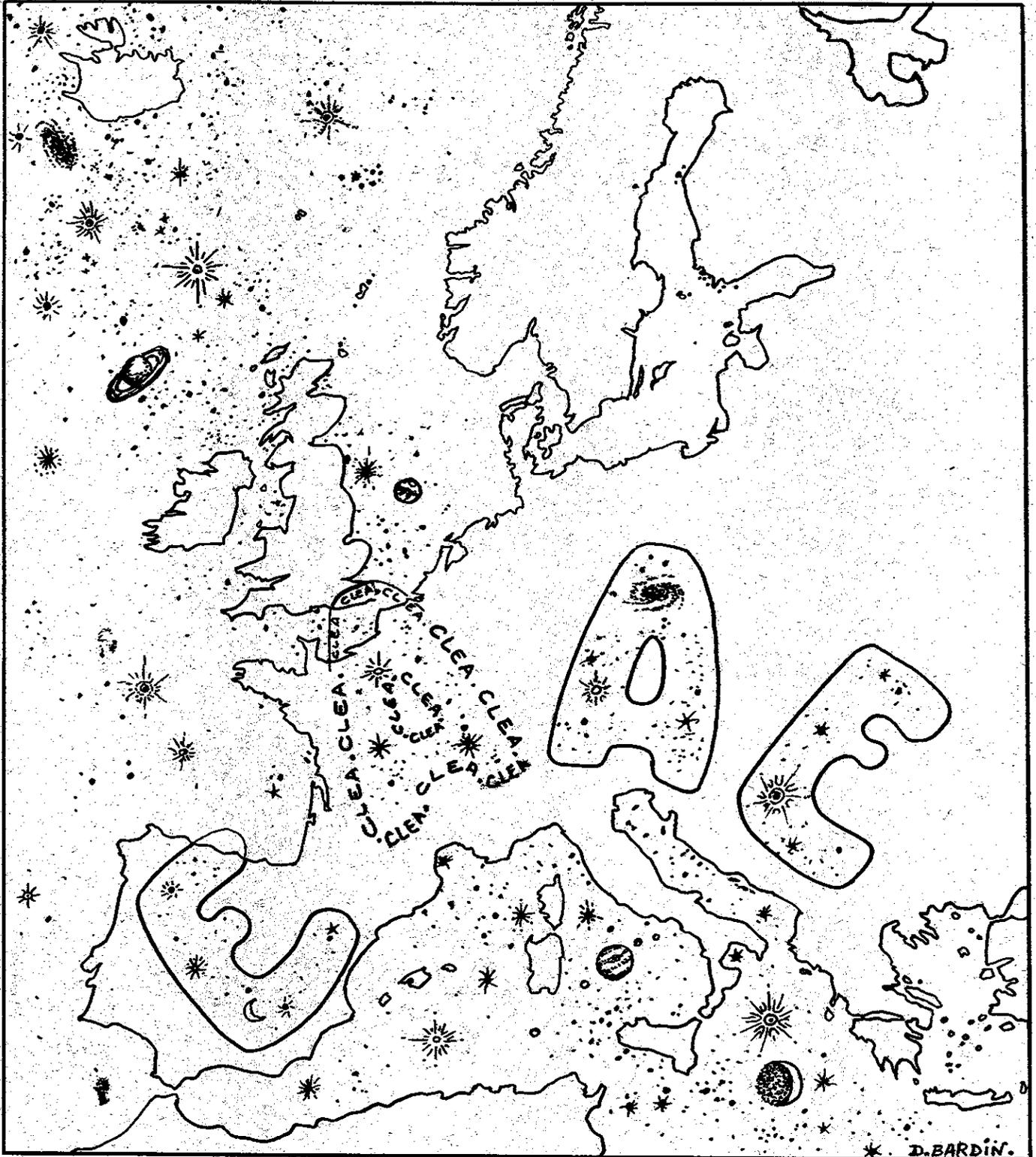


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N°74 - ETE 1996

ISSN 0758-234 X

Le C.L.E.A. - 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 et dans les organismes de culture populaire. **En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.**

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAFPEN. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc).

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

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

Bureau du CLEA pour 1996

<i>Présidents d'honneur</i>	Jean-Claude PECKER Evry SCHATZMAN
<i>Présidente</i>	Lucienne GOUGUENHEIM
<i>Vice-Présidents</i>	Agnès ACKER Marie-France DUVAL Hubert GIE Jean RIPERT Jacques VIALLE
<i>Secrétaires-trésoriers</i>	Catherine VIGNON Gilbert WALUSINSKI

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

Eté 1996

	page
Projet d'observation de l'éclipse du 12 Octobre 1996.....	2
Héliocentrisme et géocentrisme	11
La mesure du temps (suite).....	16
Petite annonce	20
Valse hésitation autour de l'effet Doppler;.....	21
Exposition du système du monde.....	23
Lectures pour la Marquise	30
D'une heure à l'autre	34
Commentaires inutiles et intempestifs d'un consommateur.....	38
Calendrier.....	39
Chronique du CLEA.....	40

EDITORIAL

Nous ouvrons ce numéro des Cahiers avec un article de Josée Sert, notre représentante française auprès de l'Association Européenne pour l'Education en Astronomie (en anglais EAAE) à propos d'un projet d'observations concertées de l'éclipse du 12 Octobre prochain. Elle fait appel aux lecteurs pour qu'ils soumettent leurs idées et propositions concrètes..

Jean-Paul Rosenstiehl vous propose ensuite un logiciel qui permet de passer du modèle héliocentrique au modèle géocentrique, dont il nous dit joliment qu'il "remplace le papier calque". Il met sa disquette gratuitement à la disposition des membres du CLEA (aux frais de matériel et d'envoi près) ; n'hésitez donc pas à le contacter.

Merci à Catherine Vignon de nous faire partager son expérience sur l'effet Doppler en option de sciences expérimentales. La jeune fille souriante, à droite sur la photo, c'est Marie Alexine Morando, la nièce de notre cher Bruno, dont la disparition laisse dans nos coeurs un grand vide.

Pour tous ceux d'entre nous, nombreux certainement, qui souhaitent mettre à profit cette nouvelle orientation des programmes qui fait appel aux documents historiques, nous avons choisi un beau texte de Laplace, une façon de marquer le bicentenaire de la publication de "l'exposition du système du monde".

Merci encore à Françoise Suagher dont nous poursuivons le feuilleton sur "la mesure du temps", au "lecteur" Jacques Vialle et à tous ceux qui contribuent à alimenter la chronique du CLEA. Merci aussi à ceux qui nous ont envoyé des articles que nous conservons soigneusement pour le prochain numéro : notre chère "correspondante de Torun", Cécylia Iwaniszewska, qui nous raconte les Olympiades Astronomiques en Pologne et nous donne des nouvelles du Paraguay ; un autre fidèle, Pierre Leriche qui nous fait réfléchir sur l'allongement des jours.

L'équipe du GRP-CLEA va se réunir cet été à Gap, à l'occasion de l'Université d'été pour mettre en route de nouvelles productions dont nous espérons vous entretenir à la rentrée.

Bonnes vacances à tous !

La Rédaction

PROJET D'OBSERVATION DE L'ECLIPSE DU 12 OCTOBRE 1996

L'un des groupes de travail de l'Association Européenne pour l'enseignement de l'Astronomie (EAAE), "Student project group", a pour but de proposer des activités communes aux écoliers, collégiens, lycéens ou étudiants européens. Nous sommes trois à animer ce groupe : Mogens Winther, professeur à Sonderborg au Danemark, qui en est le responsable, Brian Stockwell, professeur à Ashford en Angleterre et moi-même.

A l'Assemblée Générale d'Athènes, Mogens avait fait la proposition d'une observation simultanée, par les étudiants européens et tunisiens, de l'éclipse partielle de Soleil du Samedi 12 Octobre 1996 et de son exploitation pour une évaluation de la distance Terre-Lune.

Nous avons élaboré depuis un document à ce sujet, qui comprend : une description de son déroulement, des diverses manières possibles de l'observer, des photographies de semblables occultations ou d'observations anciennes, des références à des éclipses célèbres (mort du Général Gordon à Khartoum due au découragement de ses troupes locales par une éclipse ; utilisation de la prévision d'une éclipse de Lune par Christophe Colomb pour obtenir des vivres de la part des Indiens ; y a-t-il eu une éclipse de Soleil au moment de la mort du Christ?, etc...), enfin en quoi une observation conjointe peut-elle nous permettre d'évaluer la distance Terre-Lune ? Ce texte, dans son intégralité et en Anglais, est disponible sur Internet : "Home Page" de l'EAAE (European Association for Astronomy Education). Ce qui suit ne reprend que la dernière partie, puis quelques questions que je me suis posées à son sujet, quelques éléments de réponses que m'ont donnés Jacques Dupré, puis Francis Berthomieu, et se termine par quelques conseils pour l'observation de Daniel Bardin.

Josée SERT

Quelques éléments sur l'éclipse du 12 Octobre (EAAE)

Les Ephémérides, par exemple, nous donnent les valeurs de la déclinaison de la Lune et du Soleil suivant la date et l'heure. Si nous cherchons ces valeurs pour le 12 Octobre 1996 à 14h13 TU (heure annoncée du maximum de l'éclipse à Paris), nous obtenons : $-7^{\circ} 38'$ ($= -7,63^{\circ}$) pour le Soleil, et $-6^{\circ} 38'$ ($= -6,63^{\circ}$) pour la Lune.

Mais... sachant que chaque astre a un diamètre très voisin d'un demi-degré, il ne peut pas y avoir éclipse ! En effet, les centres respectifs des deux astres sont séparés d'un degré... et il reste un demi degré entre leurs points respectifs les plus proches (figure 1).

On dirait que cette éclipse européenne est théoriquement impossible !

Allons voir de plus près et imaginons deux observateurs situés sur le même méridien et observant la Lune quand elle passe dans leur plan méridien (figure 2) : O_1 a une latitude géographique égale à φ , O_2 voit la Lune au zénith. Il est aisé de voir que O_1 va voir la Lune (par exemple le bord inférieur du limbe lunaire) plus "bas" que O_2 . Donc, quand on se déplace vers le Nord, la déclinaison de la Lune diminue "artificiellement" d'un angle α : c'est l'effet de parallaxe. Cet effet existe pour le Soleil, mais dans des proportions tellement moindres du fait qu'il est tellement plus loin de la Terre que la Lune ; il est donc ici tout à fait négligeable.

Quelques petits calculs :

Remarquons que l'angle α se retrouve à deux endroits dans la figure 2, et considérons le triangle CO_1L (figure 3) auquel on applique la relation métrique des sinus¹ : $\frac{\sin(\varphi - \delta_L)}{O_1L} = \frac{\sin \alpha}{R_T}$, ce qui donne, si l'on considère que O_1L est, à 1% près, égal à la distance Terre-Lune TL :

$$\sin \alpha = R_T \times \frac{\sin(\varphi - \delta_L)}{TL}$$

¹Dans un triangle ABC , on a, avec $BC = a$, $AC = b$ et $AB = c$: $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$.

