sociales et culturelles, revaloriser l'enseignement professionnel sur le plan créatif.

Fanch Calvez
(professeur de mécanique générale, lycée Laënnec, Rennes)

LETTRE SUR LE VOLONTARIAT ET SUR LA MOTIVATION

Par curiosité puis par passion, j'ai participé aux stages de Brahic à Paris VII, de l'équipe du CLEA à Orsay puis à Formiguères 1984. Toutes ces équipes étaient très motivées, ne comptaient pas leurs efforts et leur temps. Les futurs enseignants seront-ils aussi courageux, aussi motivés, pour réussir dans leurs classes les futurs programmes ?

J'ai appliqué ce que vous m'avez appris dans un PAE en lycée technique : construction de lunettes et de télescopes, de métronomes électroniques ; photo ; starlab pendant une semaine ; visite du planétarium, des expositions... Réussite totale. Mais je n'ai pas plus compté mes efforts et mon temps devant les difficultés de tous ordres. Par exemple, j'ai obtenu une aide de l'ANVAR que je n'ai pas pu percevoir par suite de difficultés administratives. Il faut être un peu "fou" pour se lancer dans de telles aventures. Les futurs enseignants devront trouver de meilleures conditions de travail et une aide appréciable de l'administration.

Notre public scolaire est très intéressé par l'astronomie, les médias jouent un rôle positif, mais pour que l'enseignement selon de nouveaux programmes soit une réussite, il faut :

- des professeurs volontaires ;
- des professeurs formés ;
- des programmes pas trop ambitieux (ne pas faire comme pour l'informatique ou l'électronique), des programmes peu mathématiques (éviter le retour des notions de cosmographie si ennuyeuses) ;
- des supports matériels, lunettes appareils de photo, diapositives en nombre limité mais non négligeable ;
- des observations de jour et de nuit...

André Martin

(lycée F.Couperin, 77300 FONTAINEBLEAU)

LA LUNE, LA TERRE ET LE SOLEIL

Les deux nouveaux fascicules pour la formation des maîtres, le X LA LUNE et le XI LA TERRE et LE SOLEIL sont enfin disponibles.

Quelques aperçus sur les sommaires :

LA LUNE : Les mouvements de la Lune. L'effet de marée. Rotation de la Terre sur elle-même et distance de la Lune. Les éclipses : séquence en CM1. Fluctuations du lever et du coucher de la Lune. Astronomie au CE1. Une expérience à l'école primaire : les phases de la Lune. Séquence d'éveil en astronomie au Cours Préparatoire.

LA TERRE ET LE SOLEIL : Repérage spatial et temporel. Cherchons midi à quatorze heures. Equation du temps. Durée du jour et azimut du lever du Soleil. Cadran solaire. A propos de la durée du crépuscule. Calculateur de fuseaux horaires. Vers l'est ou vers l'ouest ? Exploitation d'une photo du mouvement diurne. La carte du ciel. L'astrolabe. Le sextant. Le nocturlabe. L'héliographe. La toise à Soleil. Détermination de la température du Soleil. Petite étude des taches solaires. L'astronomie dans le calendrier des PTT.

ET N'OUBLIEZ PAS DE CONSULTER, PAGE 3 DE LA COUVERTURE, LA LISTE DES PUBLICATIONS DIFFUSEES PAR LE CLEA.

PROPOSITION POUR UN ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE

Note de la Rédaction:

Le texte ci-dessous est encore préliminaire. Il a été rédigé par 4 membres de la Commission de Réforme des Programmes des Sciences de la Terre et de l'Univers, et résulte pour beaucoup de l'ensemble des contributions apportées par les membres du CLEA lors de la consultation de décembre 1988. Les participants au colloque d'Orsay d'avril 1989 ont eu l'occasion d'apporter leurs commentaires critiques et constructifs à une première version de ce texte.

Le choix d'enseigner l'astronomie de l'école élémentaire au premier cycle universitaire est un choix positif et raisonné; il n'est pas, et ne doit pas être, la défense d'une discipline, aussi riche et passionnante soit-elle. Il vient d'abord de l'intérêt que lui portent les élèves, de sa pluridisciplinarité et de sa **finalité** qui est de:

- montrer la place de l'Homme dans l'Univers
- montrer l'universalité des phénomènes et des lois qui les expliquent
- illustrer la démarche scientifique.

Il donnera l'occasion d'aborder une discipline scientifique en suivant une **démarche** différente de la démarche (trop) habituelle qui part tout de suite du modèle mathématique, en suivant le cheminement: observation - analyse et interprétation de document - maquette - modèle.

Si l'on ne veut pas courir à un nouvel échec, il convient de tenir compte des **impératifs** suivants:

- 1 - une **bonne formation des enseignants** est un préalable nécessaire; il faut ne commencer l'expérience qu'avec des enseignants volontaires, quelle que soit leur discipline, et favoriser la formation continue de tous ceux qui le souhaitent;
- 2 - pour éviter que se reproduise la situation actuelle, où la petite partie d'astronomie présente dans les programmes (Cours Moyen, physique du collège, physique et mathématique du lycée) n'est très souvent pas enseignée, il convient de **préciser les heures** qui lui sont affectées et de l'inclure dans les contrôles avec un **coefficient significatif**; par contre, on évitera absolument que ce contrôle s'effectue par la résolution d'un problème privilégiant l'outil mathématique;
- 3 - les enseignants doivent disposer de **matériel pédagogique**: les moyens modernes devront être utilisés pour constituer et rendre accessibles à tous des bases de données. La circulation de matériel pédagogique et en particulier de planétariums interactifs, qui existent déjà actuellement dans plusieurs académies, devra être amplifiée; le **planétarium** est un remarquable outil pédagogique dès lors qu'il propose des programmes spécifiques bien adaptés aux objectifs pédagogiques de l'enseignant. Les municipalités ou les collectivités qui envisagent actuellement la construction d'un planétarium devraient être soutenues.

I-CONCEPTS

Les différents **concepts** abordés dans l'ensemble de la scolarité sont les suivants:

C1 - LA TERRE DANS LE SYSTEME SOLAIRE ET DANS L'UNIVERS.

C11 - L'espace.

- C111 - Repérage: points cardinaux, systèmes de référence, constellations, forme de la Terre.
- C112 - Ombres, phases, éclipses.
- C113 - Distances. Histoire de leurs mesure.

C12 - Le temps.

- C121 - Le cycle des jours et des nuits, le jour solaire et le midi, le jour stellaire.
- C122 - Le cycle des saisons et l'année.
- C123 - L'heure légale et les fuseaux horaires.
- C124 - Les calendriers.

C125 - L'histoire de la mesure du temps.

C13 - Les mouvements et leur relativité.

C131 - Le mouvement diurne.

C132 - Le mouvement apparent du Soleil et les mouvements de la Terre.

C133 - Les mouvements de la Lune.

C134 - Les mouvements des planètes et les lois de Kepler.

C14 - Histoire des conceptions du monde.

C141- La Terre et le système solaire

C142 - La Galaxie

C143 - L'Univers.

C2 - LA LUMIERE EST LE MODE D'EXPRESSION DES ASTRES ET LE PRINCIPAL OUTIL D'INVESTIGATION DE L'ASTRONOME.

C21 - Les spectres.

C211 - Décomposition et recombinaison de la lumière. Spectre continu, couleur et température.

C212 - Spectre de raies et composition chimique.

C213 - La lumière non visible.

C214 - La lumière est une onde.

C22 - La Vitesse de la lumière.

C221 - Histoire de la mesure de la vitesse de la lumière.

C222 - Voir loin c'est voir dans le passé.

C223 - L'effet Doppler-Fizeau.

C23 - Astres émetteurs et astres récepteurs de lumière.

C231 - La luminosité et l'éclat .

C232 - Planètes et satellites: phases et éclipses.

C24 - L'observation et les instruments.

C241 - L'observation à l'oeil nu.

C242 - Lunettes et télescopes. Radiotélescopes.

C243 - Les phénomènes liés à l'atmosphère.

C244 - L'observation spatiale.

C3 - LA FORCE DE GRAVITATION GOUVERNE L'UNIVERS.

C31 - Systèmes liés par la gravitation.

C311 - Le poids sur Terre, sur la Lune et sur les autres planètes. La vitesse d'évasion. Les atmosphères planétaires.

C312 - Le système Terre Lune.

C313 - Le Soleil et le système solaire.

C314 - La Galaxie et les galaxies.

C315 - L'Univers.

C32 - Les effets de marées.

C321 - Les marées terrestres.

C322 - Influence des marées sur la vitesse de rotation

C4 - TOUS LES ASTRES ET L'UNIVERS LUI-MEME EVOLUENT.

C41 - La Terre et les planètes.

C411 - Cratères, rivières, vents, érosion.

C412 - Volcanisme.

C42 - Les étoiles.

C421 - Sources d'énergie des étoiles.

C422 - Différentes phases de l'évolution: étoiles naines, géantes, naines blanches, variables; nébuleuses planétaires, novae, supernovae, pulsars.

C423 - Le milieu interstellaire.

C424 - Evolution.

C425 - Alchimie cosmique.

C43 - La Galaxie et les galaxies.

C431 - Structure de la Galaxie.

C432 - Morphologie et classification des galaxies. Histoire de leur découverte.

C433 - Galaxies actives et quasars.

C434 - Evolution.

C44 - L'Univers.

C441 - La loi de Hubble et l'expansion.

C442 - Le Big Bang.

N.B. Certains de ces concepts seront abordés plusieurs fois au cours de la scolarité. Il reste à préciser les différents niveaux de leur formulation.

II- ECOLE ELEMENTAIRE

Grands objectifs.

- Structurer l'espace et le temps,
- Acquérir le goût de l'observation et développer l'esprit critique.
- Maîtriser le vocabulaire véhiculé par les media.

Plus précisément, à la sortie de l'école élémentaire, l'enfant devrait:

- avoir perçu, **par l'observation**, les relations entre les différents cycles (jour et nuit, saisons et année, phases de la Lune, calendriers...) et les mouvements de la Terre et de la Lune,
- avoir une bonne connaissance de la place de la Terre dans le système solaire,
- avoir une idée générale de l'organisation de l'Univers: place de la Terre, des planètes, des satellites dans le système solaire et du Soleil parmi les étoiles,
- connaître les grandes étapes de l'histoire des représentations de l'Univers.

Au CP.

On introduira essentiellement la notion de cycle: la journée (le jour plus la nuit), l'année des saisons. On associera événements vécus et observation des positions du Soleil.

Au CE.

- Observations et descriptions qualitatives des états de la Lune et du mouvement apparent du Soleil. On s'attachera à faire percevoir l'ombre comme une région de l'espace, pas seulement comme une surface.

- L'histoire récente (la conquête spatiale) comme moyen de confirmer, de consolider ou de sensibiliser à des savoirs élémentaires mais difficilement reliables au vécu de l'enfant (la Terre est une boule, les planètes du Soleil sont très éloignées...)

Au CM.

- Mesure du temps et calendriers.

- Repérage dans l'espace (horizontale, verticale, points cardinaux) et instruments d'observation.

- Observation des étoiles, notion de constellation.

- Mouvements de la Terre: rotation sur elle-même et révolution autour du Soleil; jours et nuits, saisons.

- Mouvements de la Lune: rotation sur elle-même et révolution autour de la Terre; phases, éclipses.

- Grandes étapes de l'évolution des représentations de l'Univers mettant en évidence la recherche d'un modèle efficace en fonction des connaissances de l'époque.

- Le système solaire: noms, distances et dimensions comparées des planètes.

Méthodes

Des observations de jour (et éventuellement des observations de nuit, par exemple à l'occasion d'une classe transplantée) sont indispensables. Elle pourront donner lieu à la formulation d'hypothèses qui seront vérifiées par constructions, manipulations ou par consultation de documents.

Il doit apparaître clairement que l'astronomie n'est pas une suite de propositions sur le mouvement des astres représentant la Vérité, et coupées des observations possibles, ou une compilation de renseignements, mais que ces connaissances doivent **se construire** à partir d'observations, de jeux (rondes des planètes...), d'expérimentation sur maquettes, d'exploitation de documents.

Exemples d'activités:

- A partir d'observations étalées sur toute l'année, les élèves relèvent:
 - les heures et position du lever et du coucher du Soleil,
 - les positions du Soleil à midi (utilisation d'un piquet et de son ombre),
 - repèrent les quatre points cardinaux.
- Ils déterminent le midi vrai et sont conduits à faire la différence entre l'heure solaire et l'heure légale.
- A partir des relevés, ils calculent la durée du jour et mettent en évidence sa variation au long de l'année; ils mettent en évidence les équinoxes et les solstices.
- Le même travail de repérage du lever et du coucher du Soleil pourra se faire sur un calendrier des postes. Les élèves pourront réaliser un diagramme permettant de visualiser la variation de la durée du jour.
- A partir d'observations régulières de la Lune échelonnées sur une lunaison (en dehors des heures de classe, chez soi ou éventuellement en classe de neige ou en classe verte), les élèves :
 - repèrent la position de la Lune, les phases et leur durée,
 - interprètent ces observations,
 - les modélisent avec une maquette,
 - abordent les éclipses de Lune et de Soleil.
- Repérage de quelques constellations et planètes visibles (en classe transplantée).
- A partir de documents audio-visuels, cartes, maquettes, tableaux (indispensables), le maître fait observer puis analyser:
 - le globe terrestre avec son atmosphère,
 - les mouvements de la Terre dans l'espace,
 - les autres planètes du système solaire,
 - le Soleil, notre étoile,
 - les autres étoiles.
- Au moyen d'un **globe terrestre**, le maître conduit les élèves à faire la relation entre:
 - le jour et la nuit et la rotation de la Terre sur elle-même,
 - les saisons, la durée de l'éclairement et le déplacement de la Terre autour du Soleil.
- On pourra étudier le calendrier pour illustrer les relations entre les planètes et les jours de la semaine
- On pourra introduire quelques notions sur les instruments d'observation.

Formation des instituteurs.

Une bonne formation, tant initiale que continue, est essentielle. Les possibilités existent, en particulier au sein des Ecoles Normales où l'astronomie a déjà été introduite très souvent. Insister sur les stages pluridisciplinaires avec des cointerventions. Les DEUG suivis par les futurs candidats à l'entrée en EN devraient inclure des unités optionnelles d'astronomie (seuls les DEUG SSM d'où sont issus très peu d'instituteurs, en proposent actuellement).

Matériel pédagogique.

Il est essentiel que l'instituteur dispose d'un matériel minimal et d'une bonne information sur la documentation existante. On insistera en particulier sur l'importance du planétarium : ceux de Strasbourg et de Hyères sont des modèles ainsi que les planétariums itinérants (style Goto ou Starlab ou celui construit par C. Mathieu, PEN à Charleville) qui circulent actuellement dans plusieurs académies et qui devraient être généralisés. Les nombreux clubs, associations, observatoires d'amateurs ou professionnels doivent être sollicités.

III- COLLEGE

Grands objectifs

- Approfondir les notions abordées à l'école élémentaire.
- Apprendre à faire la synthèse d'éléments de connaissance sur un même thème vu sous des angles différents.
- Acquérir la démarche expérimentale qui part de l'observation, puis de l'examen de documents, pour passer ensuite à la maquette et enfin, s'il y a lieu, au modèle mathématique.
- Apprendre à percevoir les lois physiques sous-tendues par les observations et à sérier l'importance des différents facteurs.

Plus précisément, à la sortie du collège tout élève devrait:

- s'être construit une vision cohérente de la **place de la Terre** dans l'Univers et une vision globale de l'ensemble de l'Univers et des objets qui le peuplent.
- avoir acquis l'**échelle des distances et des dimensions** dans le système solaire et dans l'univers des étoiles et des galaxies [Dans une première étape (6ème-5ème) la hiérarchie des distances peut se construire à partir de l'observation de l'importance des mouvements apparents; dans une seconde étape, on utilisera la démarche historique.]
- avoir acquis la notion de **relativité des mouvements** et en particulier la vision géocentrique de phénomènes héliocentriques.
- avoir acquis la **notion de système lié par la gravitation** (un objet sur Terre, une planète et ses satellites, le système solaire), sans que pour autant la loi de la gravitation ait été formulée.
- avoir acquis la notion de l'existence d'un **spectre continu** et d'un **spectre de raies**: couleur des étoiles et lien entre couleur et température des étoiles; notion purement intuitive de ce qui existe de part et d'autre du spectre visible observé; similitude des spectres de raies observés sur Terre et dans le Soleil et les astres.

La **démarche** doit partir de l'observation, puis de l'examen de documents pour passer ensuite à la maquette et enfin, s'il y a lieu, au modèle. Elle suivra souvent l'approche **historique**. On ne cherchera pas à **expliquer** les lois physiques sous-tendues par les observations, mais à les faire **percevoir**. Par exemple, on retrouvera les lois de Kepler à partir des observations, on constatera que la pesanteur est plus faible sur la Lune que sur la Terre, sans référer à la loi de Newton; on observera le spectre de raies de lampadaires et celui du Soleil sans nécessairement décrire la structure de l'atome.

Les **trois thèmes essentiels** abordés seront l'observation des astres du système solaire et l'étude de leurs mouvements, les distances et les dimensions dans l'Univers et la connaissance des astres à partir de la lumière qui nous en parvient.

1- Le système solaire.

- Le repérage dans l'espace: constellations, coordonnées terrestres et célestes,
- Les deux mouvements de la Terre: mouvement diurne et jour stellaire, jour solaire, mouvement apparent du Soleil parmi les constellations, le zodiaque, variations de la durée du jour et de la nuit en un lieu donné en fonction de la saison, variations de la durée du jour et de la nuit en fonction de la latitude. Le temps et le calendrier: temps Universel, fuseaux horaires.

Ces mouvements pourront être illustrés par la construction d'une carte céleste mobile ou la construction ou la manipulation de toute autre maquette à deux ou trois dimensions (sphère armillaire, grande sphère céleste), où celle d'un planétarium.

- Les mouvements des planètes: approximation de l'orbite circulaire, le planétaire héliocentrique et la vision géocentrique de ces mouvements héliocentriques. Application à l'explication des conditions de visibilité, des phases et du mouvement de rétrogradation. Les lois de Kepler. Le jour, l'année et les saisons sur les autres planètes. Les satellites de Jupiter obéissent aussi à des lois de Kepler. On

utilisera les différentes situations dans le système solaire pour faire mieux percevoir les phénomènes. On pourra construire ou manipuler un planétaire héliocentrique.

- Les deux mouvements de la Lune: observation de ses phases, des conditions de sa visibilité et des structures de sa surface. Variations de son diamètre apparent et forme excentrée de sa trajectoire. Les éclipses.

2-Les distances et les dimensions.

- Hiérarchie des distances par l'observation de la rapidité du mouvement apparent.

- Mesure du rayon de la Terre selon la méthode d'Eratosthène (l'expérience pourra être faite); distance de la Lune par la méthode d'Aristarque; distances relatives des planètes par la troisième loi de Kepler; la méthode des parallaxes.

On s'attachera à faire appréhender les échelles de dimensions et de distances par des réductions à l'échelle.

3- Connaissance des astres.

- Spectre continu du filament chauffé d'une ampoule: on pourra mettre en évidence la variation du spectre observé à travers un réseau ou un prisme en faisant varier la température au moyen d'un variateur, application à la température des étoiles; spectre de raies d'un tube à décharge, spectre de raies du Soleil; application à la composition chimique. On pourra construire un petit spectroscopie simple avec un réseau bon marché et une fente réalisée avec une lame de rasoir, et observer divers spectres facilement accessibles (tubes fluorescents, lampes à sodium ou à mercure, Soleil).

- Description de la vision que nous avons des astres, et en particulier de ceux du système solaire (planètes, satellites, comètes) par l'observation depuis le sol et par l'observation spatiale. On fera largement appel aux documents audiovisuels.

- Les instruments d'observation: lunette, télescope, appareil photo, monture équatoriale, cadran solaire, héliographe pour enregistrer la trajectoire diurne du Soleil. On pourra en construire, en manipuler ou en utiliser, pour faire comprendre leur utilité et le principe général de leur fonctionnement. On se souviendra qu'une bonne paire de jumelles permet d'observer la Lune, Jupiter et ses satellites, la nébuleuse d'Orion ou la galaxie d'Andromède.

Les programmes

Ils devraient faire apparaître des objectifs à atteindre et suggérer des thèmes et des activités possibles, en laissant à l'enseignant le choix de ceux qu'il veut aborder. Une certaine flexibilité est souhaitable. Dans les propositions qui suivent, il convient de préciser que l'ordre dans lequel est présenté le programme ne correspond pas obligatoirement à l'ordre dans lequel les différents points doivent être abordés; chaque point peut être abordé de diverses manières. Soulignons que la démarche expérimentale devra être favorisée; on devra apprendre aux élèves à observer, les laisser s'exprimer, poser des questions, maintenir leur esprit curieux et inventif. On évitera de faire apprendre des "catalogues" (liste des planètes dans l'ordre, diamètres, distances ...).

Proposition de programme pour la classe de 6ème:

1°) *Le repérage dans l'espace: coordonnées locales (points cardinaux), terrestres (pôles terrestres, latitude, longitude, méridiens, parallèles, équateur), constellations (étoile polaire, zénith, constellations circumpolaires), coordonnées célestes (ascension droite et déclinaison)*

2°) *Les mouvements de la Terre: rotation (jour et nuit, mouvement des constellations, du Soleil, de la Lune), révolution (mouvement apparent du Soleil parmi les constellations, le zodiaque), inclinaison de l'axe de rotation (les saisons).*

3°) *Le temps: jour solaire (rotation et révolution de la Terre), jour stellaire, variation du jour et de la nuit en fonction des saisons et de la latitude), l'année, le calendrier et les calendriers, le temps universel et les fuseaux horaires.*

- 4°) *Globe terrestre; couches atmosphériques (sans nommer les couches)*
- 5°) *Le système solaire: les planètes (distances au Soleil, dimensions, maquettes) et leur mouvement (approximation des orbites circulaires; planétaire héliocentrique).*
- 6°) *La Lune: ses mouvements (mouvement apparent dû à la rotation de la Terre, mouvement de révolution autour de la Terre, mouvement de rotation synchrone), ses phases, ses éclipses; l'occultation du Soleil par la Lune.*
- 7°) *En parallèle avec le programme d'Histoire, on pourra traiter les thèmes suivants: l'astronomie dans l'antiquité, les origines du calendrier et des calendriers, la mesure du temps à travers l'histoire, les dieux et les planètes.*
- 8°) *La construction et/ou la manipulation des instruments ou maquettes suivants pourra enrichir l'enseignement et aider à fixer certaines notions: carte céleste, planétaire héliocentrique, cadrans solaires, héliographe, toise à Soleil, sphère armillaire, grande sphère céleste, astrolabe, planétarium, jumelles, lunette, télescope...liste non limitative).*

Proposition de programme pour la classe de quatrième.

- 1°) *Revoir au moment opportun (et non en début d'année) les notions de coordonnées, mouvements de la Terre et phases de la Lune.*
- 2°) *L'atmosphère terrestre. Epaisseur, structure, composition, importance.*
- 3°) *La Lune: absence d'atmosphère et structure de sa surface (origine des cratères, conquête spatiale), gravité plus faible, variation de son diamètre apparent (forme excentrée de sa trajectoire).*
- 4°) *Le système solaire: le Soleil, les planètes, leurs satellites, les comètes, objets liés par la gravitation; mouvements de rétrogradation et vision géocentrique; phases des planètes et conditions de leur visibilité; lois de Kepler (1ère loi: mouvement de la Lune, distance Terre Soleil; 2ème loi: comète de Halley, durée des saisons; 3ème loi: application à la détermination de la distance des planètes au Soleil).*
- 5°) *Distance et dimensions: distances des planètes, rayon de la Terre (méthode d'Eratosthène), distance Terre Lune (Aristarque), distance des planètes et des étoiles par la méthode parallaxique.*
- 6°) *Connaissance des astres: spectre continu (influence de la température du filament), spectre de raies en émission et en absorption (le spectre est la signature de l'atome ou de l'ion ou de la molécule), spectre du Soleil; application à la détermination de la température des étoiles et de leur composition.*
- Le Soleil (dimensions, températures, énergie). Notions sur la Voie lactée, les galaxies et l'Univers.*
- 7°) *Construction et manipulation possibles d'une carte céleste mobile, d'un planétaire, d'un spectroscopie élémentaire...*

Le contrôle pourrait s'effectuer sur un dossier (de type monographie) constitué par l'élève.

Formation des Maîtres.

Ici encore, une bonne formation, aussi bien initiale que continue, des professeurs chargés de cet enseignement est **indispensable**. Pour que l'expérience ait les meilleures chances de succès, il sera essentiel de commencer par faire appel aux **volontaires**, en leur proposant des stages de formation préalables. Cette formation doit porter autant sur les méthodes que sur les connaissances.

Matériel pédagogique.

Un gros effort devra être fait pour diffuser auprès des enseignants l'information sur le matériel qui existe et leur donner accès aux documents (par exemple, réalisation d'un vidéodisque et du couplage en permettant l'accès via le minitel). Il faudrait encourager la circulation de matériel pédagogique et en particulier celle de planétariums et d'expositions itinérants.

IV- LYCEE

Dans la perspective d'un baccalauréat modulaire où l'enseignement à partir de la seconde comporterait un tronc commun et des options, on peut envisager que l'astronomie soit traitée sous forme d'options. Ces options devraient pouvoir être choisies aussi bien par les élèves de la filière

scientifique que par ceux de la filière littéraire. Il y aurait là l'occasion unique de lutter contre un "découpage en tranches" excessif du savoir, de traiter avec des approches différentes et complémentaires une discipline qui se trouve au carrefour de nombreuses autres et qui est fondamentale à la fois pour la formation scientifique et philosophique et de faire envisager par des élèves scientifiques une approche des problèmes qui ne commence pas par le formalisme.