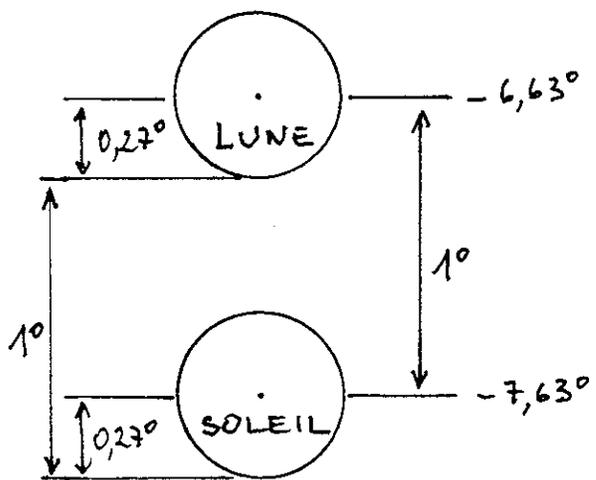


Figure 1

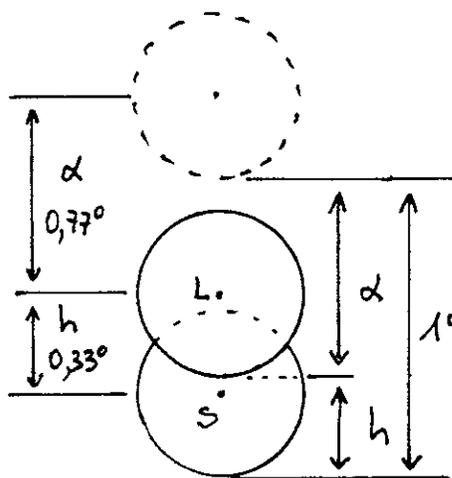


Figure 4

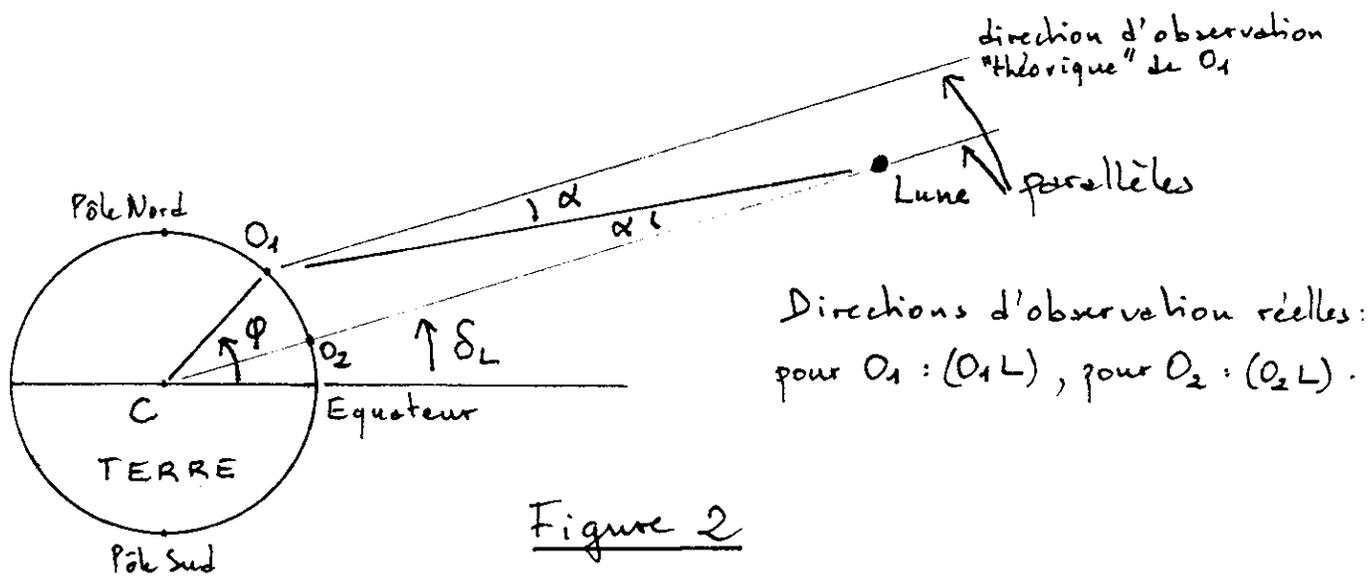


Figure 2

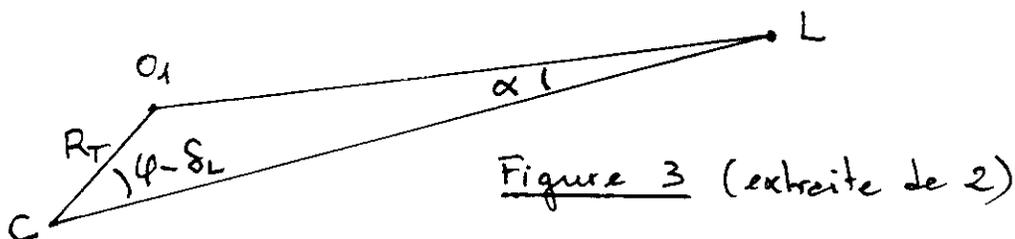


Figure 3 (extraite de 2)

Le calcul pour Paris nous donne : $\alpha = 0,77^\circ$ car : $\varphi = 48,9^\circ$, $R_T = 6371$ km
 et, à ce moment-là, $TL = 387\,000$ km et $\delta_L = -6,63^\circ$.

La distance entre les centres de la Lune et du Soleil devient : $1^\circ - 0,77^\circ = 0,33^\circ$ (figure 4).
 Ouf ! L'éclipse annoncée aura bien lieu !

Comment déduire la distance Terre-Lune de ses propres observations :

L'important est d'effectuer les mesures à l'instant où l'éclipse est exactement "verticale" et de relever alors le plus précisément possible h et w (figure 5).

Or, w correspond au diamètre apparent du Soleil ($0,54^\circ$), d'où l'on peut déduire :

$h^\circ = \frac{0,54^\circ}{w} \times h$, puis $\alpha = 1^\circ - h^\circ$. Valeur que l'on va reporter dans la formule obtenue ci-dessus :

$$\sin \alpha = R_T \times \frac{\sin(\varphi - \delta_L)}{TL} \quad \text{pour obtenir enfin :} \quad TL = R_T \times \frac{\sin(\varphi - \delta_L)}{\sin \alpha}$$

puisque l'on connaît $R_T = 6371$ km, $\delta_L = -6,63^\circ$, et que l'on peut trouver facilement sa propre latitude φ .

Quel est l'intérêt de mettre en commun les multiples observations en Europe et en Tunisie ?

Si l'on applique la formule $\sin(a - b) = \sin a \cdot \cos b - \sin b \cdot \cos a$,

$\sin(\varphi - \delta_L) = \sin \varphi \cdot \cos \delta_L - \sin \delta_L \cdot \cos \varphi$, mais δ_L est proche de 0, donc $\sin \delta_L \approx 0$ et $\cos \delta_L \approx 1$ et

$$\sin \alpha = R_T \times \frac{\sin(\varphi - \delta_L)}{TL} \quad \text{devient} \quad \sin \alpha = \frac{R_T}{TL} \times \sin \varphi$$

Pour chaque couple (φ , α) relevé par un observateur, le centre qui recevra ces données représentera $\sin \alpha$ en fonction de $\sin \varphi$: on devrait obtenir un nuage de points et par un ajustement linéaire obtenir une droite de coefficient directeur $\frac{R_T}{TL}$, d'où une meilleure évaluation de TL .

Les résultats seront disponibles sur Internet "en temps réel", ou presque ; ils paraîtront dans le numéro d'Hiver des Cahiers Clairaut.

Cependant, la déclinaison de la Lune varie rapidement, aussi, **voici les renseignements à communiquer : longitude et latitude de l'observateur, heure (TU) de l'observation, h et w.**

Quelques remarques au sujet de cette méthode :

- Elle présente l'incontestable avantage de permettre une évaluation de la distance Terre-Lune à partir d'une observation et de relevés simples, et de calculs à la portée de lycéens (les formules sont vues en Mathématiques en 1ère S). Mais elle soulève un problème théorique : tout cela est juste si l'éclipse se produit aux alentours de midi, et notons aussi que son maximum ne se produit pas forcément au moment où elle est vue "verticale".

En effet, à midi, quand on effectue la mesure comme indiqué à la figure 5, le centre L de la Lune et celui S du Soleil sont situés sur la "verticale" (S, L et le zénith sont alignés) et aussi sur le méridien céleste (S, L et le Pôle Nord céleste sont alignés). Mais si on effectue la mesure à, disons, 14h15 (heure du maximum de l'éclipse à Paris, mais pas forcément du moment où les centres seront sur une même "verticale"...): le dessin de la sphère céleste locale (figure 6) permet de voir que la "verticale" et le méridien céleste sont maintenant distincts (et en 2h15, le méridien a tourné de 34° environ), d'où la situation de la figure 7. Pour que le raisonnement soit correct, c'est HS qu'il faudrait connaître, et non LS. Or, $\frac{HS}{LS} = \cos \hat{A}$, et par un calcul de trigonométrie sphérique dans le triangle

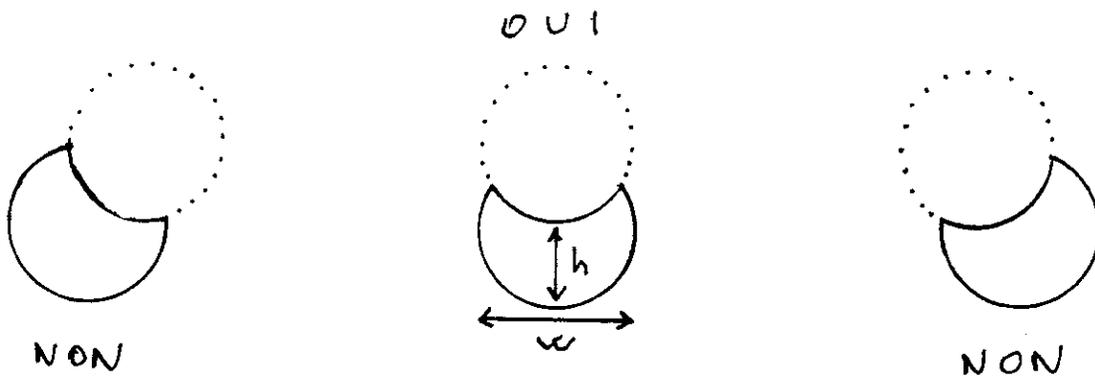


Figure 5 : quand et que faut-il mesurer ?