On s'inspirerait de ce que les PAE ont d'efficace, parce que leur programme n'est pas contraignant et qu'ils permettent de réaliser des projets pluridisciplinaires, en faisant réaliser aux élèves un dossier, éventuellement par le travail au sein d'un groupe, dont les **objectifs** seraient:

- (1) d'apprendre à effectuer une recherche bibliographique
- (2) de dégager la situation et les méthodes propres de l'astronomie qui utilise, dans un contexte unificateur, les grandes lois de la physique dont on peut apprécier la puissance, l'universalité, mais aussi les limites:
 - l'émission de lumière (au sens large de ce mot) est le "mode d'expression" des astres et l'outil d'investigation essentiel pour comprendre l'Univers est fondé sur l'analyse de cette lumière
 - les forces de gravitation gouvernent l'Univers
 - tous les astres et l'univers lui-même évoluent, mais généralement cette évolution se fait sur des échelles de temps très longues, ce qui pose le problème de la perception que nous en avons
- (3) de dégager comment se sont développées au cours de l'histoire les conceptions du monde et le rôle de l'astronomie dans le développement des autres sciences.

Propositions de programmes:

En seconde:

- Les **mouvements** réels et apparents dans le système solaire:
 - les trajectoires, notions sur les ellipses, 1^{ère} loi de Kepler,
 - les vitesses,
 - la relativité du mouvement et les observations quotidiennes qui permettent de s'en rendre compte.
- Le **repérage** sur la sphère céleste;
 - les constellations,
 - les coordonnées équatoriales et locales.
- L'**écliptique**, son inclinaison et les saisons:
 - les variations de la durée du jour suivant la date et le lieu.
- Les **masses** dans l'Univers et la **loi de la gravitation**
 - détermination de la masse d'un objet céleste,
 - masse volumique
 - variation de $\vec{g}$
 - les marées.

En première:

- L'**énergie rayonnée** par les étoiles:
 - énergie solaire,
 - luminosité et éclat (magnitudes),
 - température.
- Les conditions de **température et de pression** dans l'univers
- L'**atmosphère des planètes**
 - existence ou absence d'atmosphère. Vitesse d'évasion.
 - phénomènes optiques liés à l'atmosphère terrestre: étoiles filantes, aurores polaires, réfraction, arc-en-ciel, absorption sélective, scintillement des étoiles
- Les **distances** dans l'Univers et la vitesse de la lumière:
 - distances dans le système solaire
 - effet Doppler-Fizeau et la loi de Hubble.

En terminale.

- **La notion de temps** et les mouvements de la Terre.
 - deuxième et troisième lois de Kepler
 - variation de vitesse sur une trajectoire elliptique
 - équation du temps
 - cadrans solaires
 - influence des marées sur la vitesse de rotation.
- **Les appareils et méthodes d'observation:**
 - télescopes et lunettes. Radiotélescopes
 - discussion de la qualité de l'image
 - spectrométrie
- **L'étude du Soleil:**
 - composition et structure,
 - sources d'énergie,
 - vent solaire.
- **L'évolution stellaire:**
 - inventaire des nébuleuses galactiques et extragalactiques,
 - les différentes étapes de l'évolution d'une étoile,
 - influence de la masse initiale,
 - alchimie cosmique.
- **L'évolution et l'âge de l'Univers:**
 - théorie de l'expansion.

Liberté devra être laissée à l'enseignant de choisir, en concertation avec ses élèves, la façon dont il traitera les thèmes choisis. Il ne s'agira en aucune façon de traiter le sujet de façon exhaustive, mais au contraire de délimiter des objectifs pédagogiques.

V- PREMIERS CYCLES UNIVERSITAIRES

Des options d'Astronomie-Astrophysique d'une durée de l'ordre de 40-50 heures existent actuellement dans un certain nombre d'Universités, en première et/ou seconde année de DEUG SSM. Ces options devraient être généralisées au DEUG SNV et introduites dans toutes les Universités.

Les **objectifs** de cet enseignement sont de type méthodologique (méthodes propres de l'astrophysique qui utilise l'observation et les grandes lois de la physique, en particulier, lois de la gravitation, du rayonnement, de la relativité) et de type incitatif (donner le goût des sciences expérimentales en général et de la physique en particulier). La variété des thèmes actuellement traités (phénomènes gravitationnels dans l'Univers, physique des planètes, des étoiles, des galaxies, cosmologie, utilisation de bases de données ...) devrait être conservée.

En s'inspirant du modèle américain, on devrait concevoir un enseignement au sein des **DEUG littéraires**. Les **objectifs** seraient centrés sur l'évolution des idées sur les conceptions du monde et la méthodologie scientifique.

N.B. Les parties en italique correspondent à des **propositions** concernant les programmes précis qui doivent être considérées comme préliminaires et nécessitant un affinement, en particulier en tenant compte d'impératifs horaires.

Document de synthèse provisoire rédigé par Suzanne AVELIN, (professeur de Sciences Naturelles), André BRAHIC (astronome), Lucienne GOUGUENHEIM (astronome) et Serge STEPHAN (professeur de Sciences Naturelles), à l'issue des débats de la Commission.

17 mai 1989

LA COMMISSION DE REFLEXION SUR L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE :

La Société Française de Physique (SFP) et l'Union des Physiciens (UdP) ont réalisé et publié conjointement en supplément au dernier numéro de leurs revues respectives (avril 1989) un dossier consacré à "Michel Hulin et l'enseignement de la physique". Disparu prématurément, Michel Hulin était professeur à l'Université Paris VI et directeur du Palais de la Découverte. Il a beaucoup contribué à la réflexion sur l'enseignement de la physique, en particulier au sein de la commission Lagarrigue.

Nous avons souhaité publier dans les Cahiers Clairaut quelques extraits de cet intéressant dossier. Nous remercions vivement la SFP et l'UdP qui nous ont aimablement autorisés à le faire. Nous reproduisons ci-dessous le bilan que fait P. Bergé des travaux de la commission de réforme des programmes de physique qu'il préside. Nous publierons dans un prochain numéro la contribution de Jean-Marc Lévy-Leblond.

LE POINT APRÈS DEUX MOIS DE TRAVAIL

Il m'est agréable de souligner combien la lecture de textes de Michel Hulin a constitué un guide et une source fondamentale d'inspiration dans le rôle, tout nouveau pour moi, d'animateur d'une mission de réflexion sur l'enseignement de la Physique.

M. Jospin, Ministre de l'éducation nationale a créé des commissions de réflexion thématiques verticales. Chaque commission s'occupe donc d'une discipline (ici, nous parlerons de la Physique) et réfléchit à la façon d'enseigner cette dernière depuis l'école maternelle jusqu'à l'enseignement supérieur compris. Les travaux de ces différentes commissions sont synchronisés par une commission présidée par MM. F. Gros et P. Bourdieu du Collège de France. C'est dire que les présidents de toutes les commissions se réunissent régulièrement pour faire le point de leurs travaux respectifs, et MM. Bourdieu et Gros veillent à la bonne cohérence de l'ensemble. Les commissions travaillent en liaison étroite avec le cabinet du Ministre.

Pour ma part, j'ai constitué une commission qui est formée exclusivement d'acteurs du système éducatif à tous les niveaux. Les présidents n'ont reçu aucune consigne, mais à notre demande expresse, Monsieur Claude Allegre, Conseiller Spécial du Ministre, nous a donné quelques idées générales pour que les différentes commissions ne partent pas dans des directions divergentes. La réflexion générale est naturellement située dans le prolongement de l'excellent rapport du Collège de France établi en 1985 à la demande du Président de la République.

Parmi les critiques fondamentales susceptibles d'inspirer notre réflexion, on trouve, évidemment, le côté négatif des filières étanches joint à la sélection par l'échec à l'aide de l'orientation verdict et l'étendue excessive des programmes qui incite plus au bachotage qu'à la réflexion personnelle. En ce qui concerne la physique, on doit déplorer un enseignement trop abstrait, déductif et exagérément mathématisé.

Quelques idées maîtresses

Les idées qui suivent n'engagent que la responsabilité de leur auteur ; ce sont, néanmoins, celles autour desquelles la commission de physique travaille ; elles indiquent donc la tendance qui sera vraisemblablement proposée par cette dernière. Pour l'instant, notre travail porte sur l'enseignement secondaire, point central de toute réflexion.

En ce qui concerne le lycée, la proposition envisagée est celle d'un enseignement modulaire à options susceptible de respecter la diversité des goûts, des aptitudes et des rythmes d'apprentissage avec, au bout du compte, un baccalauréat unique (à deux dominantes, une littéraire, l'autre scientifique). Pour les sciences, il y aurait donc — de la

seconde à la terminale — un tronc commun avec 6 ou 7 modules représentant chacun une discipline de base (pour une vingtaine d'heures environ) et des options dont l'importance irait croissant de la seconde à la terminale. On pourrait envisager trois types d'options :

- des options de soutien, en effectif réduit, permettant aux élèves faibles de se remettre à niveau ;
- des options " passerelles " permettant des changements du type littéraire ↔ scientifique ;
- enfin des options d'approfondissement ou de culture générale et d'ouverture.

Ces dernières options deviendraient surtout importantes en terminale, entraînant une véritable ouverture vers l'extérieur et favorisant un travail plus personnel et créatif (travail de projet en équipe, par exemple).

Cette structure d'enseignement verrait donc diminuer le nombre d'heures de cours " magistraux " au profit de soutien, de travail guidé en petit groupe ou de travail plus autonome et créatif. Ceci implique, évidemment, un allègement raisonné des contenus des programmes en privilégiant les notions concrètes et formatrices. En ce qui concerne la physique, nous insistons lourdement sur un enseignement concret, sur le contact direct avec l'expérimentation et, en quelque sorte, sur une approche " manuelle " de la connaissance.

La question des contrôles et des examens mérite aussi d'être revue. Il apparaît clairement que le classique problème de physique teste beaucoup plus l'habileté calculatoire et n'est finalement qu'un exercice de " sous-mathématiques ". En tout cas, il n'est guère un test de compréhension profonde. Il apparaît aussi qu'un examen portant sur une discipline expérimentale comme la physique ne saurait se passer d'épreuves pratiques, pas toujours faciles à mettre en place, il est vrai. Il serait donc raisonnable de substituer, au classique problème de physique, une certaine dose de questions variées à réponses multiples et des exercices où la part de raisonnement qualitatif l'emporterait sur la simple application de formules. L'introduction de contrôle continu et/ou d'examens partiels — dans les deux cas avec 2 examinateurs, l'un de l'établissement et l'autre d'un établissement étranger — devrait alléger l'épreuve du baccalauréat et la rendre plus probante.

La réussite de toute tentative d'amélioration de l'enseignement est conditionnée par une bonne formation des maîtres et par la revalorisation du métier d'enseignant. Sans entrer dans les détails des propositions de la commission, quelques points méritent d'être soulignés.

Tout d'abord la nécessité de la formation permanente avec un rôle important que devraient jouer, en particulier, le recours à des centres de ressources pédagogiques et des stages dans des laboratoires. En parallèle avec cette formation permanente extérieure à l'établissement scolaire, il en est une, essentielle, qui consiste à recommander que les enseignants travaillent en équipe pédagogique.

Par ailleurs, tous les 7 ans (par exemple) les enseignants devraient pouvoir se ressourcer en passant une année, par exemple, dans un laboratoire de recherche.

En ce qui concerne la formation initiale, on insiste beaucoup sur la formation pédagogique et didactique et sur l'acquisition des bases de la psychologie de l'enfant. Par ailleurs, une part de la formation du métier de professeur de physique devrait passer par un stage à plein temps de plusieurs mois dans un laboratoire de recherche expérimentale, avec rédaction d'un mémoire et soutenance.

CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

- JEAN KOVALEVSKY, astronome à l'Observatoire de la Côte d'Azur (Grasse) a soutenu les efforts du CLEA depuis les débuts de notre association. Il a joué un rôle très important dans la préparation du projet Hipparcos et nous a promis d'en parler dans les Cahiers Clairaut dès que les premiers résultats de cette entreprise seront obtenus. Jean Kovalevsky vient d'être élu à l'Académie des Sciences. Nous lui adressons nos très vives félicitations.

- CECILIA IWANISZEWSKA nous prie de rectifier ce que nous avons écrit p.16 (cahier 44) dans le compte rendu de sa conférence du 12 novembre 1988 à Orsay :

"Proxima Centauri est à 4 millions de kilomètres soit cent fois la circonférence de la Terre à hauteur de l'équateur." (la circonférence et non le diamètre)

Que Cecilia nous pardonne et revienne nous parler ou de l'enseignement de l'astronomie ou des astronomes polonais.

- DEUX STAGES CEMEA : Les Centres d'Entraînement aux Méthodes d'Education Active (CEMEA) organisent les deux stages suivants :

Cadrons solaires : pour vous initier à l'art et aux secrets des cadrons solaires. Au cours de ce stage, vous comprendrez et construirez différents types de cadrons : équatoriaux, horizontaux, verticaux déclinants ou non..., analemmatiques, montres de berger, polos, ... Etude de votre projet personnel. Date du stage : du 4 juillet 89 (9h) au 8 juillet (17h).

Découverte du ciel : en astronomie, vous apprendrez à reconnaître constellations, planètes, amas, galaxies,... à l'oeil nu, aux jumelles, aux lunettes ou télescopes. Vous ferez vos premiers pas en météorologie (instruments, observations). Vous prendrez des photos du ciel et mènerez à bien votre projet personnel. Date du stage : du 21 août 89 (9h) au 26 août (17 h).

Les deux stages à l'observatoire d'Aniane (Hérault).