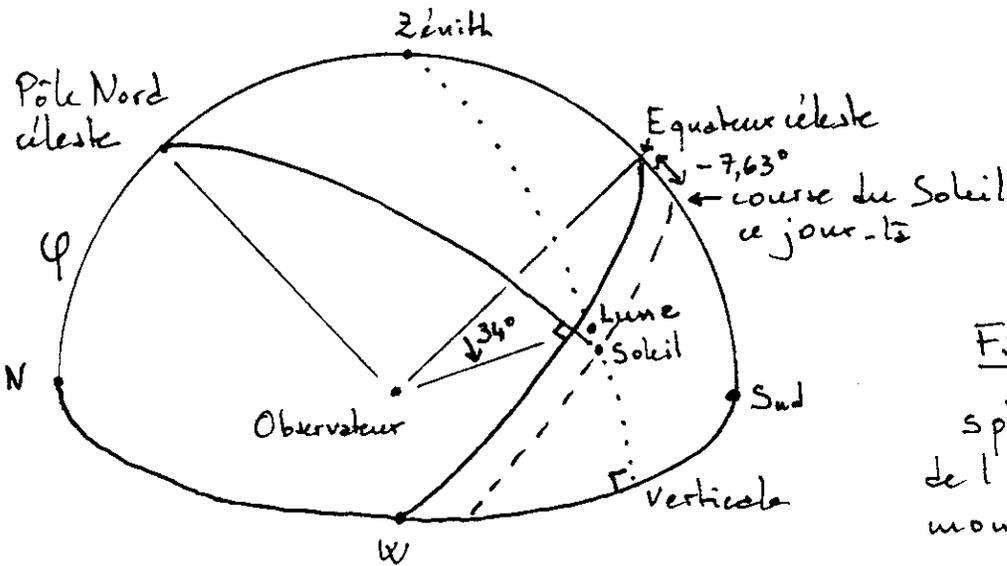


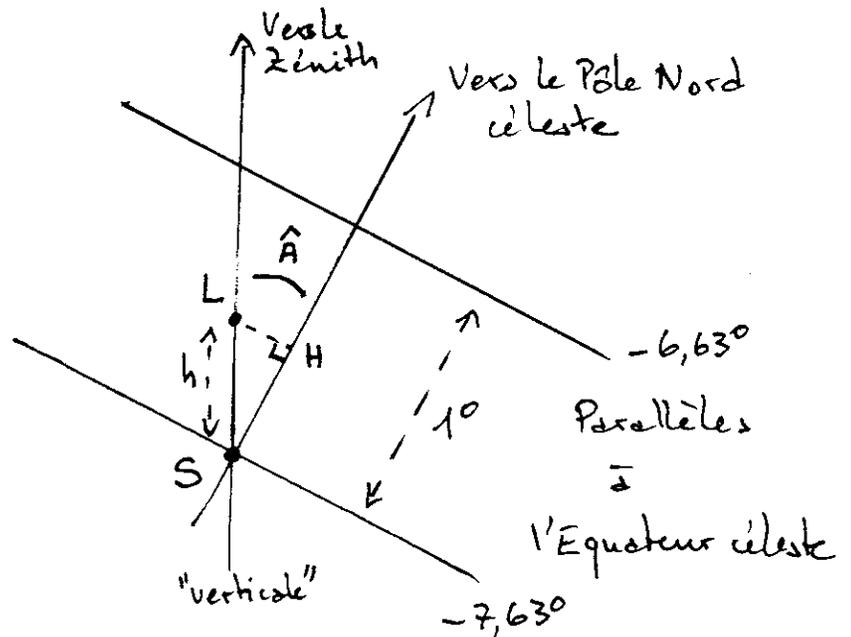
Figure 6 :

sphère céleste locale de l'observateur au moment de la mesure

Figure 7 :

ce que représente h au moment de la mesure

(l'observateur est à l'intérieur de sa sphère)



Pôle Nord céleste-Soleil-Zénith, on peut obtenir \hat{A}^2 et modifier la relation obtenue plus haut $\alpha = 1^\circ - h^\circ$ en $\alpha = 1^\circ - h^\circ \cos \hat{A}$.

Pour Paris, ce calcul donne $\alpha = 0,70^\circ$ (au lieu de $0,77^\circ$) et 394 000 km (au lieu de 358 000 km sans correction).

Mais on ne peut raisonnablement penser à faire utiliser de la trigonométrie sphérique à des lycéens...

Autres idées...

- D'où une première idée de Jacques : si on pouvait, par un filé par exemple, obtenir la direction de l'Equateur céleste, on effectuerait la mesure non au moment de la verticalité, mais au moment où la ligne LS est perpendiculaire à l'Equateur céleste.

- D'où proposition de Francis d'une autre méthode :

1) Quel que soit le moyen utilisé, on observe de la Lune (de diamètre réel D) une image de diamètre d telle que, si f est la focale de l'instrument et d_L la distance observateur-Lune, $\frac{d}{f} = \frac{D}{d_L}$.

2) Les axes optiques de tous les observateurs, à un instant donné, sont tous sensiblement parallèles à la droite (Terre Soleil), et on va supposer que la distance à la Lune de tous les observateurs terrestres est la même (la plus grosse erreur serait d'un rayon terrestre, soit un peu moins de 2%, et on risque de ne pas atteindre une telle précision !). De ce fait, ils sont tous situés dans un même plan perpendiculaire à la direction Terre-Soleil, soit [P].

3) Durant la journée du 12 Octobre, le Soleil parcourt un cercle sur lequel, pendant la durée de l'observation, il décrit un arc AB assimilable à un segment de droite : tout observateur éclairé par le Soleil peut donc relever la direction AB sur l'image (surimpression en photo, deux relevés successifs sur le dépoli d'une chambre noire, ...). M. X, demeurant au point C_1 de la Terre, relève l'image 1', et aux mêmes instants, Mme Y, située en C_2 observe autre chose (image 2').

Chacun des deux observateurs recherche, au même instant t le centre S de l'image du Soleil et celui L de l'image de la Lune, les repère par rapport à l'axe AB, en prenant comme unité le rayon de l'image du Soleil (voir figure 3'). Pourquoi ne voient-ils pas la même chose ?

4) Considérations géométriques à partir des figures 4' (dans laquelle $S_1S_2 = C_1C_2$) et 5' : (L_1C_1) et (L_2C_2) se coupent au centre L_0 de la Lune réelle. Or :

$L_1C_1 = L_2C_2 = f$ (connu) et $L_0C_1 = L_0C_2 = d_L$ (cherché), d'où, avec le théorème de Thalès :

$$\frac{L_1L_2}{L_0L_1} = \frac{C_1C_2}{L_0C_1} = \frac{L_1L_2 - C_1C_2}{L_0L_1 - L_0C_1}, \quad \text{et comme } L_0L_1 - L_0C_1 = f \quad \text{et } d_L = L_0C_1 :$$

$$\frac{C_1C_2}{d_L} = \frac{L_1L_2 - C_1C_2}{f}$$

5) En superposant les relevés (à la même échelle) de M.X et Mme Y, on pourra mesurer $L_1L_2 - C_1C_2$, car, en faisant coïncider S_1 et S_2 ainsi que l'axe AB orienté, on n'aura qu'à mesurer la distance δ (figure 6') qui représente $L_1L_2 - C_1C_2$. On aura alors : $d_L = \frac{f}{\delta} \times C_1C_2$.

- Reste pour compléter cette méthode à calculer la distance géométrique (et non géodésique) C_1C_2 : cela peut se faire avec des élèves de Première Scientifique, en choisissant un repère orthonormé (unité : le rayon de la Terre supposée sphérique) lié à C_1 : voir figure 7.

$$^2 \quad \cos SZ = \cos(90^\circ - \varphi) \cos 97,63^\circ - \sin(90^\circ - \varphi) \sin 97,63^\circ \cos 34^\circ, \text{ puis}$$

$$\sin \hat{A} = \frac{\sin 34^\circ}{\sin SZ} \times \sin(90^\circ - \varphi)$$

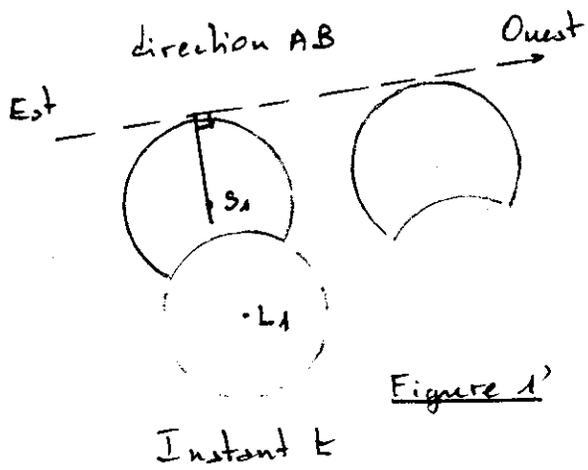


Figure 1'

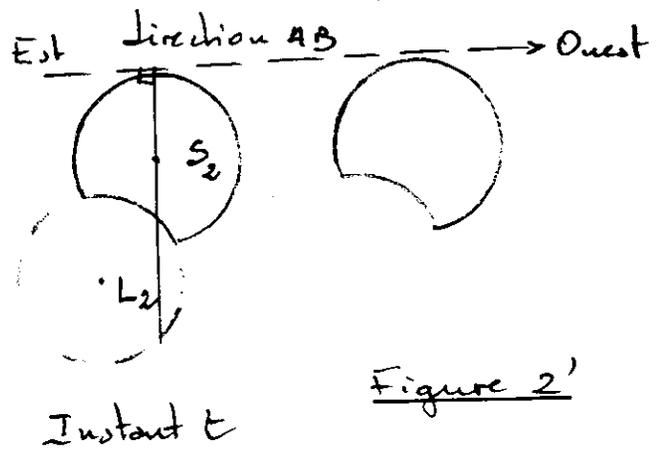


Figure 2'

Observations de M. X et Mme Y.

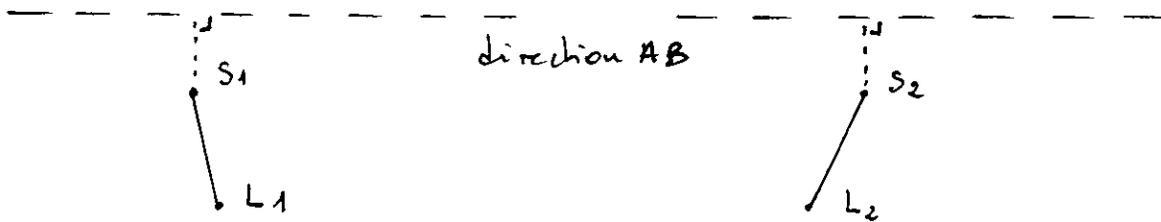


Figure 3' : relevés de M. X et Mme Y.

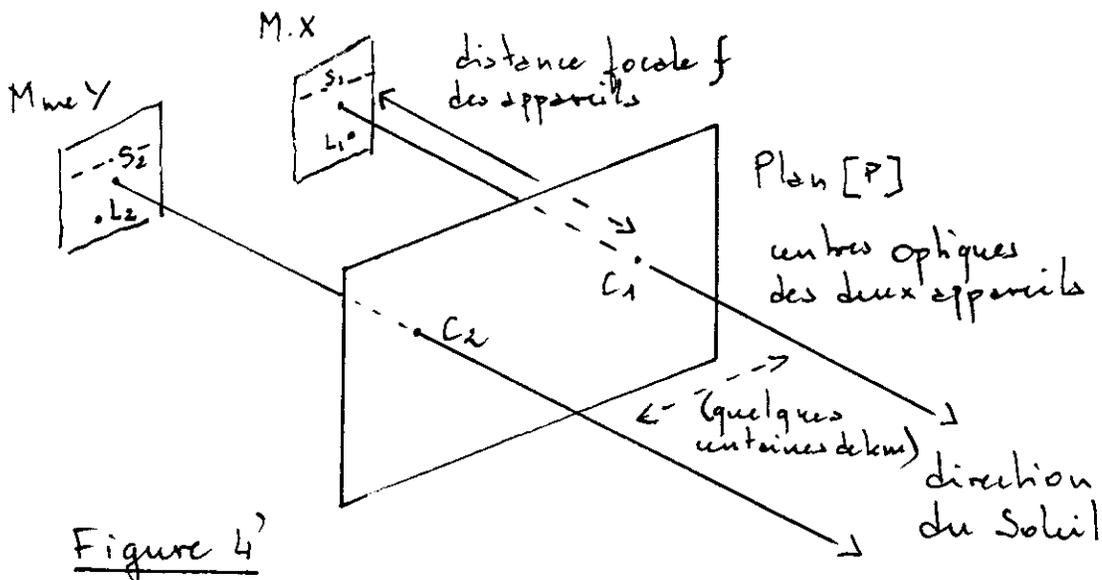


Figure 4'