- PAUL PERBOST nous a envoyé une étude sur le calendrier républicain juste au moment où nous publions l'article de Michel Toulmonde (Cahier 45, p.21). Sympathique conjonction de deux professeurs d'école normale ! Faute de pouvoir publier l'article de Paul Perbost, au moins recevons nous le passage suivant :

"Le prototype du calendrier républicain est l'antique calendrier d'Egypte, modifié par les Romains. Sous sa forme archaïque, utilisée pendant des millénaires, ce calendrier attribuait à l'année solaire une durée immuable de 365 jours, sans intercalaire, répartis en 12 mois égaux, de 30 jours chacun, complétés par 5 jours épagomènes. Mais l'année égyptienne était trop courte d'un quart de jour environ, par rapport à l'année tropique, qui seule s'accorde avec le cycle des saisons. Il en résultait une dérive du calendrier civil par rapport aux saisons, de l'ordre d'un mois en 120 ans. Pour corriger l'énorme inconvénient de ces années, dites vagues, et pour donner à l'Egypte une année solaire stable, l'Empereur Auguste imposera au pays dont il vient de se rendre maître, en l'an 30 av J-C, une année dont la durée est celle de Jules César, par l'adjonction d'un sixième jour épagomène tous les quatre ans, comme cela se faisait à Rome depuis la réforme julienne promulguée en l'an 45 avant l'ère chrétienne. C'est précisément cette année, dite aussi année d'Alexandre, qui servira de modèle au calendrier républicain, tant pour la division de l'année en douze mois de trente jours que pour l'institution des jours complémentaires. Il s'en distinguera par la fixation de la date du début de l'année."

VOUS, qui lisez LES CAHIERS CLAIRAUT, ne manquez pas de jeter un coup d'oeil à la page 3 de la couverture. Vous y trouvez la liste de toutes les publications diffusées par le CLEA. Dépêchez-vous de commander celles qui vous manquent, le tirage est limité.

LE COLLOQUE CLEA D'AVRIL 1989

En août 1988, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi et Lucienne Gouguenheim ont participé au colloque international de Williamstown sur l'enseignement de l'astronomie, présentant le travail du CLEA dans le cadre de l'Union Astronomique Internationale. Ce colloque fut en même temps l'occasion d'échanges fructueux avec d'autres équipes d'astronomes travaillant dans un esprit voisin du nôtre et avec des objectifs similaires. En particulier, nos collègues furent intéressées par le projet STAR ("Science Teaching through its Astronomical Roots") que l'un de ses trois responsables, Philip M. Sadler a présenté dans notre Cahier 44 (p.19).

Après discussion, il a paru intéressant de nous rencontrer. L'un des deux autres animateurs de STAR, Darrel Hoff, du Center for Astrophysics à Harvard a accepté de nous rendre visite. Le Comité National Français d'Astronomie a donné son accord pour inviter officiellement Darrel Hoff et nous accorder une aide financière pour organiser ce colloque qui s'est tenu, au Centre Universitaire d'Orsay, du 3 au 6 avril 1989. Y ont participé pour le CLEA : Daniel Bardin, Lucette Bottinelli, Alain Dargencourt, Maryse Faydi, Jean-Luc Fouquet, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Edith Hadamcik, Michel Laisne, Anne-Marie Louis, Claude Piguet, Jean-Marie Poncelet, Jean Ripert, Béatrice Sandré, Cécile Schulman, Daniel Toussaint, Victor Tryoën, Jacques Vialle, Gilbert Walusinski.

Les séances se sont déroulées - sans autre interruption que des pauses café au cours desquelles les échanges continuaient - du lundi matin 9 h au mercredi 17 h. Un apéritif de l'amitié organisé à l'Institut d'Astrophysique par Francette Delmas a permis, ce mercredi, d'honorer Darrel Hoff et de réunir un plus grand cercle d'amis du CLEA. Enfin, le jeudi 6 avril, une réunion plus spécialement CLEA a donné aux participants l'occasion de discuter nos projets en relation avec les réformes envisagées par la commission ministérielle Blanchet.

Au cours des séances du colloque, ont alterné les présentations par Darrel Hoff des réalisations de STAR et des réalisations CLEA par plusieurs des participants. Les échanges ont été fructueux et abondants dans les deux sens grâce en particulier à l'aide de Jacques Vialle qui traduisait de l'anglais au français ou vice versa pour ceux d'entre nous qui n'étaient pas bilingues.

Dans ce compte rendu, nous nous attachons surtout à développer les communications de Darrel Hoff. Celles des membres du CLEA seront seulement mentionnées en attendant qu'elles fassent l'objet d'articles dans nos prochains numéros.

Quant au climat de ces journées, leur date avait été choisie durant la semaine des vacances de printemps commune aux diverses zones. Ce qui nous a valu d'admirer le campus d'Orsay sous la neige... Mais dans le laboratoire d'astronomie, les habitués des écoles d'été ou des assemblées du CLEA retrouvaient l'atmosphère sympathique et amicale favorisant tous les échanges.

° ° °

STAR - Au cours de ses présentations, Darrel Hoff nous rappelle l'organisation de l'enseignement aux USA. Après six années d'école élémentaire, la High School Junior (niveaux 7,8,9) correspond à peu près à nos collèges (élèves de 12 à 14 ans). Vient ensuite la High School Senior (niveaux 10,11,12) pour les élèves de 15 à 17 ans et correspond à peu près à nos lycées (Seconde et Première).

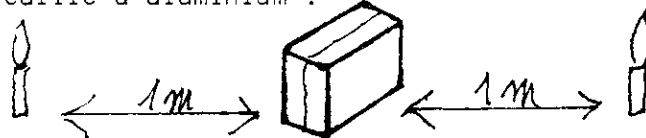
30 à 40% des élèves après la High School entrent dans un "college" c'est à dire un premier cycle universitaire. Mais parmi eux,

5% seulement accèdent à l'université proprement dite. Par ailleurs, 20 à 30% des élèves sortant des High School entrent dans des écoles techniques.

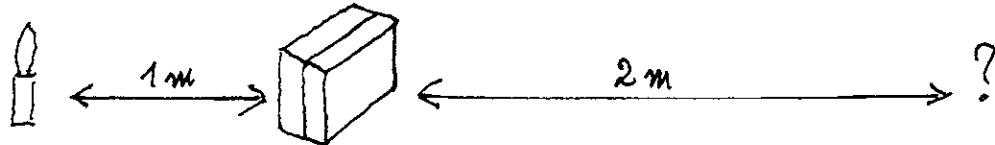
Aux niveaux secondaires (High School) une année d'enseignement scientifique est obligatoire sur les quatre dernières années. 80% des élèves choisissent la biologie, 40% la chimie, 20% la physique. La majorité des élèves de High School n'ont pas d'autre enseignement scientifique.

Situation qui peut changer si STAR est populaire et bien fait. Comme son nom l'indique, en se servant de l'attrait pour l'astronomie on peut enseigner les sciences. Les méthodes préconisées par STAR tiennent compte du fait que les élèves appréhendent mal l'application des mathématiques mais sont surtout des visuels, ayant besoin de manipuler. On place donc les élèves dans des situations simples avec un matériel élémentaire.

Par exemple, étant donné l'éclairement produit sur un photomètre par une bougie placée à un mètre, on demande : combien faudrait-il placer de bougies à deux mètres pour obtenir le même éclairement ? On utilise comme photomètre deux blocs de paraffine entre lesquels on a plié une feuille d'aluminium :



Les deux bougies étant à un mètre du photomètre, même éclairement des deux côtés.



Dans le deuxième cas, on place les bougies de droite à deux mètres, celle de gauche restant à un mètre du photomètre. Combien faut-il mettre de bougies à droite pour obtenir encore le même éclairement des deux côtés ?

A partir de cet exemple, la méthodologie de STAR apparaît : un matériel de démonstration très simple comme ce photomètre ; une situation également simple à partir de laquelle peuvent être dégagées et critiquées fausses idées ou idées préconçues. En tout cas, enseigner à partir d'activités concrètes ; c'est enseigner des connaissances scientifiques en faisant vivre la science.

Au cours de la discussion, Victor a fait remarquer que la pédagogie des activités d'éveil, à l'école primaire, était fondée sur une conception similaire. Malheureusement, elle a été mal comprise, en particulier par des parents d'élèves qui ne retrouvaient pas chez leurs enfants les exercices scolaires et livresques qu'ils avaient connus. Darrel nous répond que STAR est une tentative ; des études ont été faites sur mille classes (soit 23 000 élèves) avec évaluation dans des classes-témoins guidées par les mêmes professeurs. "Nous n'avons que partiellement réussi. Il faut s'opposer à la tendance des professeurs du secondaire qui voudraient former de futurs savants alors que, statistiquement, ils sont plus aptes à former un futur criminel qu'un futur savant!"

°°°

De STAR à SPICA

- Deux mille High Schools appartenant à 17 000 districts scolaires répartis dans l'ensemble des USA permettent à 15 000 élèves de suivre le programme STAR. Les quatre brochures éditées par STAR, 1. "Measuring size and distance", 2 "Making models of the sky", 3 "Scale models", 4 "The inverse square law", - ces quatre brochures représentent l'enseignement pour un tiers de l'année scolaire. Les enseignants sont surtout des professeurs de physique, de sciences ou de mathématiques. Ils utilisent le plus souvent le matériel STAR.

Un programme plus ambitieux, SPICA (Support Program for Improvement Competency in Astronomy) est en cours de préparation. Il sera expérimenté pendant trois ans par une centaine d'enseignants choisis pour leur compétence initiale en astronomie. Ces professeurs recevront en outre une formation approfondie en astronomie à l'occasion de stages d'été d'une durée de trois semaines qui les réuniront successivement pendant trois ans par groupes d'une trentaine. Le financement du projet dépend de la National Science Foundation.

° °

QUELQUES EXERCICES DU PROJET STAR

1. Les phases de la Lune avec son corps Un exercice typique de la méthode préconisée par STAR : une expérience vécue par les élèves. Ceux-ci sont installés en cercle autour d'un objet ou d'une lampe figurant le Soleil. Chaque élève représente la Terre, son nez figurant sa position sur le globe (si le nez est vers le Soleil, il est midi). Chaque élève tient dans la main droite (ou gauche) une boule qui figure la Lune. A la nouvelle lune, la Lune est dans la direction du Soleil, elle se lève en même temps que lui (l'élève tourne sur lui-même de gauche à droite pour figurer une journée). La Lune avance sur son orbite autour de la Terre (dans le sens d'ouest en est). Au premier quartier, la boule lunaire est tenue par la main gauche, elle se lève après le Soleil (quand il est midi) et se couche après. A la pleine lune, la boule lunaire est derrière la tête, elle se lève quand le Soleil se couche. Au dernier quartier, la boule lunaire est dans la main droite, la Lune se lève quand il est minuit, elle se couche quand il est midi.

Remarque : pour Darrel Hoff, l'élève a ressenti physiquement le passage de la Lune au méridien avant ou après le Soleil ; s'il dessine ensuite un schéma représentant ce qu'il a vécu, ce dessin n'est plus abstrait.

2. Constellations en trois dimensions Les anciens observateurs ont organisé le ciel en groupes de configurations, les constellations. Avez-vous déjà pensé à l'aspect qu'auraient ces constellations vues d'un autre astre que la Terre ? Avez-vous remarqué que des étoiles sont plus brillantes que d'autres ? Dans cette activité, nous allons étudier l'éclat et la distance des étoiles ainsi que l'aspect des constellations vues d'ailleurs.

Deux questions : 1. Toutes les étoiles de la Grande-Ourse sont à peu près du même éclat. Pensez-vous qu'elles sont à peu près à la même distance de la Terre ? 2. Pouvez-vous imaginer l'aspect qu'aurait la Grande-Ourse vue de l'étoile que nous voyons au bout du bras ?

Proposons-nous maintenant de construire un modèle de la constellation d'Orion en trois dimensions. Sur un carton rigide, on colle une feuille sur laquelle est dessinée la constellation (une dizaine d'étoiles). Pour chaque étoile, on perce un petit trou pour faire passer un fil que l'on fixe ; ces fils ont tous 55 cm de long. Les fils tendus, le dessin de la constellation vu à 55 cm est conforme à l'aspect d'une photographie de la constellation.

Sur le dessin, à côté de chaque étoile, est indiquée sa distance. Exemple : Rigel, 815 al. On choisit une échelle, par exemple, représenter une étoile distante de 100 al par une perle fixée sur le fil à 2,5 cm de l'observateur. Par conséquent, fixer la perle Rigel à 20,4cm.

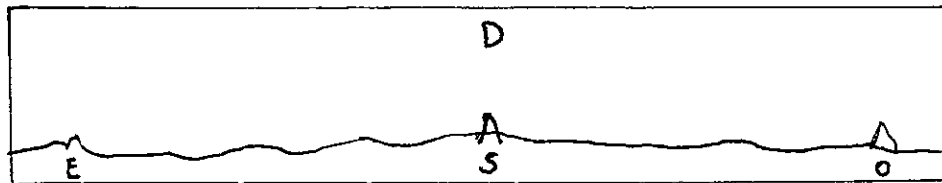
Quand l'opération aura été répétée pour chaque étoile de la constellation, en tendant tous les fils portant les perles, on a le modèle de la constellation en trois dimensions et telle qu'elle est vue de la Terre. Les fils tendus de la main gauche, on peut alors dessiner l'aspect de la constellation vue de la droite : ce n'est plus la forme initiale dessinée.

Les étoiles les plus brillantes étaient marquées d'une astérisque sur la carte de la constellation. D'où les questions : quelle est la distance de l'étoile la plus brillante ? Quelle est la distance de l'étoile la plus proche ? En général, les étoiles les plus brillantes sont-elles les plus proches ? Trouver deux raisons expliquant les différents éclats de deux étoiles distinctes.

3. Journal du mouvement du Soleil Le but de cette activité est de prendre note, une fois par semaine pendant plusieurs mois, de l'observation du Soleil à son coucher. Un dessin figure l'horizon du sud au nord, l'ouest au milieu, avec le schéma de quelques repères. On répète ce dessin à chaque observation en y figurant la position du Soleil et en notant la date et l'heure astronomique (pour la France, heure légale - 1h en hiver, heure légale - 2 h en été).

Comment les positions du Soleil à son coucher ont-elles varié pendant ces observations ? Pourquoi la position du Soleil à son coucher et l'heure de ce coucher changent-elles ? D'un jour au suivant, peut-on prévoir que le coucher aura lieu plus tôt ou plus tard ? Si l'heure du coucher change, en est-il de même de l'heure du lever ? Les deux changements ont-ils lieu dans le même sens ? Quelle incidence ont ces changements sur la durée de la nuit ?

4. Journal du mouvement de la Lune Sur le dessin suivant, on a représenté la position de la Lune à 20 h (heure astronomique), le 24 août.



Sur un dessin reproduisant le même horizon, figurer l'aspect et la position de la Lune le 23 puis le 27 août. Comment l'aspect de la Lune change-t-il ? Comment sa position dans le ciel change-t-elle ? Comment expliquer ces changements ?

Prévoir, de jour en jour, les levers et couchers de la Lune ; noter l'écart de temps entre le coucher du Soleil et le coucher de la Lune.

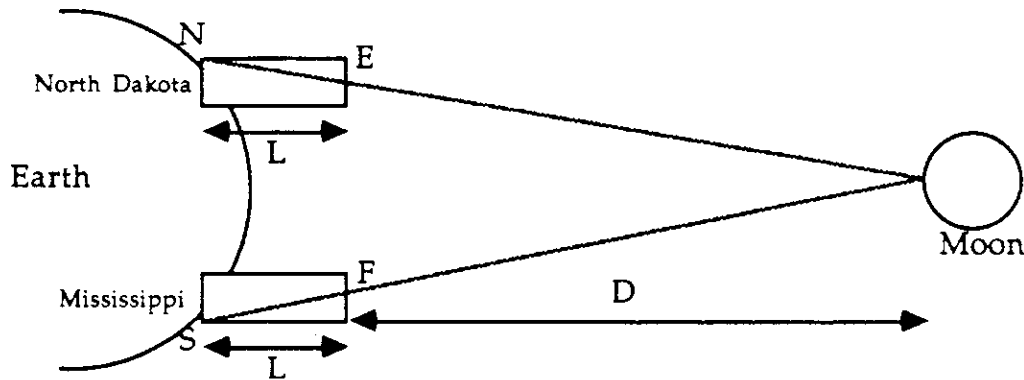
5. Les phases de la Lune Huit photos de la Lune notées ABCDEFGH sont à ranger dans un cadre à neuf cases pour figurer la suite des aspects de la Lune au cours d'une lunaison. Pourquoi neuf cases pour huit photos ?

A propos de chaque photo, peut-on dire quelle est la direction du Soleil vu de la Terre au moment de la prise de vue ?

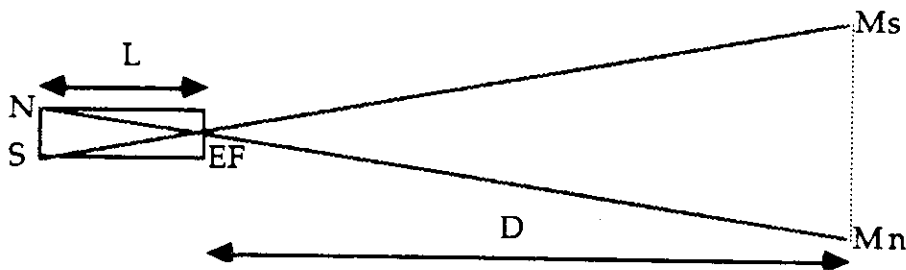
6. Modèle à l'échelle On simplifie les données ; diamètre de la Terre = 12 800km, diamètre de la Lune = 3 700 km ; rapport des rayons voisin de 4. Si la Terre est représentée par une boule de diamètre 32 cm, la Lune le sera par une boule de 8 cm. A quelle distance l'une de l'autre ? Environ 30 diamètres terrestres soit à l'échelle 9,6 m Quant au Soleil, ce serait une boule de diamètre 34,5 m placée à plus de 3,7 km.

Trouver une échelle qui permette de figurer le Soleil par un ballon de foot et quelle serait alors sa distance à la Terre ?

7. L'effet de parallaxe Un document met en évidence un effet de parallaxe : deux photos de la Lune ont été prises en même temps et avec la même focale 210 cm depuis deux observatoires éloignés l'un de l'autre de 1850 km (l'un à Finley Air Force Station North Dakota, l'autre à Starkville Mississippi). Sur les deux photos Jupiter, Vénus et plusieurs étoiles servent de repère.

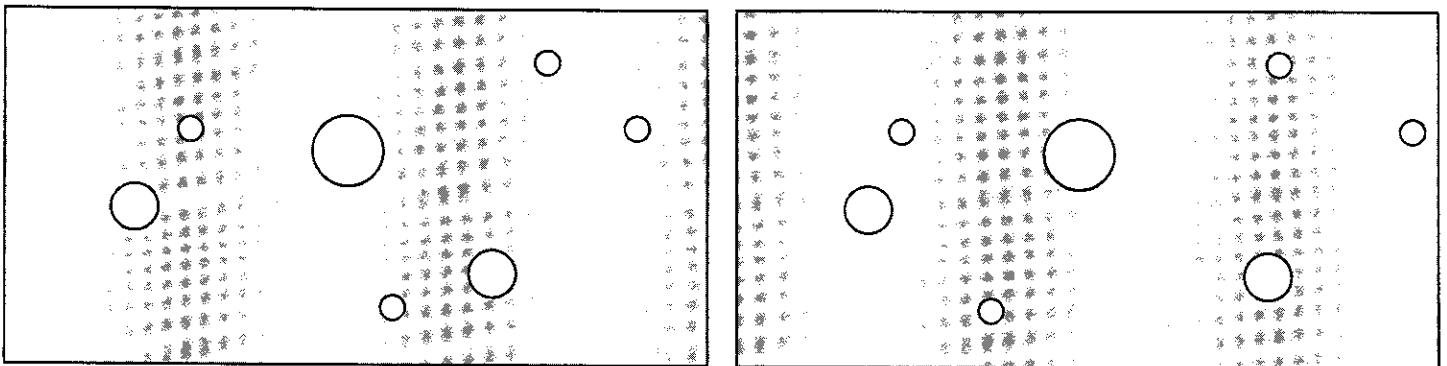


On peut mesurer le déplacement apparent de la Lune, d'une image à l'autre (environ 1 cm). Le rapport $1/210$ est égal à celui des 1850 km sur la distance de la Lune.



On trouve $1850 \div 210$ soit environ 388 500 km. La mesure de l'effet de parallaxe conduit à une détermination de la distance de l'objet soumis à cette parallaxe.

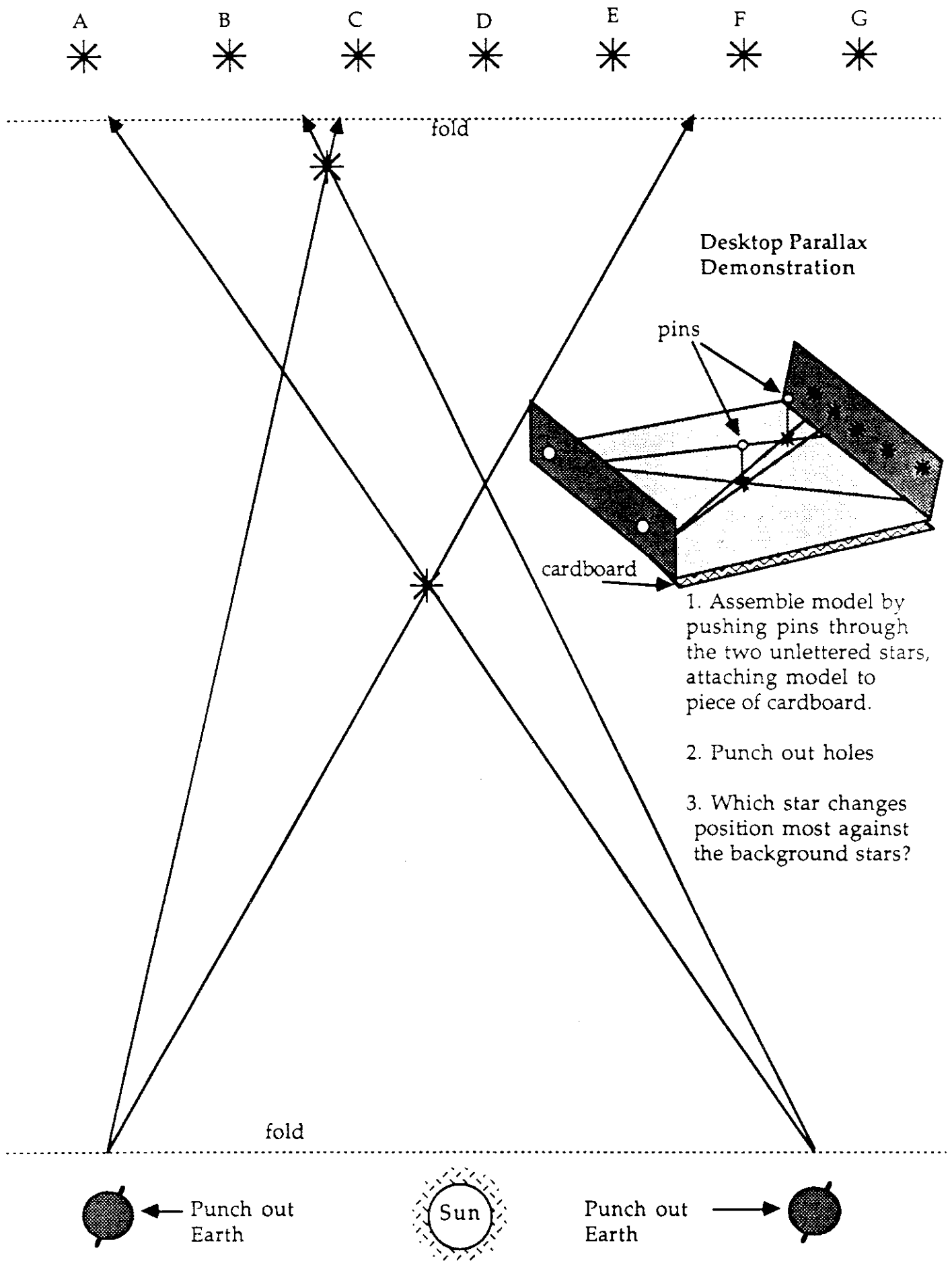
Parallaxes stellaires : deux schémas représentent une portion de ciel étoilé vue depuis la Terre à six mois d'intervalle. Sept étoiles sont représentées par



des disques plus ou moins grands selon l'éclat de l'étoile.

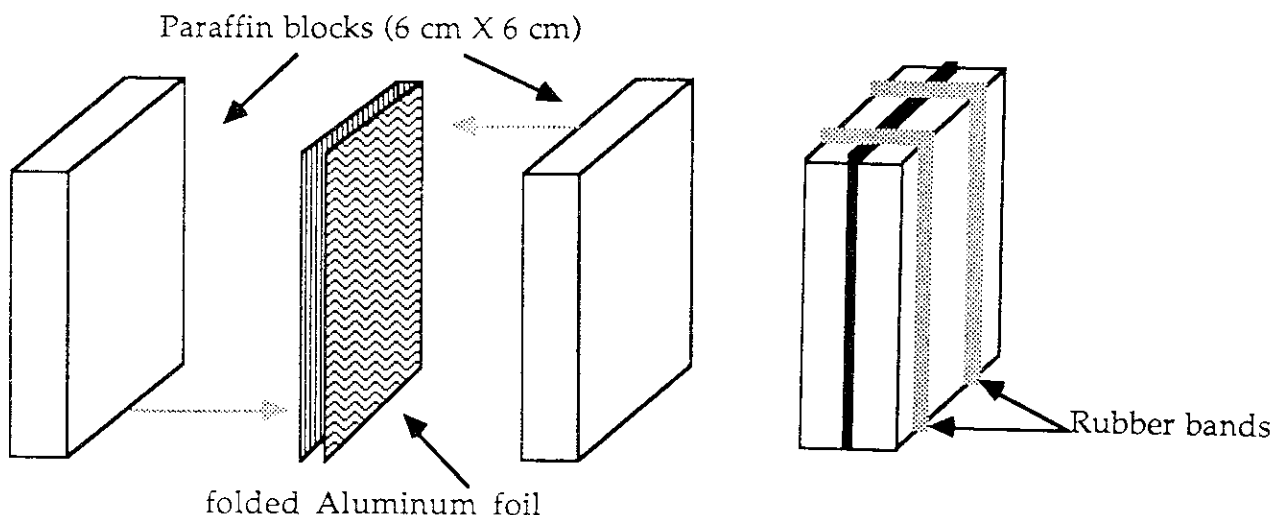
Questions : 1. En comparant les deux schémas, marquer d'une croix l'étoile qui est la plus proche de la Terre. 2. Expliquer comme on détermine cette étoile.