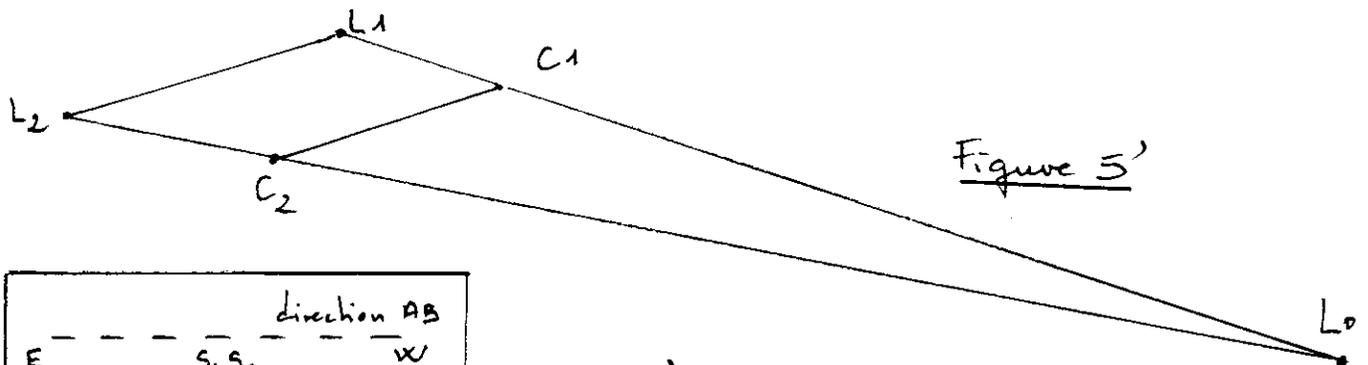


Figure 5'

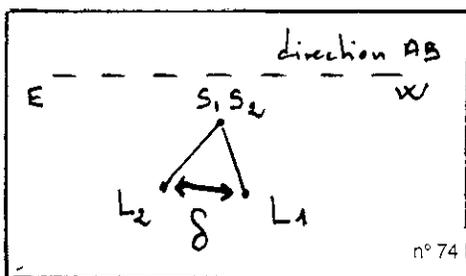


Figure 6' : superposition des deux relevés

C_1 a pour longitude l_1 et pour latitude φ_1 , C_2 a pour longitude l_2 et pour latitude φ_2 , d'où les coordonnées suivantes : $C_1 \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 \\ 0 \\ \sin \varphi_1 \end{pmatrix}$ et $C_2 \begin{pmatrix} \cos \varphi_2 \cos(l_2 - l_1) \\ \cos \varphi_2 \sin(l_2 - l_1) \\ \sin \varphi_2 \end{pmatrix}$ d'où la distance :

$C_1 C_2^2 = [\cos \varphi_2 \cos(l_2 - l_1) - \cos \varphi_1]^2 + \cos^2 \varphi_2 \sin^2(l_2 - l_1) + (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)^2$ en rayon terrestre.

Cette méthode présente l'avantage de ne nécessiter la connaissance que de sa propre position géographique et de pouvoir être appliquée indépendamment de l'heure ; reste alors à trouver un correspondant suffisamment éloigné, et à effectuer soigneusement les relevés pour pouvoir les mettre en commun...

Nous demandons aux lecteurs des Cahiers Clairaut de bien vouloir critiquer ces propositions, de ne pas hésiter à corriger éventuellement ce qui est écrit ici, et de soumettre des idées pour l'observation de cette éclipse en tenant compte des deux contraintes suivantes : le relevé d'observation ne doit pas être trop compliqué à effectuer et la méthode doit être à base d'outils mathématiques simples pour pouvoir être employée par des élèves du secondaire. Merci d'avance !

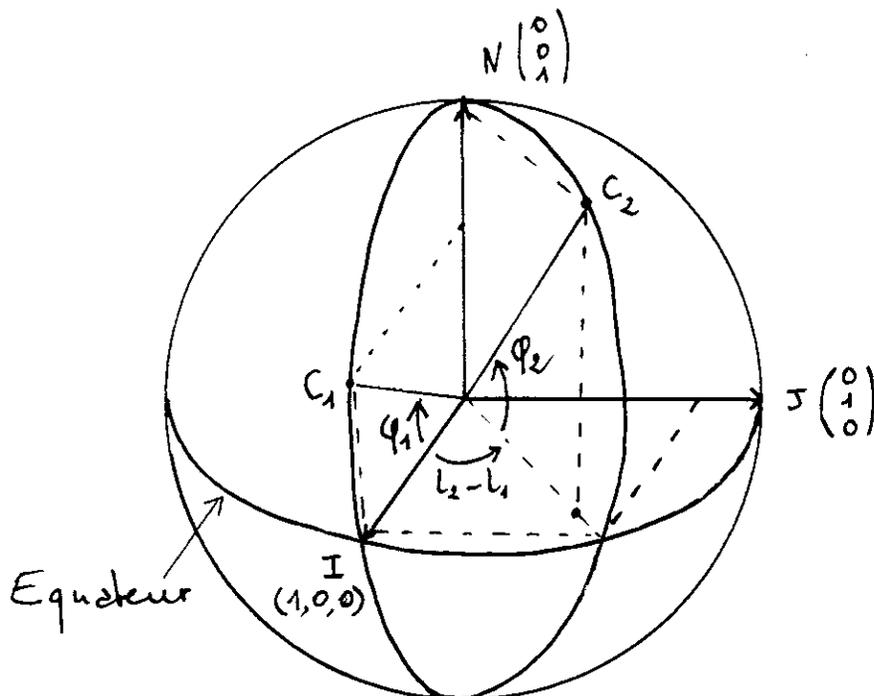


Figure 7' : la Terre et la distance $C_1 C_2$

Conseils pour l'observation

Bien entendu, même pendant une occultation, ne jamais regarder le Soleil directement ou à travers un instrument d'optique non protégé !

1. **Observation visuelle** : On confectionne des lunettes en papier très épais ou en carton mince et sur chaque "trou", on colle avec du ruban adhésif deux épaisseurs de négatifs Noir et Blanc (ou de radiographies) bien foncés, ou deux épaisseurs d'amorce de film diapo. Le test visuel doit donner une impression trop assombrissante les dix premières secondes, le confort ensuite.

2. Les filtres gélatine Wratten Neutres (chez Kodak, densité 3 ou 4, ou leur équivalent chez Schott) sont chers, mais ce sont les seuls utilisables devant un **objectif photo**. Se rappeler que le Soleil mesure un peu moins de 1/100ème de la focale sur le film : un téléobjectif de 200mm de focale donne un Soleil de 1,8mm de diamètre environ.

3. Pour **mesurer avec précision** les taux d'occultation sur les images, plusieurs techniques :

a) celle des amateurs équipés (voir Figure 1) :

On adapte le tirage derrière l'oculaire pour que l'image ait environ 20mm de diamètre sur du 24x36 ; les temps de pose sont donnés par la cellule.

b) les techniques plus "pédagogiques" (voir Figure 2) :

On installe le papier calque dans un cadre de carton, et ce cadre est fixé, ainsi que le **boîtier-photo**, sur une planche longue qui part de la lunette. On projette le Soleil sur le calque (quelques jours avant par exemple) pour centrer l'image du Soleil dans l'ombre du tube (voir figure 3) ; on marque alors les quatre traits de centrage et, au besoin, les deux médianes d'orientation (qui serviront à repérer le haut des images au dépouillement). Si l'image n'est pas à peu près centrée, elle s'ovalise et les mesures deviennent fallacieuses. L'ensemble peut être mis derrière une petite lunette, une lunette d'ornithologue, un tube de bonnes jumelles...

La planche est un peu longue, mais elle garantit le centrage et donne, d'un endroit à l'autre, des résultats qui seront vraiment comparables (c'est ce qu'on cherche) et mesurables. Comme support : un pied photo à l'avant (sous l'avant de la lunette) ; à l'arrière : ou sur le sol, ou sur des objets servant de cale, ou sur une petite table, etc... Expérimenter le montage plusieurs jours à l'avance pour qu'il soit au point le jour voulu !

c) **variante dessinée** (demandant un peu de doigté, et peut-être surtout un peu d'entraînement) : Même montage sans le 24x36, et du papier à dessin à la place du calque : on dessine le Soleil au compas d'après la projection avant l'éclipse, et on centre l'image projetée pendant l'éclipse pour qu'elle corresponde au tracé ; on trace alors, au fur et à mesure du phénomène les points des extrémités des "cornes" du Soleil, en notant l'heure (voir Figure 4). En combinant petits mouvements de centrage avec défilement naturel de la projection, il suffit de deux mains de deux personnes avec deux crayons pour marquer les deux traits, au moment exact où le Soleil projeté coïncide avec le cercle tracé. D'autre part, si l'avant de la planche est bien horizontal au moment de tous les relevés, on peut obtenir facilement par un filé la direction Est-Ouest (parallèle à l'Equateur céleste).

Il est à noter qu'aucun de ces montages n'a de motorisation pour suivre le mouvement diurne (c'est le côté "jonglerie" de la manip !) mais ils donnent des résultats et apprennent à cerner les problèmes de l'observation d'un tel phénomène en vue d'une utilisation déjà scientifique...

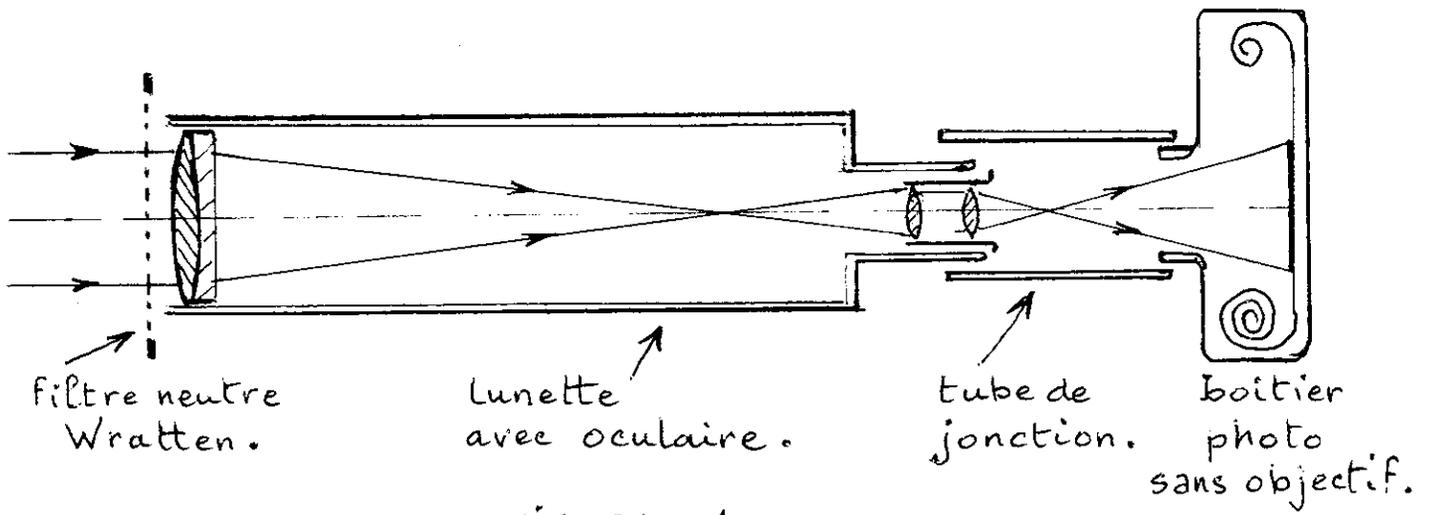


FIGURE 1.