La boîte à parallaxe : le modèle est représenté à la page suivante en perspective qui donne l'idée complète du modèle, et en vraie grandeur qui permet de le réaliser facilement.



8. Photométrie et loi en $1/r^2$

Un matériel facile à construire nous met en possession d'un photomètre élémentaire : deux blocs de paraffine de 6 sur 6 cm et d'égale épaisseur, une feuille d'aluminium de 6 sur 12 cm pliée en deux, faces brillantes vers l'extérieur ; la feuille d'aluminium pliée et serrée entre les deux blocs de paraffine ; on lie le tout par deux élastiques.



Deux bougies identiques sont placées à 1 m du photomètre, de part et d'autre de celui-ci : on constate un même éclairement des deux faces de l'instrument. Si l'une des bougies est éloignée à 2 m, combien faudra-t-il lui adjoindre de bougies identiques pour retrouver sur le photomètre le même éclairement des deux faces ? Mise en évidence de la loi en $1/r^2$.

On peut alors essayer de mesurer la puissance du Soleil. On remplace la première bougie par une lampe électrique de 200 watt et l'autre face du photomètre est exposée au Soleil. On déplace la lampe jusqu'à obtenir l'égalité d'éclairement des deux faces. Soit, par exemple l'égalité d'éclairement réalisée avec la lampe à 8 cm du photomètre ; puissance du Soleil :

$$200 \times \frac{(1,49 \times 10^{13})^2}{8^2} = 6,9 \times 10^{26} \text{ watt}$$

Question : combien faudrait-il d'ampoules électriques de 200 watt, à la distance du Soleil, pour obtenir le même éclairement qu'avec le Soleil?

N-B? Cette expérience ne tient pas compte de l'absorption de l'énergie solaire par l'atmosphère, mais les divers paramètres négligés se compensent et la réponse donne un bon ordre de grandeur.

LES PRESENTATIONS CLEA

Nous nous contentons ici de les mentionner mais avec le bon espoir que plusieurs d'entre elles donneront lieu à des articles qui paraîtront dans les prochains Cahiers :

- L'astrolabe par Cécile Schulman
- Le Stellotoscope par Claude Piguet
- La sphère armillaire par Jean-Luc Fouquet
- La boîte à constellations par Jean Ripert
- L'hélioscope par Jean Ripert et Maryse Faydi
- Le geoselenoscope analogique par Daniel Toussaint
- La monture équatoriale par Alain Dargencourt
- Des expériences simples de spectroscopie par Edith Hadamcik
- Les mouvements des planètes dans un repère géocentrique par Lucette Bottinelli
- Le spectrographe par Daniel Bardin
- L'observation de la Lune par Victor Tryoen.

DIGRESSIONS SUR UN PROPOS

Les Propos sur l'Education de l'essayiste Emile Chartier (1868-1951), plus connu sous le nom d'Alain, ont paru pour la première fois en 1932 aux Presses Universitaires de France. Beaucoup de pédagogues les ont lus et s'en sont inspirés, au moins dans leurs conférences. Ils constituent toujours un sujet d'étude privilégié dans les Ecoles Normales de notre temps. Voici, par exemple, l'admirable Propos XLVIII qui ferait une excellente introduction à un cours sur le mouvement diurne. Lisons-le donc en entier, ne serait-ce que pour en apprécier la poésie :

XLVIII

Les Paysans lisent l'almanach. Quoi de plus beau pour eux ? Les jours qui viennent et les mois, et les saisons, ce sont des jalons pour leurs projets. De l'année qui va suivre, on connaît d'avance certaines choses. D'abord ce qui est comme immuable, c'est à dire le départ et le retour des étoiles ; tel est le squelette de l'almanach. Une année, c'est un tour complet des étoiles. je me souviens que j'ai vu l'an passé Orion, ce grand rectangle orné comme d'un baudrier et d'une épée, basculer à l'ouest comme il fait maintenant ; et Régulus du Lion juste au-dessus de ma tête. Une année a passé ; je le vois comme je vois sur le cadran de ma pendule qu'une heure vient de passer. Les étoiles marquent les heures aussi ; les pilotes de Virgile suivaient les mouvements de la Grande-Ourse autour de l'étoile Polaire ; ce mouvement indique à la fois l'heure et la saison ; au cours d'une année, le minuit de la Grande Ourse fait le tour du cercle ; en ce moment, et au commencement de la nuit, la Grande-Ourse est presque au zénith ; cette grande aiguille marque la saison, le temps où le merle siffle, où les narcisses sont fleuris. Il en est de même tous les ans. Ce n'est pas un petit travail que d'expliquer la relation entre l'Ourse qui tourne au ciel et l'oiseau qui fait son nid ; mais encore faut-il commencer par la remarquer, je dirais même par l'admirer. Je crois que les hommes des champs ont un peu trop oublié ce regard vers les étoiles, qui apprit à l'homme les lois les plus simples. Les anciens savaient qu'Arcturus, qu'on nomme aussi le Bouvier, paraît le soir au temps des labours printaniers, et disparaît quand la saison froide et pluvieuse s'avance. Cette science paysanne s'efface. Le laboureur lit le journal. C'est la ville qui imprime l'almanach ; et, à la place des mois qui sont au ciel, elle nous dessine des casiers sans couleur, des semaines et des dimanches selon le commerce et les échéances. Heureusement, la nature célèbre aussi Noël et Pâques ; heureusement la fête des Rameaux est écrite dans les bois. N'empêche que l'almanach des villes est un autre almanach. Dans l'almanach auquel je rêve, on verrait l'année trourner sur ses gonds ; c'est ouvrir de grandes portes sur l'avenir, et élargir l'espérance. Les hommes seraient plus près d'être poètes, et plus généreux, s'ils ne cessaient de lier leurs travaux à ce grand Univers.

Joignez au tracé des étoiles la course du soleil, son lever, son coucher, sa hauteur dans le ciel ; et aussi les phases de la lune, non pas en chiffres tout secs, mais par descriptions, de façon qu'on ne puisse pas penser à la pleine lune sans imaginer le soleil à l'opposé, de l'autre côté de la terre. Traçons aussi le chemin des planètes, en disant que celle-ci annoncera les premiers froids et cette autre les premières feuilles.

Je sacrifierais quelque chose de la prévision du temps, toujours incertaine ; ou plutôt, en annonçant par masses, et selon les saisons,

j'aurais toujours raison en gros ; pour le détail, je décrirais seulement les possibles, comme sont les giboulées de mars, les orages et la grêle de juin : il est bon de peupler l'année qui vient d'images vives. Aux caprices du ciel je mêlerais le chant des oiseaux, qui est presque aussi régulier que les astres. Il n'est pas besoin de tant se risquer pour être prophète.

Quant aux travaux des champs et du jardin, on en parle assez dans tout almanach, et c'est le plus beau. Si on y mêlait les plus sûrs conseils de la chimie et de la médecine, l'almanach serait un beau livre.

Quoi de plus ? Une bonne géographie de la région, partant de la structure des terres, décrivant les sources, les ruisseaux, les rochers, les grottes. Aussi une vue des productions agricoles et industrielles, de la circulation et du prix des choses. Enfin des notions précises sur le mouvement de la population, émigrations, immigrations. L'histoire viendrait tout naturellement, pour expliquer ce qui ne s'explique point autrement. Je vois ce livre très lisible, de beau papier, et solide comme étaient les Bibles. Voilà du beau travail à faire pour les amis du peuple qui ont du loisir.

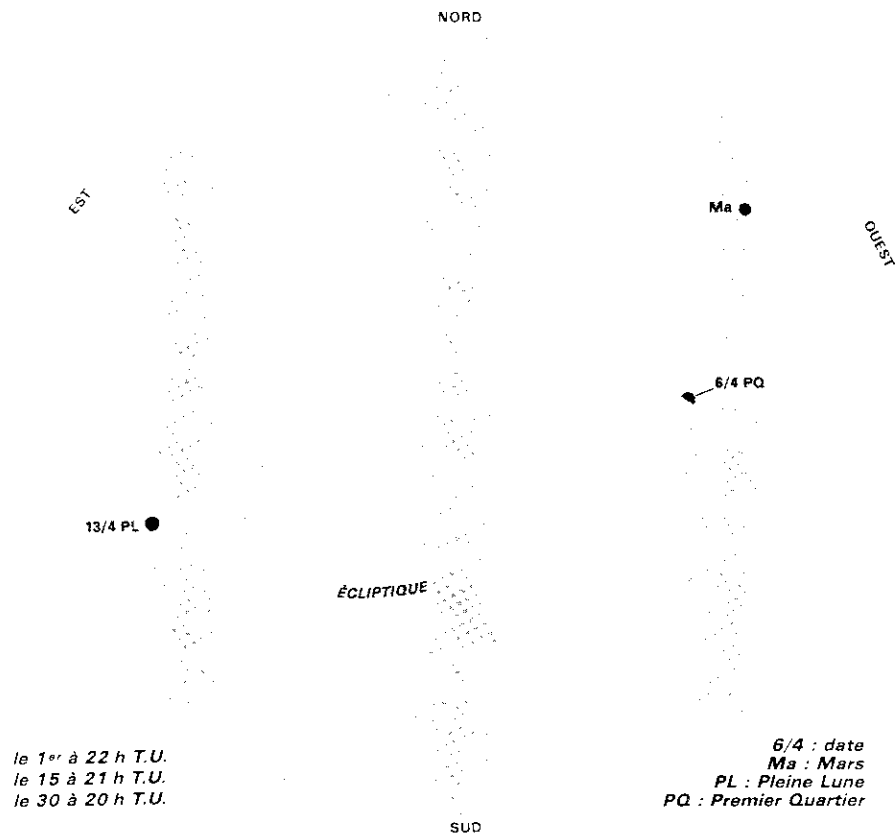
En attendant ce bel almanach, je voudrais qu'on essayât d'en écrire un à l'école, sur de beaux cahiers. Ce serait l'occasion de toutes les leçons possibles, de vocabulaire, d'orthographe, de calcul, d'astronomie, de physique, de chimie, d'histoire naturelle, et même de jugement à proprement parler. Par exemple, en ce temps où l'on change l'heure officielle, et où les tests sont à la mode, je proposerais ce sujet de rédaction : "Les embarras d'un chef de gare dans la nuit du 12 au 13 avril." Je pense aussi au calcul de Noël et de Pâques pour l'année qui vient ; la routine est en déroute ici ; il y faut une continuelle réflexion. Si avec cela on marquait la marche des ombres sur le mur, de saison en saison, on verrait la science redevenir une plante rustique, qui ferait une belle ombre à chaque porte.

(p182-187)

Cela fait et sans vouloir en détruire le charme, attachons-nous à ses aspects astronomiques. On peut, par exemple, connaître la date de la rédaction. En effet à propos des embarras du chef de gare dans la nuit du 12 au 13 avril, il suffit de consulter l'Annuaire du Bureau des Longitudes à la rubrique "Heures en France métropolitaine, parues au Journal Officiel" pour savoir que ce changement eut lieu dans la nuit du 12 au 13 avril 1930 (correction au temps universel : + 1h, à partir de 23h TU). Nous pouvons donc maintenant extraire du texte quelques phrases où l'auteur décrit le ciel étoilé qu'il observe en ce début de la nuit du samedi 12 avril. C'est ainsi qu'il voit "Orion basculer à l'ouest" et "Régulus du Lion juste au-dessus de sa tête", tandis que "en ce moment et au commencement de la nuit, la Grande-Ourse est presque au zénith" ; enfin il évoque Arcturus qui "paraît le soir au temps des labours printaniers." Une carte du ciel nocturne visible à Paris vers la mi-avril confirme tout à fait la description d'Alain ; voir par exemple la carte extraite de la revue Ciel et Espace. Sachant d'autre part, que le Soleil se couche à Paris, le 12 avril, à 18h37(TU) et que le crépuscule astronomique dure environ une heure, ce jour-là, le commencement de la nuit se produit alors vers 19h30 (TU). Alain écrit donc son Propos XLVIII à partir de cette heure-là. En ce qui concerne la Grande-Ourse dont les sept étoiles principales sont comme un Chariot (Septem triones, septentrion) tiré dans le ciel par le Bouvier, elle ne passe évidemment pas au zénith à Paris. Mais il est vrai que α Grande-Ourse (Dubhe) et β Grande-Ourse (Mérak) sont près de leur culmination.