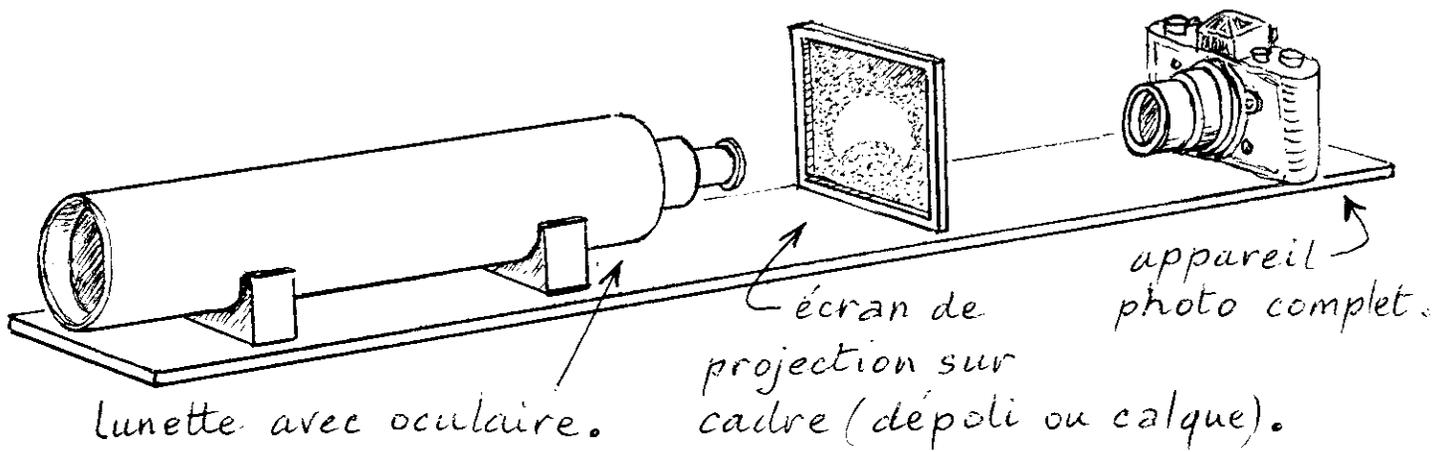


FIGURE 2.

(Veiller à ce que tous les axes optiques soient alignés).

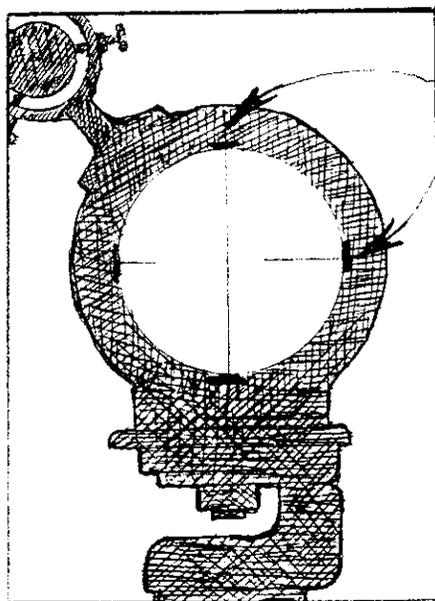


FIGURE 3.

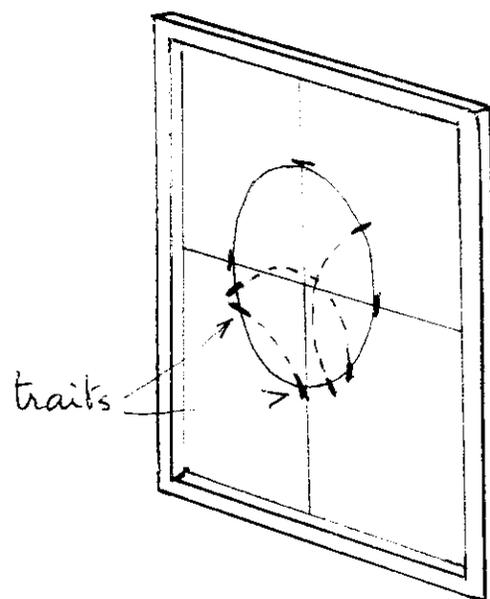
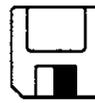


FIGURE 4.

Héliocentrisme et géocentrisme

Mars, Vénus et la Terre

Du papier calque à l'ordinateur



I. Le cas de Mars

Profitions des périodes de visibilité de la planète rouge qui a fait couler beaucoup d'encre dans ce Bulletin, afin d'inciter nos élèves à *observer* le ciel. Sur la figure 1, les positions de la Terre et de Mars sont données pour le premier jour de chaque mois à partir de Septembre 96 jusqu'en Septembre 97 dans le modèle *héliocentrique*. L'échelle des distances est respectée. Le départ, noté 1 coïncide pratiquement avec la rentrée scolaire!

Questions à poser à l'élève muni du document de la figure 1: quelle est la distance Terre-Mars en ce jour? (réponse facile: environ 2 U.A.)

Comment cette distance va-t-elle évoluer au fil des jours? Comment voyons nous Mars à partir de la Terre? Quand et où? Il paraît intéressant de changer de repère.

Au milieu d'une feuille de papier calque, on marque T (la Terre) et on lui fait subir un mouvement de *translation* autour du Soleil de façon que T coïncide avec les positions successives de la Terre de 1 à 13. On note à chaque fois la position de Mars (voir précédents numéros des C.C.). A la fin, on applique le papier calque obtenu sur la figure 2. Conclusion? *L'opposition* ayant lieu vers le milieu du mois de mars 97, il sera possible de suivre le mouvement de cette planète à travers les Constellations du Cancer, du Lion et de la Vierge pendant la majeure partie de l'année scolaire. Ce travail de repérage permet de bien comprendre la notion de repère: il est donc *indispensable*. Cette notion étant assimilée, on peut avec profit utiliser l'outil informatique qui permet des prolongements passionnants et qui réalise de beaux dessins!

Exemple: Mars et la Terre pendant la période 1981-1997 (figure 3). Logiciel TERMARS (voir en fin de cet article). Nombreuses questions et possibilités laissées au soin du lecteur et de l'utilisateur!

II. Vénus, l'étoile du Berger

Comme dans le cas précédent, cette planète par son éclat et ses périodes de visibilité, permet d'établir un lien très direct entre les observations réalisables par des élèves (même en ville !) et le travail sur document. Le logiciel VENUSTER permet de construire ce type de document.

Exemples: Vénus en 1996 (figure 4) et période 1990 à 1998 (figure 5)

Ce dernier exemple montre la périodicité de 8 ans dans les mouvements relatifs Terre-Vénus...
...car 8 fois 365.25 et 5 fois 584 donnent des résultats très voisins.

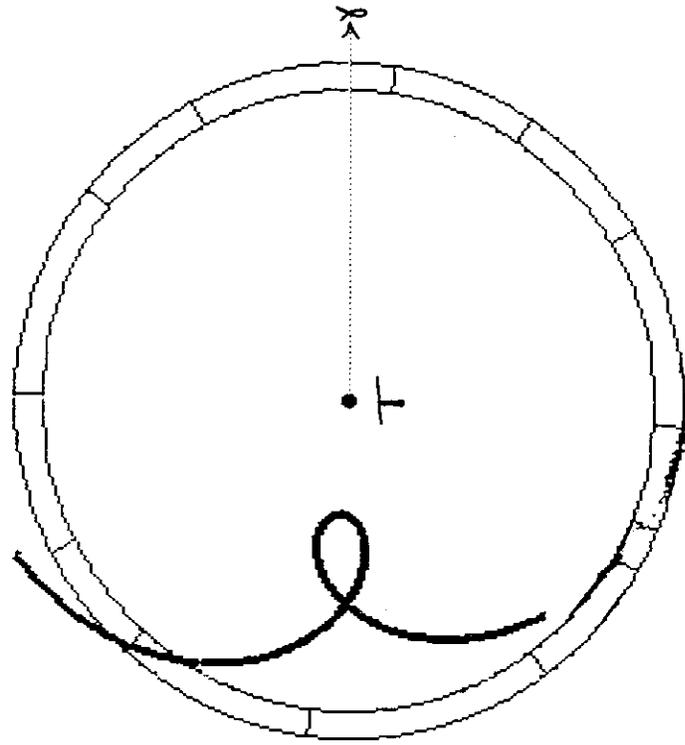
Note de l'auteur: Pour disposer des outils utilisés dans cet article (et de quelques autres), vous pouvez vous procurer la disquette ASTROJPR auprès de l'auteur. Nécessite un PC avec MS DOS car le langage utilisé est celui de l'éditeur de ce système d'exploitation qui est le QBASIC (pour le moment).

Ecrire à l'auteur : adresse 73, Boulevard Mutuel 72000 Le Mans
Joindre 20 F en timbre pour les frais divers.

J.P. ROSENSTIEHL
Lycée Montesquieu Le Mans

TERRE
MARS

Modèle géocentrique (Ptolémée)



TERRE
MARS

Modèle héliocentrique (Copernic)

années 1996 - 1997

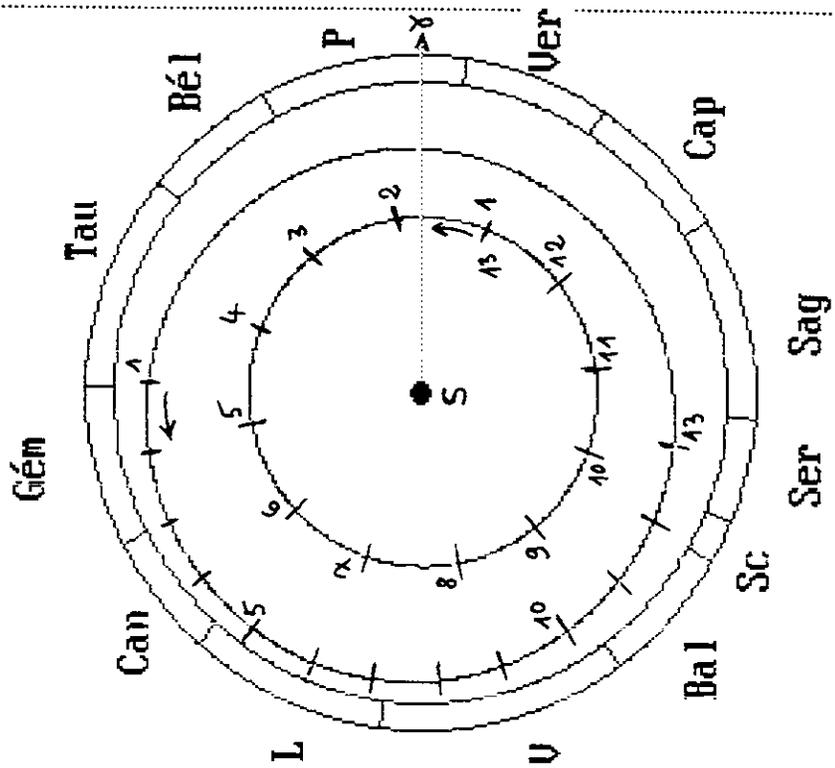


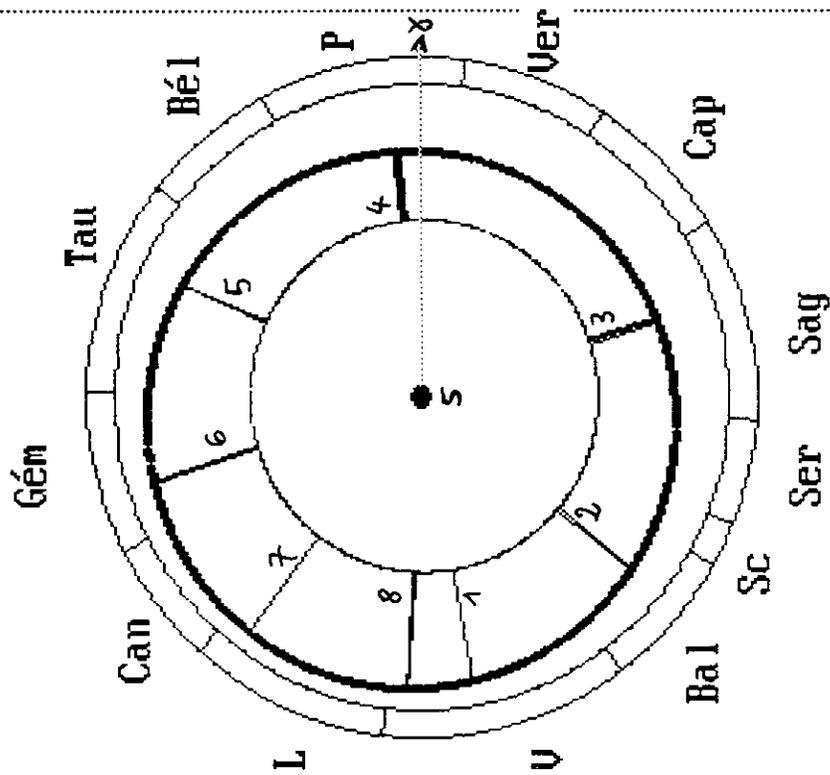
Figure 1

Figure 2 (opposition le 17/3/97)

TERRE
MARS

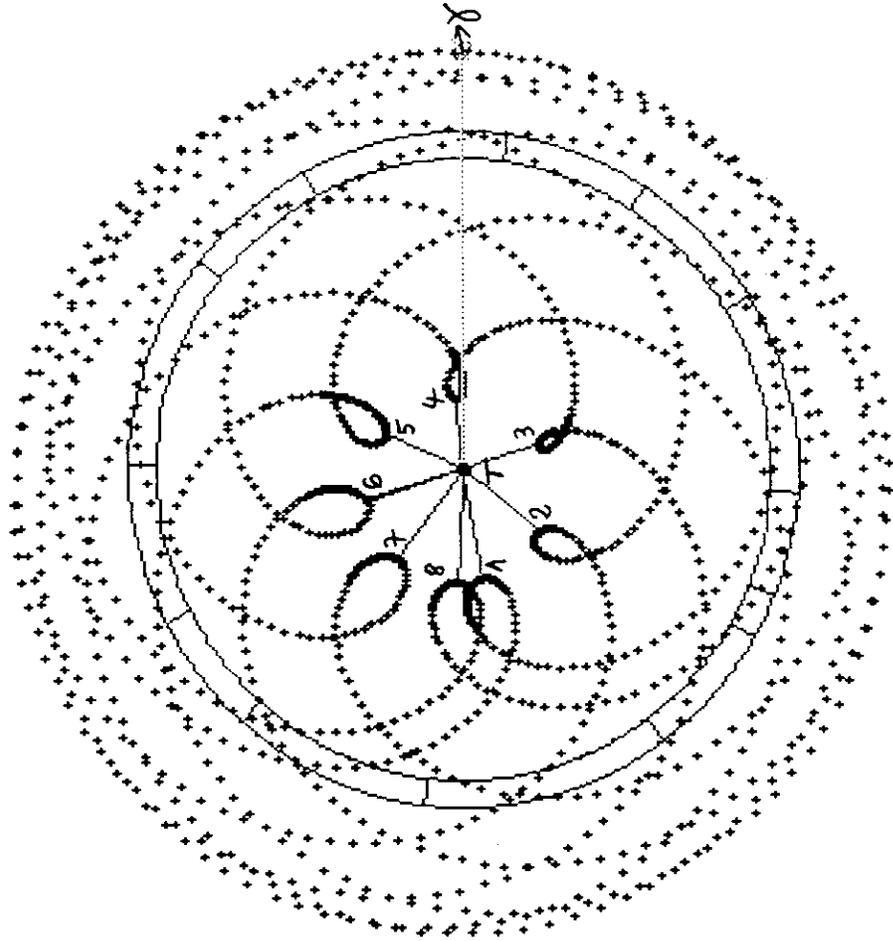
Modèle héliocentrique (Copernic)

années 1981 - 1997



TERRE
MARS

Modèle géocentrique (Ptolémée)



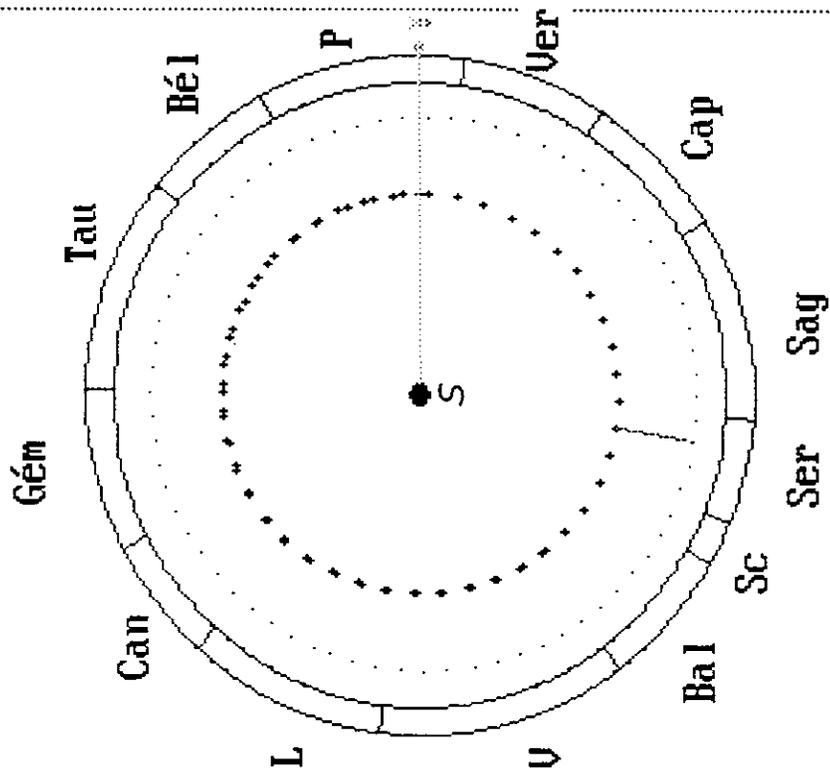
Oppositions : 1 : 82 ; 2 : 84 ; 3 : 86
 4 : 88 ; 5 : 90 ; 6 : 93
 7 : 95 ; 8 : 97

Figure 3

TERRE
VENUS

Modèle héliocentrique (Copernic)

année : 1996



TERRE
VENUS

Modèle géocentrique (Ptolémée)

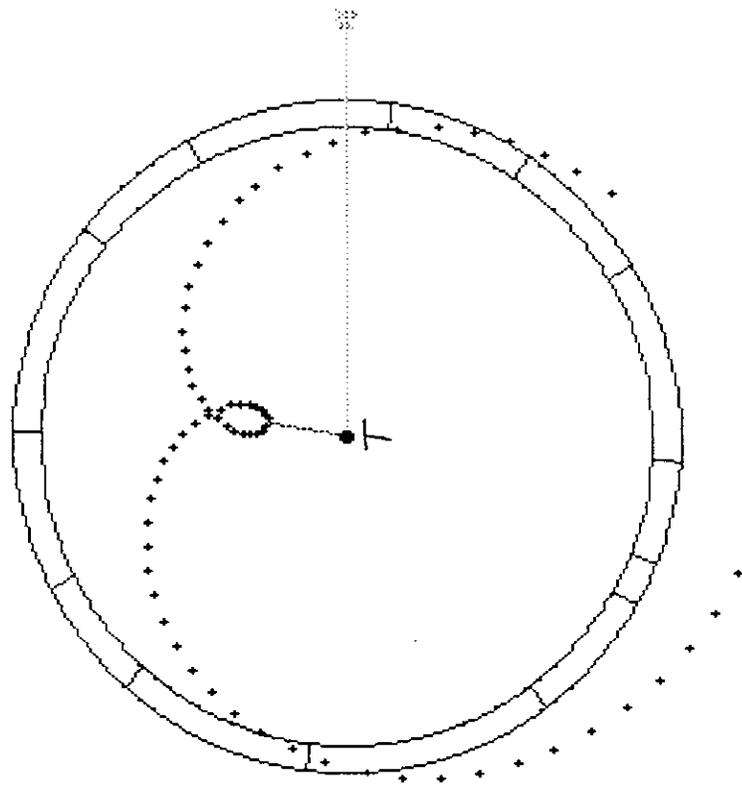
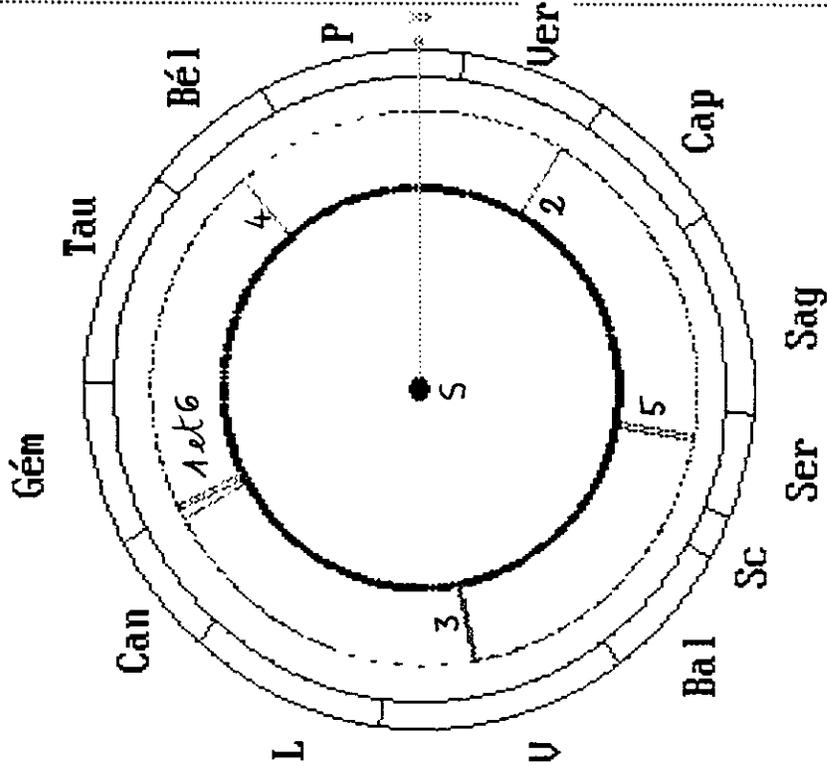


Figure 4 (Conjonction inférieure le 11/6/96)

TERRE
VENUS

Modèle héliocentrique (Copernic)

années 1990 - 1998



TERRE
VENUS

Modèle géocentrique (Ptolémée)

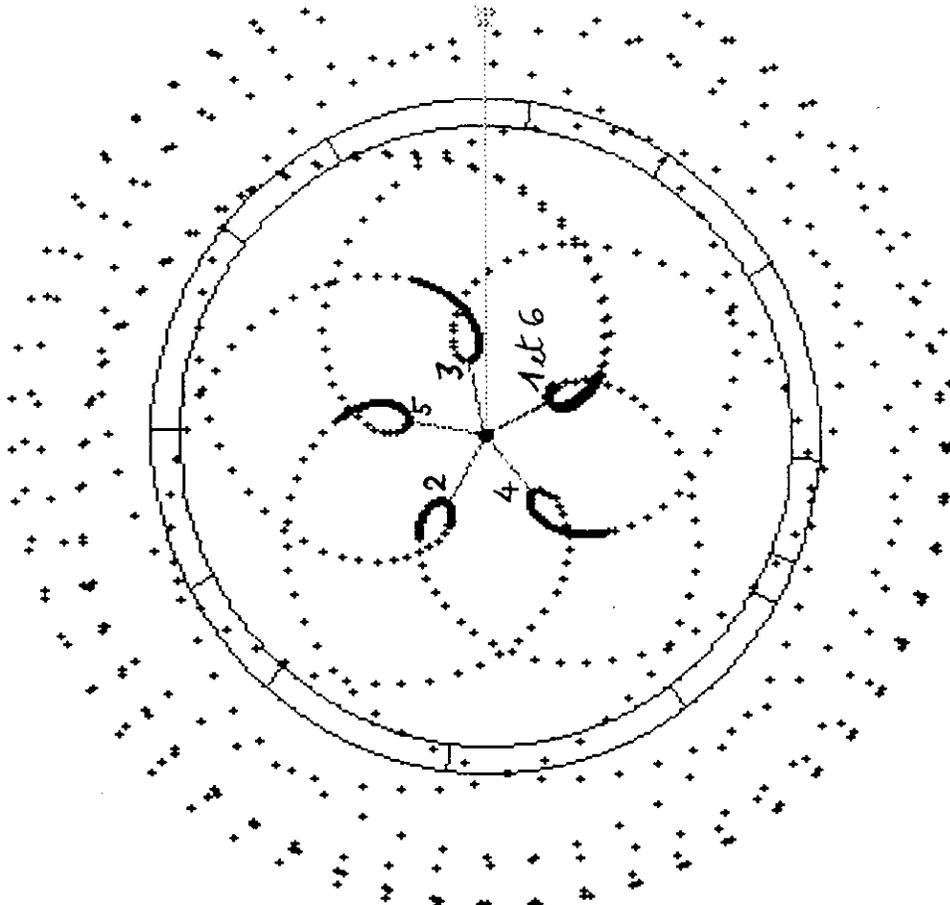


Figure 5
Conjonctions inférieures
1 : 90 ; 2 : 91 ; 3 : 93 ;
4 : 94 ; 5 : 96 ; 6 : 98

LA MESURE DU TEMPS II - LE TEMPS DES PRIERES

Françoise SUAGHER

Les premiers hommes auxquels on doit le souci de la division de la journée, ce sont des moines soucieux d'accomplir régulièrement leur devoir religieux. Les horaires des prières vont être donnés par le cadran canonial, le sablier ou la chandelle.