Passons sur les planètes, dont "celle-ci annoncera les premiers froids, et cette autre les premières feuilles"; elles en seraient bien incapables en raison de leurs incessants vagabondages parmi les constellations. Passons aussi sur la calcul de Noël dont la date immuablement

CIEL VISIBLE EN AVRIL



fixée au 25 décembre, n'est pas soumise aux extravagances conciliaires de celle de Pâques ; celle-ci vagabonde dans le calendrier grégorien du 22 mars au 25 avril (ex : le 22 mars 1818, le 25 avril 1943). Gauss lui-même n'a pas réussi à donner une formule qui permette de déterminer Pâques sans exceptions. Il est donc vrai qu'il y faut une "continuelle réflexion" et que "la routine est en déroute ici". Cela dit, si l'on peut déplorer que "la science paysanne s'efface" au profit de la lecture de l'almanach, on peut tout autant regretter la disparition de l'astronomie comme matière obligatoire dans les programmes de l'enseignement, au profit de la lecture de l'horoscope, peut-être.

Pour terminer, reprenons une phrase du texte où Alain dit qu'il voit Régulus juste au-dessus de sa tête. Elle nous servira de prétexte pour résoudre un petit problème de cosmographie comme on en posait à son époque dans les classes de Mathématiques.

Problème : à quel instant t (en TU) l'étoile Régulus est-elle passée au méridien de Paris (en PS) ($\lambda = -9^m21^s$) le 12 avril 1930? On dispose des données suivantes : Régulus (pour l'époque et l'équinoxe 1950) $\alpha = 10^h05^m42,7^s$; $\delta = 12^\circ12'45''$; mouvement propre annuel en α : $-0,0171$ s (ces données sont extraites des "Calculs astronomiques à l'usage des amateurs" par Jean Meeus, édition SAF). On indiquera également la hauteur de Régulus à sa culmination.

Solution : le problème revient à savoir à quel instant t (en TU), le temps sidéral local T a pris la valeur α de l'ascension droite de Régulus, c'est à dire résoudre l'équation $T = \alpha$ pour la date considérée.

On cherche d'abord la valeur correspondante pour Greenwich $T_1 = T + \lambda$ puis on calcule la valeur T_0 du temps sidéral de Greenwich à 0hTU. D'où $T_t = T_1 - T_0 = T + \lambda - T_0 \pmod{24}$ On convertira enfin T_t en temps moyen.

Calcul de T_0 (temps sidéral de Greenwich le 12 avril 1930 à 0 h TU)

Ce temps, exprimé en heures décimales, s'obtient par la formule (cf Jean Meeus, loc.cit.)

$$T_0 = 0.276\ 919\ 398 + 100.0021359\ \theta + 0.000\ 001\ 075\ \theta^2$$

où $\theta = (JJ - 2\ 415\ 020.0)/36525$, JJ désignant le jour julien

Or JJ est donné par :

$$JJ = \text{Int}(365.25y) + \text{Int}(30.600(m+1)) + DD + 1\ 720\ 994.5$$

Int désignant la partie entière du nombre considéré, y le millésime (ici y = 1930), m le mois (ici m = 4) et DD le quantième (ici DD = 12).

On trouve ainsi : JJ = 2 426 078.5

040% $\theta = 0.302\ 765\ 229\ 3$ (en ne gardant que la partie décimale)

$$T_0 = 0.554\ 089\ 64$$

Le temps sidéral ainsi obtenu est exprimé en révolutions ; en multipliant sa partie décimale par 24, on obtient T_0 en heures, soit :

$$T_0 = 13.298\ 151\ 36 \quad \text{ou} \quad T_0 = 13\ \text{h}\ 17\ \text{m}\ 53,34\ \text{s}$$

Calcul de α (ascension droite de Regulus)

Les formules utilisées ne tiennent compte que de la précession. Les voici, extraites de l'ouvrage de J.Meeus cité :

$$\Delta\alpha = m + n \sin\alpha \operatorname{tg}\delta, \quad \Delta\delta = n \cos\alpha \quad (\text{variations annuelles})$$

Les valeurs de m et n, lentement variables avec le temps, sont les suivantes:

$$m = 3^{\text{S}}.072\ 34 + 0^{\text{S}}.001\ 86\ \tau \quad n = 20''.046\ 8 - 0''.008\ 5\ \tau$$

τ étant mesuré en siècles à partir de 1900.0

Rappelons que $\alpha_{1950} = 10\ \text{h}\ 05\ \text{m}\ 42.7\text{s}$, $\delta_{1950} = +12^\circ\ 12'\ 45''$

et que le mouvement propre de Regulus en α est, par an, - 0.0171 s

En prenant $\tau = 0.3$, on trouve

$$m = 3^{\text{S}}.072\ 695\ 8 \quad ; \quad n = 20''.044\ 25 = 1^{\text{S}}.336\ 283\ 33$$

D'où la variation annuelle de l'ascension droite, due à la précession et au mouvement propre :

$$\Delta\alpha = 3^{\text{S}}.211\ 019\ 25 - 0^{\text{S}}.017\ 1 = 3^{\text{S}}.193\ 919\ 25$$

soit, pour 20 ans (entre 1950 et 1930) une variation totale de α égale à - 63.88 s ; on en déduit $\alpha_{1930} = 10\ \text{h}\ 04\ \text{m}\ 38.8\text{s}$

On peut maintenant connaître l'heure de la culmination de Regulus au méridien de Paris, le 12 avril 1930, en résolvant le système :

$$\begin{cases} T = \alpha \\ T_t = (T + \lambda) - T_0 \quad (\text{mod } 24) \end{cases}$$

$$T_t = ((10\ \text{h}\ 04\ \text{m}\ 38.8\ \text{s} - 9\ \text{m}\ 21\ \text{s}) + 24\ \text{h}) - 13\ \text{h}\ 17\ \text{m}\ 53.34\ \text{s}$$

$$T_t = 20\ \text{h}\ 37\ \text{m}\ 24.46\ \text{s} \quad (\text{en temps sidéral})$$

soit en temps moyen $t = T_t - 0.997\ 269\ 6$ soit $t = 20\ \text{h}\ 34\ \text{m}\ 01.7\ \text{s}$ (en temps légal)

Or Regulus culmine, à Paris où $\varphi = 48^\circ 50'$ entre le zénith et l'horizon sud ; de telle sorte que la déclinaison de l'étoile, la latitude et la distance zénithale méridienne z sont liées par l'égalité $\delta = \varphi - z$

On en déduit $z = 48^\circ 50' - 12^\circ 12' 45''$

(compte tenu de la variation $\Delta\delta$ et de la réfraction soit $z = 36^\circ\ 37'\ 15''$)

La hauteur de Regulus au moment de sa culmination à Paris le 12 avril 1930 était donc :

$$h = 90^\circ - z = 53^\circ 22' 45''$$

Elle faisait un angle important avec l'horizon, mais quoi qu'en dise Alain, elle n'était pas "juste au-dessus de sa tête". Par contre, à l'heure de la culmination, elle devait être bien visible, puisque le crépuscule astronomique était fini depuis une bonne heure. Pour le reste, la description du ciel étoilé qu'il donne dans son Propos est correcte et fidèle.

Paul Perbost
(Nice, le 4 juillet 1988)

Simulations en Astronomie sur Ordinateur

Pendant deux semaines (l'une en janvier 89, l'autre en avril) s'est déroulé à l'EN d'Etiolles (91) un stage dont l'objectif était de fabriquer un logiciel de simulation des mouvements apparents du Soleil, des planètes et de la Lune : un planétarium sur écran d'ordinateur!

Un tel logiciel permet de se situer n'importe où sur la Terre, à une heure quelconque d'une date quelconque et de visualiser le ciel et ses astres mobiles (sans les étoiles) : *on simule l'observation réelle.*

La Pleine Lune est-elle visible au Pôle Nord en décembre? D'abord, on raisonne, ce qui permet de l'affirmer. Ensuite, une visualisation du ciel du Pôle sur l'écran, et animée d'heure en heure (par exemple) lors d'une journée "noire" de décembre montre la Lune visible : sa trajectoire reste parallèle à l'horizon. Et quinze jours plus tard, elle rase l'horizon pour disparaître pendant deux semaines.

On se transporte ensuite très facilement dans l'hémisphère sud par la donnée des coordonnées géographiques du lieu d'observation : vers le solstice d'été, le Soleil reste toujours dans le quart de sphère Est-Nord-Ouest-zénith.

L'éclipse de Soleil du 11 août 1999 sera-t-elle totale ou partielle, vue depuis Etiolles? Un très mince croissant de Soleil à 10h22 TU nous imposera d'aller un peu plus au nord, vers Senlis!

Des calculs très rapides (un IBM.PC-AT) et l'animation graphique (et en couleurs) permettent des effets intéressants pour prévoir une observation mais aussi pour visualiser et ... mieux comprendre : c'est un *outil pédagogique*. De plus, à partir d'un programme de base calculant les coordonnées des astres, il a été possible de faire d'autres exploitations graphiques par exemple de visualiser depuis un point de la Terre des éclipses de Lune ou de Soleil, de tracer des diagrammes d'élongation des planètes et de la Lune ou la position du terminateur sur la Terre (comme dans le CC. 39/40) etc...

Les contenus abordés au cours de ce stage ont concerné l'astronomie bien sûr, mais aussi les mathématiques et la programmation :

- le temps et le calendrier,
- le mouvement képlérien (mouvements héliocentriques),
- les repères célestes et les mouvements géo- et topocentriques,
- le traitement graphique des données (représentations visuelles),
- algorithme de calcul d'éphémérides (planètes et Lune) à 0°010 près.

Deux interventions de Bruno Morando ont été très appréciées :

- le temps et ses définitions,
- les perturbations en mécanique céleste.

Ce stage était organisé par le Ministère (la Direction des Ecoles) pour des professeurs de physique (ou math) qui enseignent en Ecole Normale (l'astronomie des mouvements apparents figure au programme de CM).

Je l'ai repropose pour la prochaine année scolaire : le BO spécial consacré à la formation continue en fixera les dates.

Michel TOULMONDE

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

SOLEILS ECLATES

Les supernovae par Thierry Montmerle et Nicolas Prantzos ; préface de Jean-Claude Pecker ; 160 p ; édition CEA-CNRS 1988 (250 F).

Un très beau livre passionnant publié à l'occasion d'un très grand événement, la découverte de la supernova SN1987A du Grand Nuage de Magellan. Le grand événement, nous en avons déjà une idée grâce aux excellents "Potins de la Voie Lactée"? Mais le sujet méritait d'être exposé dans toute son ampleur ce qui est le cas dans ce livre écrit par deux spécialistes. Je suis loin d'en avoir épuisé toutes les richesses mais je ne veux pas plus tarder à le signaler aux lecteurs des Cahiers.

Au premier coup d'oeil, ils seront surpris par la qualité de la présentation : un livre relié, grand format (24/30) superbement illustré, photos en couleur, schémas, graphiques. Puisque j'ai commencé par la forme, une critique qui sera d'ailleurs la seule : si la table des matières est détaillée, on la préférerait en tête et remplacée à la fin du livre par un index alphabétique (y compris pour les noms propres cités) ; un ouvrage de cette qualité aurait mérité ce perfectionnement.

Dans sa préface, Pecker nous rappelle quel tournant ce fut dans l'histoire de l'astronomie que la découverte de l'étoile nouvelle dans Cassiopée par Tycho Brahé, en 1572. Finie, à partir de cette date, la croyance à un univers stellaire figé, éternel. Même s'il a fallu du temps et les progrès de l'astrophysique pour que les processus de l'évolution stellaire soient peu à peu compris. On pouvait donc, de nos jours, compte tenu de la probabilité de l'explosion d'une supernova dans une galaxie comme la nôtre, s'attendre à ce qu'un tel événement se produise dans un environnement assez proche.

Le 24 février 1987 à 2h40TU, à l'Observatoire de Las Campanas (Andes chiliennes), l'astronome canadien Ian Shelton découvre la supernova sur un cliché du Grand Nuage. La découverte est aussitôt diffusée, la machine astronomique moderne prend le relai, branle-bas de recherche dans tous les domaines, de la radio à la photographie et aux détecteurs de neutrinos. Dommage que Tycho n'ait pas été secondé en son temps par de telles équipes de chercheurs !

Le livre de Montmerle et Prantzos commence donc par relater l'événement puis rappelle les supernovae historiques, importance des annales chinoises qui signalent les "étoiles-hôtes". Enfin, avec Baade et Zwicky, on distingue les novae des super-novae et pour bien marquer la différence on supprime le trait d'union : la notion de supernova a donc cinquante ans.

Pour bien situer le phénomène, le chapitre 3 traite de l'évolution des étoiles en général. Chapitre 4, l'explosion : ou bien l'effondrement du coeur des étoiles massives (SNII) ou bien la bombe thermonucléaire stellaire (SNI), sans oublier les supernovae "exotiques". Puis, chapitres 5 et 6, l'étude des restes des supernovae, en particulier les résidus compacts étoiles à neutrons et trous noirs. Ces quatre chapitres nous donnent ainsi un tableau complet de l'évolution stellaire.

Le chapitre 7, "la supernova du siècle" est particulièrement passionnant même si l'on comprend qu'il devra être revu et complété au fur et à mesure que les travaux en cours fourniront nouvelles données et nouvelles idées.

Chapitre 8, "Supernova et milieu stellaire". J'ai été spécialement intéressé par la présentation des voisinages du Soleil, dans une bulle contenue dans une autre bulle contenue elle-même dans une autre bulle, ... (points de suspension indispensables).