LES PREMIERS MONASTERES

Au premier millénaire, période marquée à la fois par l'emprise du christianisme et de l'Eglise, après la conversion de l'empereur Constantin, et par les grandes invasions barbares, naissent les monastères. Le premier est fondé dans les Iles de Lérins, au large de Cannes en 410, par Saint Honorat, archevêque d'Arles. Après les invasions, Saint Colomban, moine irlandais évangélisera de nombreuses provinces françaises, dont la future Franche Comté. Ces monastères constituent des îlots d'ordre dans un océan de désordre.

A partir du VII^{ème} siècle, le monastère est un ensemble de bâtiments, et toute une population participe à la vie de la communauté. On y travaille la laine, le vin, le fer, etc. Le monastère prend la place de la cité moribonde et constitue le noyau de la civilisation médiévale jusqu'à l'apparition des communes au XI^{ème} et XII^{ème} siècle. Vers l'an 800, Charlemagne confie la responsabilité de l'enseignement aux établissements religieux, et interdit de travailler le dimanche.

LA REGLE DE SAINT BENOIT

Saint Benoît (vers 480- vers 547) est le patriarche des moines d'Occident. Sa règle énonce:

"Comme dit le prophète, sept fois le jour, j'ai dit ta louange, ce nombre sacré, septenaire, est rempli par nous, si au temps de matines (laudes), prime, tierce, sexte, none, vêpres et complies, nous acquittons les devoirs de notre service... Quant aux veilles nocturnes, le même prophète dit : Au milieu de la nuit, je me levais pour te confesser", à ces moments donc, matines primes... rendons hommage au Créateur et levons nous la nuit pour le confesser".

LE CADRAN CANONIAL

Le cadran canonial est la version moyenâgeuse du scaphé. La demi-sphère est remplacée par un demi cercle tracé sur un mur vertical, tourné vers le sud, le style étant horizontal. Horizontale au lever, l'ombre vient balayer le demi cercle au cours de la journée et se retrouve horizontale au coucher. Vers 700, Bède le Vénérable (né en Angleterre en 632) généralise l'emploi de ces cadrans dits canoniaux dans les abbayes d'Outre-Manche.

Comme chaque congrégation religieuse a son propre rite, le nombre des graduations du cadran canonial varie. La règle de Saint Benoît, utilisée chez les bénédictins et les cisterciens fixe les heures des différentes prières par un jeu de cloches, en suivant le rythme solaire.

Laudes ou Matines: au point du jour (4 coups)

Prime : au lever du Soleil (3 coups)

Tierce : en milieu de matinée, (2 coups)

Sexte : à midi (un coup)

None : dans le milieu de l'après-midi (2 coups)

Vêpres : chants du soir (3 coups)

Complies : prières finissant en début de nuit (4 coups)

Vigiles : en milieu de nuit.

La connaissance de l'heure de minuit nécessitait l'emploi de cierges ou de clepsydras.

Pour imposer les heures canoniales, les nouveaux pouvoirs s'approprient un instrument nouveau: la cloche. Elle marquera l'histoire de la mesure et du contrôle du temps sur plus d'un millénaire.

LES CADRANS DE BERGER

D'après des documents d'Hermann le Perclus (XI^{ème} siècle) il semble qu'au X^{ème} siècle, les cadrans de berger étaient d'emploi courant, et que l'on peut croire à leur apparition dans les monastères durant le VII^{ème} siècle. Il n'est pas sûr du tout que les arabes en soient les inventeurs. Au XI^{ème} et XII^{ème} siècle, on fabriquait ces horloges de poche, avec des graduations variables pour différentes latitudes.

Pendant, les horaires des prières continuent d'être fixés à partir des cadrans canoniaux. Le système des heures canoniales persistera bien après l'invention des premières horloges à poids, puisque ce n'est qu'en 1429 que le Chapitre Général des Cisterciens prescrira l'usage des heures légales.

LES PREMIERES DIVISIONS DE LA JOURNEE

L'usage des heures temporaires qui remonte aux égyptiens, babyloniens et chaldéens s'est perpétué jusqu'à l'introduction des horloges publiques mécaniques aux XIV^{ème} siècle. Les astronomes, qui avaient besoin de plus de précisions utilisaient depuis Ptolémée la division en heures équinoxiales, et des sous divisions en minutes et secondes inspirées de la division des angles dans le système à base soixante. N'oublions pas que la mesure du temps est celle de l'angle horaire du Soleil ou d'une étoile.

Dans le peuple, on a peu d'informations sur la façon dont la journée était divisée, ces petites unités étant très rarement utilisées. Bède le Vénérable cite : "Le temps se divise en atomes ; 564 atomes font un moment, 4 moments font une minute, 10 minutes font un point, 5 points font une heure de lune, 6 heures font un quadrant, et 4 quadrants un jour".

Raban Maur, au IX^{ème} siècle, divise l'heure solaire en 40 momenta, chaque momentum en un ostentum et dimidium. L'ostentum vaut 366 atomi ou ictus oculi (le temps que l'on met à cligner de la paupière).

LE TEMPS DES CLOCHES

LA NAISSANCE DES VILLES

A partir de l'an 1000, la ville européenne commence à vivre selon son propre rythme. Elle se protège des bandits et des voleurs en créant des palissades puis des remparts, en formant une police, en levant des impôts pour financer les besoins. Peu à peu, elle prend le contrôle de la campagne qui la nourrit.

Avec les croisades, le commerce réapparaît, l'or et l'argent reviennent, le grand commerce avec l'Orient reprend. Le pouvoir bascule de la campagne à la ville, du propriétaire terrien au négociant de blé. Le nouvel art gothique s'épanouit, et les églises deviennent des cathédrales. Sur ces monuments populaires, surnommés si justement la Bible des pauvres, on va tracer dans la pierre, tout ce que l'homme doit connaître, son histoire sainte, ses dogmes sacrés, ses sciences, ses arts, ses métiers.

Avec le retour des croisades, la mesure du temps évolue de façon spectaculaire. On sait maintenant, en particulier, fabriquer un cadran solaire à style incliné qui donne des heures égales, été comme hiver. La nécessité d'avoir un calendrier unique se fait sentir pour l'organisation

des grandes foires européennes.

La ville qui devient une entité politique commence à gérer son propre temps et a à cœur de donner l'heure. Le pouvoir civil ne peut pas se contenter de la cloche du couvent ou de l'église. Il lui faut la sienne propre. Les premières horloges publiques apparaissent. Conçues pour sonner l'heure et non pour l'afficher, elles n'ont ni aiguilles ni cadran, mais un système de sonnerie.

L'HORLOGE A POIDS

Tant que l'homme accepte que son temps soit soumis à la durée fluctuante des jours, il reste esclave du Soleil. Pour devenir maître de son temps, il attendra des siècles, il lui faudra inventer, fabriquer une machine mesurant autre chose qu'un segment de jour ou de nuit. C'est l'eau qui a donné à l'homme ses premiers succès, mais c'est l'eau en temps que source d'énergie, le point faible des clepsydres. Cependant la mécanique du système est en tous points satisfaisante. C'est donc cette source d'énergie, volatile, corrosive, qui gèle, qu'il convient de remplacer. Après le sablier, on en vient aux horloges à poids.

Il semble que les prémices de l'horlogerie mécanique datent du VIII^{ème} siècle. Un mécanisme actionné par un poids est une innovation attribuée à Pacificus, archidiacre de Vérone (776, 844), mais en 757, le pape Paul 1^{er} avait adressé une horloge de ce type au roi Pépin. Le moine Gerbert d'Aurillac, qui devint pape sous le nom de Sylvestre en avait construit une à la fin du X^{ème} siècle, mais on n'est pas sûr qu'elle eût un régulateur. Les horloges à poids se répandent à partir de 1250-1300.

Un poids accroché à une ficelle enroulée autour d'un axe impose à cet axe, par sa chute, un mouvement uniformément accéléré. Or le temps s'écoule uniformément; on ne peut donc le représenter que par un mouvement uniforme, ce qui n'est pas le cas de la chute libre. Le principe des premières horloges à poids est donc inacceptable. L'horloge à poids est très imprécise, la dérive atteint 1 h par jour. Elle va bientôt laisser sa place à l'horloge à foliot.

L'HORLOGE A FOLIOT

Il faut perfectionner le système de l'horloge à poids, inventer un régulateur. Le principe est simple : si à intervalles réguliers, on stoppe la descente du poids, on l'immobilise puis on le laisse repartir librement, la suite de mouvements imposée, pour chaotique qu'elle paraisse, n'en est pas moins en moyenne uniforme.

On ne sait pas combien de temps il a fallu pour concevoir ce dispositif d'échappement, approprié et stable, le FOLIOT, ou échappement à verge, qui par sa danse folle dans un sens puis dans l'autre assure le blocage régulier souhaité. Le temps produit par l'horloge, globalement uniforme, n'est plus représenté par un phénomène uniforme, il est dorénavant découpé, morcelé, haché.

Depuis cette époque, une horloge est formée de trois parties distinctes, couplées l'une à l'autre : un système moteur fournit l'énergie, un régulateur (échappement) veille à ce que la force motrice reste constante au cours du temps, et un mécanisme de transmission permet l'"affichage" sous forme sonore (cloche ou carillons) et/ou visuelle (cadrans, jaquemarts, etc).

L'ASTRARIUM DE DONDI

L'astrarium de Dondi (1318-1389) est une horloge planétaire, la première de l'Occident. L'horloge a disparu, mais ses plans dessinés entre 1348 et 1364 ont été retrouvés et une reconstitution a été faite. L'horloge comporte un foliot, et un cadran de 24 heures, nouveauté pour

l'époque. En plus de l'heure, elle indique les positions dans le zodiaque du Soleil, de la Lune et des cinq planètes connues alors. A cette époque c'est le système de Ptolémée qui est admis avec une Terre fixe autour de laquelle se déplacent les astres. Le tour de force de Dondi consistait à reproduire le mouvement géocentrique des planètes et son oeuvre fut la référence obligée pendant longtemps pour des réalisations analogues.