En conclusion, les supernovae et notre environnement : origine des éléments lourds, rayonnement cosmique, formation de systèmes planétaires tel notre système solaire et sur telle planète privilégiée formation et évolution de la vie. La vie, quelle vie ! (Pensez à celle des rédacteurs des Cahiers Clairaut). Seul fait presque acquis : la transition crétacé-tertiaire et la disparition relativement rapide des dinosaures qui coïncide avec l'expansion des petits mammifères (pourquoi me regardez-vous comme ça ?) tous phénomènes liés à une cause cosmique. Des explosions de supernovae voisines, il y en a eu et sans cela nous ne serions pas ce que nous sommes.

Ce résumé panoramique ne peut vous donner une idée exacte du livre de Montmerle et Prantzos. Au moins voudrais-je vous engager à le lire, à l'étudier et je suis certain que vous jubilerez. Ce n'est pas une comparaison mais je pense au livre de Pecker "Sous l'étoile Soleil" à partir d'un sujet qui peut a priori paraître limité, une étoile, une supernova, tous les aspects, tous les problèmes de l'astronomie sont abordés. Illustration encore une fois de ce qui fait un des charmes de l'astronomie, science carrefour, une science où un bon spécialiste est spécialiste en tout. Encore faut-il, pour réussir la présentation, que les auteurs se conduisent en bons chefs d'orchestre. Ici, je n'ai pu distinguer la part de l'un de celle de l'autre.

UNE BREVE HISTOIRE DU TEMPS

Du Big Bang aux trous noirs par Stephen Hawking.
Nouvelle bibliothèque scientifique Flammarion, 236 P, 1989 (89F).

Vous avez sûrement entendu parler de ce livre. Les journaux et les télévisions qui apprécient tant les vedettes de la chanson et s'intéressent à la cosmologie les années de 367 jours, se sont tout à coup pris de passion pour le livre de Hawking. Un auteur exceptionnel certes, un grand savant puisqu'il occupe à Cambridge la chaire qu'illustra Newton, mais également un homme terriblement handicapé par une très grave maladie neurologique et l'admiration se teinte alors forcément de compassion.

Il est vrai que Hawking est un grand savant, qu'il s'est intéressé un des premiers aux trous noirs et que sa véritable ambition est de trouver enfin l'harmonisation entre la Relativité Générale et la physique quantique, la GU, la Grande Unification. Malgré son handicap, il ne peut s'exprimer que par l'intermédiaire de machines, il est reconnu dans le cercle restreint des grands théoriciens. Il a donc eu envie d'élargir son audience et le voici, avec ce livre, vulgarisateur.

Entreprise hardie et toujours risquée quand le savant quitte son domaine d'excellence. Ici, je ne suis pas certain qu'il ait réussi. Brosser rapidement, pour commencer, les anciennes conceptions du monde, le bon espace euclidien nous est familier, tout nous paraît simple. Même l'axiome de la gravitation, cette mystérieuse action à distance ne nous rebute pas tellement il y a de phénomènes connus pour lesquels elle donne l'explication satisfaisante. Nous croyons tout savoir de cette physique. En tout cas elle ne heurte plus nos préjugés "naturels". Mais ça se complique déjà quand en vingt petites pages Hawking entreprend de résumer la Relativité Générale. Toujours bien sûr sans la moindre formulation mathématique, un principe valable pour tout le livre. Et on trouve que le film passe trop vite. Ce qui est encore plus sensible dans la suite, sur le principe d'incertitude de Heisenberg, sur la théorie quantique des particules. Hawking affirme et, bien sûr, nous lui faisons confiance mais sans bien toujours comprendre ; est-ce un bon comportement scientifique ? Difficulté du genre, évidemment, mais Hawking n'a pas le talent d'un Feynman.

Dans le chapitre "Origine et destin de l'Univers", le big bang apparaît à Hawking comme une singularité de l'espace-temps (singularité au sens mathématique, un peu ce que Thom appelle une "catastrophe").

Où encore une sorte de "bord". Si bord il y a, si big bang égale origine absolue, vous devinez que certains vont mettre là un dieu créateur. Il paraît même que l'Eglise catholique serait assez favorable à cette idée (oui, cette Eglise qui condamna Galilée et brûla Giordano Bruno, entre autres). Mais cet artifice du dieu créateur ne paraît pas obligatoire à Hawking, il suggère un modèle d'espace-temps sans bord : "Si réellement l'Univers se contient tout entier n'ayant ni frontières ni bord, il ne devrait avoir ni commencement ni fin : il devrait seulement être. Quelle place reste-t-il alors pour un créateur ?"

Ce qui passionne vraiment Hawking, on le comprend et on l'approuve, c'est de trouver enfin comment se raccordent la Relativité Générale et la physique quantique avec cette relation d'incertitude à laquelle Einstein était tellement allergique. Pas de plus noble ambition pour un savant de cette fin du XX^{ème} siècle. Réjouissons-nous de vivre à cette époque, Hawking nous promet que cette théorie unifiée fournira un cadre compréhensible par tout le monde. Bientôt, nous comprendrons.

LES MOUVEMENTS APPARENTS ET RELATIFS DES ASTRES

par la Commission Inter-IREM d'astronomie ; 106p. (IREM de Limoges, 123 av Albert-Thomas, 87060 LIMOGES CEDEX). M.Bataillou, G.Hess, J-P.Marchand, J-M.Poncelet, F.Suagher et E.Varanne ont collaboré à cet ouvrage dont le maître d'oeuvre a été Christian Dumoulin.

Les sujets traités vont du mouvement diurne, des mouvements relatifs des planètes par rapport à la Terre, de l'orbite de la Lune aux mouvements des satellites de Jupiter et aux éclipses pour se terminer par des exposés sur les cadrans solaires, y compris leur étude analytique.

L'ouvrage est accompagné de seize diapositives réalisées par la même équipe (et qui peuvent être vendues séparément). L'ensemble est destiné à tous les collègues (école, collège ou lycée) qui apprécieront la clarté des exposés. Bref, un bon outil pour l'enseignement actif que nous appelons tous de nos vœux.

En même temps, Christian Dumoulin publie le n°1 du volume 2 de Urania, la publication du Groupe de Recherches et d'Animation en Astronomie du Limousin (GRAAL) dont il est responsable, sur le beau sujet "Optique et astronomie" (112 p, 40F). On y trouve l'exposé de base sur l'optique géométrique, sur les instruments, lunettes et télescopes, ainsi que la photographie, les montures et enfin la spectroscopie. Du beau travail utile.

"MIDI, ROI DES ETES"

Cadrans solaires d'Aunis et de Saintonge. 72 p + 12 diapositives
Préface de R.Vogel, IPR de physique. Publication du CDDP de La Rochelle.

La brochure recense 169 cadrans anciens ou réputés anciens en Aunis et Saintonge, s'intéresse ensuite à la construction d'un cadran en développant les applications pédagogiques pour une initiation à l'astronomie.

GALILEE

entre le pouvoir et le savoir par Franco Lo Chiatto et Sergio Marconi, traduit de l'italien par Simone Matarasso-Gervais, 296 p, éd Alinéa 1988(210F)

L'introduction du livre rappelle la vie et l'oeuvre de Galilée, essentiellement dans ses relations - difficiles - avec les autorités de l'Eglise. Suivent, in extenso, les documents des procès donc également le texte de l'abjuration. Le livre se termine par un ensemble de lettres écrites par Galilée et une correspondance qu'échangèrent avec lui Peiresc et Gassendi. Une documentation instructive par conséquent. Dommage que la forme matérielle de ce livre rende presque impossible de le maintenir ouvert sur la page qu'on voudrait lire ou relire.

G.W.

A PROPOS DU CALENDRIER REPUBLICAIN

Le remarquable ouvrage Histoire et Dictionnaire de la Révolution française de J.Tulard, J-F.Fayard et A.Fierro, publié dans la collection "Bouquins" par les éditions Robert Laffont, comporte hélas des erreurs dans les tableaux de concordance des calendriers républicains et grégoriens.

Ces erreurs proviennent d'un manque de continuité typographique des jours républicains entre le 31 décembre et le 1er janvier pour certaines années (voir p.416), le décalage d'un jour se prolongeant jusqu'à la fin de chacune de ces années républicaines (p 416 à 425), c'est à dire du 1er janvier au 22-23 septembre.

Il s'agit d'une part des années 1795, 1799 et 1803 qui doivent être décalées d'un jour vers "le bas" et d'autre part des années 1796 et 1804 que l'on doit au contraire décaler vers "le haut".

Les jours complémentaires (p 425) des années 1795, 1796, 1799, 1803 et 1804 sont erronés : il n'y a eu en réalité que trois "6ème jour de la Révolution", ce sont les 22 septembre 1795, 22 septembre 1799 et 23 septembre 1803.

Cependant, la table de la page 312 est correcte ainsi que les tables des mois vendémiaire, brumaire, rimaire (p 413 à 415), et la partie de décembre correspondant à nivose (p 416). Dans la suite des tableaux des autres mois, les années 1794, 1797, 1798, 1800, 1801, 1802 et 1805 sont correctes également.

Michel Toulmonde

PARMI LES REVUES

L'Astronomie (décembre 1988) : un numéro spécial à ne pas manquer sur les étoiles doubles.

La Recherche : "Où sont les étoiles ?" par F.Mignard sur le projet Hipparcos (janvier 1989). "Une centrale solaire reconvertie en télescope" par P.Goret (février). "Les rencontres d'étoiles dans les amas globulaires" par G.Meylan et F.Verbunt (mars). "Existe-t-il des étoiles supermassives ?" par M.Heydari-Malayeri (avril).

Pour la Science : "Oscillations quasi-périodiques dans l'espace" par M.Vander Klis (janvier 1989). "Les Soviétiques dans l'espace" par P.Banks et S.Ride (avril).

Espace information : n°41 (février 1989), un dossier sur l'observation, la photographie et l'écoute des satellites, avec une maquette à monter de TDF 1.

Gnomon (avril 1989) annonce l'assemblée générale de l'AAE (Association for Astronomy Education), le 13 mai au Science Museum de Londres qui comprendra une conférence sur les pulsars par F.Graham Smith, Astronome Royal.

A LIRE OU A RELIRE

Eléments d'Histoire des Sciences, sous la direction de Michel Serres ; 576 pages, éd Bordas 1989 (295 F) : onze auteurs ont choisi quelques grands sujets de l'histoire des sciences et nous proposent des réflexions fort instructives. L'ouvrage mérite qu'on en parle ici longuement.

Réédition de l'excellent livre de Florence Trystram "Le Procès des Etoiles (1735-1771)" sur l'expédition de mesure du méridien à l'Equateur. Collection "Etonnants Voyageurs", éd Seghers, 290 pages (95F).

Communiqué : Le Club d'Information scientifique des PTT propose une séance d'observation du ciel d'été au télescope, le samedi 23 juillet 1989 à 22h au Centre de Verrières. S'inscrire : Audioclub des PTT, 38/40 rue du Général Leclerc, 92130 ISSY LES MOULINEAUX

Les publications du CLEA

LES CAHIERS CLAIRAUT, bulletin trimestriel du CLEA

Abonnement simple 1989 (n°45 à 48) : 80 F (soutien 100 F)

Cotisation simple au CLEA : 25 F

Abonnement 1989 (n°45 à 48) ET cotisation au CLEA : 100 F (soutien 130F)

Possibilité de s'abonner et de cotiser pour deux ans en doublant les tarifs

Prix des Cahiers Clairaut au numéro, l'exemplaire 25 F

La collection complète des Cahiers Clairaut (n°1 à 44) : 480 F

A l'intention des nouveaux abonnés, onze fascicules ont été édités ; ils réunissent par thèmes des articles publiés dans les Cahiers Clairaut. Le fascicule FI est un index des articles publiés. TOUT NOUVEL ABONNE reçoit cet index et un fascicule à choisir dans la liste suivante:

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

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

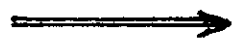
LE TRAN-SOLUTE un "kit" qui permet de construire un TRANSPARENT animé montrant le SOLEIL, la LUNE et la TERRE ainsi que leurs mouvements relatifs. Réalisation J.Ripert et G.Fugilando. Utilisation sur rétroprojecteur. (50F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE : Digne 1978 (25F), Grasse 1979 (35F), Sophia-Antipolis 1982 (50F), Grasse 1983 (58F), Formiguères 1984 (65 F), Formiguères 1985 (100F), Formiguères 1986 (100F)

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

Catalogue des étoiles les plus brillantes par F.Ochsenbein, A.Acker, E.Legrand J-M.Poncelet et E.Thuet-Fleck (franco 75F) - Le catalogue existe sur disquettes pour PC (120 F les deux disquettes).

Deux séries de dix cartes postales : 1) le système solaire ; 2) nébuleuses et galaxies (chaque série, franco 23 F)



Les commandes ainsi que les abonnements, cotisations ou réabonnements sont à adresser au secrétaire du CLEA

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

en joignant le chèque correspondant libellé à l'ordre du CLEA

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Imprimerie HAUGUEL, 92240 Malakoff

Dépôt légal : 1er trimestre 1979 ; numéro d'inscription à la CPPAP : 61660