LA CLOCHE, ORGUEIL DE LA CITE

Dans la cité médiévale, la diffusion de l'heure est assurée par les cloches. Au début, le fonctionnement de la cloche est manuel, c'est l'horloger qui la met en branle après avoir entendu sonner l'horloge. Puis le couplage devient mécanique, les cloches étant reliées à l'horloge. Les cloches donnent l'heure, mais elles sont aussi utilisées à beaucoup d'autres occasions : elles donnent l'alarme en cas d'incendie, préviennent de l'arrivée de l'ennemi (le tocsin), appellent les citoyens aux armes, convoquent les gens au travail, les envoient au lit, sonnent le deuil à la mort du roi ou donnent le signal des réjouissances populaires à la naissance d'un prince ou pour un couronnement, célèbrent l'élection d'un pape ou une victoire militaire. De plus elles étaient censées posséder certains pouvoirs comme écarter une tempête ou une épidémie. Elles sont l'orgueil d'une communauté.

Au début, les cloches donnent les heures. La sonnerie de cloches de la Tour d'horloge de la Bienheureuse Vierge Marie à Milan en 1335, forçait l'admiration, en sonnant, un coup à une heure, 2 à deux heures, etc. Si bien qu'on savait très facilement l'heure qu'il était. Une innovation, qui va se généraliser. Plus tard, les horloges se mettent à sonner les quarts d'heure.

L'APPARITION DES CADRANS

Le cadran est une chose rare jusqu'au milieu du XIV^{ème} siècle. Les horloges qui ont un cadran ne comportent qu'une seule aiguille, la précision restant illusoire de l'ordre d'une heure par jour. L'analphabétisation ambiante contribue à expliquer pourquoi le cadran fut si long à apparaître sur les horloges publiques. Certains des premiers cadrans avaient 6 graduations et l'aiguille faisait 4 fois le tour en 24 heures.

LA TOUR DE L'HORLOGE

L'horloge à foliot ne peut pas être exacte, mais ce qu'elle porte en elle est si fondamental qu'elle s'affiche très vite sur les tours des cathédrales, sur les beffrois des cités, et bientôt dans les palais des princes et les maisons des grands bourgeois.

A partir du milieu du XIV^{ème} siècle, des horloges monumentales à une seule aiguille s'installent dans les grandes villes : Londres en 1348, Strasbourg en 1354, Paris en 1370, Salisbury en 1386, etc... La première horloge de Strasbourg, dite l'horloge des trois rois (1352,1354) est l'une des premières horloges mécaniques à poids et foliot monumentales qui soit en même temps astronomique et à automates. La première horloge publique de Besançon date de 1440.

Les nouvelles horloges vont très vite se répandre travers l'Europe, elles deviennent un véritable service public. Le bâtiment de l'horloge devient un bâtiment imposant, voir une tour. Au battant caché dans la cloche les horlogers préfèrent pour sonner l'heure et les quarts, des automates bien visibles. C'est bien souvent un personnage qui sonne l'heure avec un marteau : le Jacquemard. Citons la tour de l'horloge de Venise (1499), avec ses "moris" de bronze, ou le Jacquemart de la Madeleine à Besançon.

LES HORLOGES SPECTACLES

Les grandes horloges du Moyen-Age deviennent des horloges spectacles qui montrent le mouvement du Soleil et de la Lune. Malgré le manque d'amélioration du mécanisme, rien n'empêche de multiplier les rouages afin de donner davantage à voir. Citons parmi les plus anciennes, la première horloge de la cathédrale de Strasbourg (1350) et l'horloge de Welles (1392), celle de Prague (1486)...

L'ABANDON DES HEURES SAISONIERES

Plus qu'aucune autre invention jusque là, l'horloge mécanique contribue à rapprocher la nuit du jour, puisque pour avoir l'heure exacte le matin, à l'aube, il faut que la machine ait fonctionné toute la nuit. Elle a aussi pour conséquence à long terme, la globalisation des heures de jour et de nuit en une seule journée de 24 h égales, ainsi, au XIV^{ème}, l'heure devient la 24^{ème} partie du jour, ce qu'utilisaient les astronomes et non plus la douzième partie de la journée. C'est le passage des heures saisonnières aux heures égales.

L'horloge à foliot marque des heures constantes, de jour comme de nuit, hiver comme été, et le monde des villes se différencie du monde des champs qui continue à vivre avec le Soleil. Le petit peuple connaît maintenant l'heure, mais il va s'écouler encore plusieurs siècles avant qu'il n'adopte les minutes.

L'horloge mécanique a fait appel à un dispositif relativement simple, mais révolutionnaire que l'histoire du temps a trop peu célébré, l'échappement. La mécanique abolit l'écoulement. Le tic-tac de l'échappement devient la voix du temps. La précision d'une horloge dépend dorénavant de la régularité de son échappement. Cette déclaration d'indépendance de l'homme à l'égard du Soleil est une bonne chose, mais on comprendra plus tard seulement, que pour accomplir cet exploit, l'homme s'est mis sous la coupe d'une machine aux exigences tyranniques.

(à suivre...)

PETITE ANNONCE

Désirant nouer une collaboration avec un lycée technique, notre section astronomie souhaiterait prendre contact avec d'autres clubs ou lycées ayant déjà concrétisé ce genre de "partenariat" à travers des projets (réalisations techniques, validation de projets d'étude dans le cadre de la formation du lycée...) afin de profiter de cette expérience et d'apporter de multiples possibilités en restant dans le cadre de l'Astronomie, à travers divers domaines (physique, mécanique, électronique, informatique...).

D'avance, merci.

contact : Jean-Marc DUPONT
 C.E.A. / Valduc
 Section Astronomie
 21120 IS-sur TILLE

VALESE HÉSITATION AROUND DE L'EFFET DOPPLER

Il y a trois ans, nous avons trouvé en bonne place dans le programme de l'option Sciences Expérimentales en 1ère S : l'effet Doppler et ses applications nombreuses (médicales ou astronomiques). A priori, un tel sujet me semblait devoir éveiller l'intérêt de nos élèves. Auparavant, cette question passait bien auprès des classes de 1ère L où elle était traitée sans trop de calculs.

Dès la première année, à l'A.G. du CLEA de la Rochelle, j'avais parié un peu hâtivement que l'on avait là un bon point d'ancrage pour susciter la curiosité pour l'astronomie des plus tièdes des élèves de la classe; après le bon démarrage avec la rétrogradation de Mars en tout début d'année. Cette année-là, ce fut une cruelle déconvenue; comme quoi il ne faut pas vendre la peau de l'Ourse... grande ou petite ! En pratique, je m'étais alors obligée à présenter en détail l'effet Doppler : une formule assez générale, un échantillonnage important de cas possibles, des démonstrations de la relation pour certains de ces cas... au total, une introduction longue, lourde et très sordidement calculatoire. Tout cela est devenu vite indigeste, le public était déjà démobilisé au moment de l'étude des applications médicales, ensuite il ne restait plus grand monde pour étudier la rotation de Saturne!

Forte de cette pénible expérience, la deuxième année, j'ai beaucoup allégé cette première partie, me contentant pour l'essentiel de commenter la formule mais en fournissant aux élèves une formule assez et peut-être trop générale encore. Le temps ainsi gagné a été utilisé à traiter plusieurs applications astronomiques; en fait, les trois fournies par les fiches CLEA. Là-encore, expérience un peu décevante : les élèves se sont lassés assez vite de dépouiller des spectres, se noyant dans leur étalonnage, dans les calculs qui suivaient et il restait alors trop de temps pour l'analyse des résultats obtenus. A part « la jolie histoire » de l'étoile des Poissons, où d'emblée, par la simple observation de deux spectres pris à trois jours d'intervalle, une élève a fourni la bonne hypothèse de l'étoile double; dans les autres cas, les mouvements découverts par le décalage Doppler n'ont pas été souvent bien compris, je le crains.

Cette année, comment continuer à aborder cette question sans lasser le public ? Comment donner la première importance à la connaissance des mouvements dans l'Univers, ne pas trop privilégier la laborieuse analyse des spectres, sans pourtant l'esquiver ? Expériences et mesures doivent rester présentes pour donner une crédibilité aux descriptions proposées.

Tout d'abord, j'ai opté pour un cours « très allégé » en introduction : une seule petite démonstration dans un cas particulier, une formule juste assez générale pour servir à l'étude

de tous les exemples envisagés plus tard, sans oublier d'évoquer l'application médicale. La classe a été partagée en trois groupes de 5 ou 6 élèves, chacun ayant la charge d'étudier à fond l'un des spectres des fiches CLEA; ensuite, chaque groupe a dû exposer aux autres la démarche de calcul suivi sans trop entrer dans les détails et surtout les résultats obtenus et les mouvements ainsi analysés. Pour se faire, ils avaient les spectres diffusés par le CLEA et une fiche technique « bricolée » par mes soins avec la publication Belin. Par la vieille technique du « couper-coller », j'avais gardé les questions posées et enlevé les réponses et les résultats des mesures. Après 2 heures de travail préparatoire, chaque groupe a exposé pendant un quart d'heure ses résultats, les autres suivant en observant les photos du spectre étudié. Résultat : la description des mouvements a pris une place plus importante que par le passé; un groupe s'occupant de la fameuse étoile double a même fait sa présentation en mimant le ballet des deux étoiles. Outre la distraction provoquée, cela a permis de rediscuter des mouvements de révolution et de rotation propre éventuels des étoiles... Je n'y avais jamais pensé tant que la description restait sur papier.

En conclusion, il me semble que cette année, l'effet Doppler ne laissera pas un trop pénible souvenir aux élèves. D'autre part, actuellement en terminale S, je déplore la faible part faite à l'étude de la lumière dans le cours sans spécialité. Je ne suis pas mécontente que le message passe ainsi en première auprès des élèves qui ont fait le choix de l'option. Il reste encore bien des améliorations à apporter : en particulier, aux fiches techniques fournies aux groupes (les réactions des élèves de cette année vont me permettre de le faire avec efficacité); et proposer aussi, en début d'activité, un protocole explicitant mieux ce que l'on attend de l'exposé oral.

Catherine VIGNON
Lycée Jules FERRY - PARIS



Exposition du système du monde

1796 - En l'an IV de la République Française, paraît à Paris, à l'imprimerie du CERCLE-SOCIAL, 4 rue du Théâtre Français EXPOSITION DU SYSTEME DU MONDI par **Pierre-Simon Laplace** de l'Institut National de France et du Bureau des Longitudes. L'ouvrage se présente sous la forme de deux volumes de 320 et 316 pages.

Dans un bref AVERTISSEMENT, Laplace précise : "*J'adopterai dans cet ouvrage la division du quart de cercle en cent degrés, du degré en cent minutes, de la minute en cent secondes, etc. J'adopterai pareillement la division du jour en dix heures, de l'heure en cent minutes, de la minute en cent secondes, etc... Enfin je rapporterai toutes les mesures linéaires au pied ou à la sixième partie de la toise de fer qui a servi à la mesure de la Terre, au Pérou, cette toise étant supposée à la température de seize degrés du thermomètre.*"

Premier volume, trois parties : 1) Des mouvements apparents des corps célestes. 2) Des mouvements réels des corps célestes. 3) Des lois du mouvement. Second volume, deux parties : 4) De la théorie de la pesanteur universelle. 5) Précis de l'histoire de l'astronomie.

L'ouvrage était destiné à un large public sachant lire mais non spécialiste ; il ne contient aucun développement théorique ni équation. Nous reproduisons le texte de Laplace en modernisant l'orthographe et la graphie (Laplace écrit soleil, terre et lune sans majuscule). C'est dans le chapitre VI de la dernière partie qu'il énonce sa célèbre hypothèse sur la formation du système solaire, un beau texte que voici, à relire et à commenter avec les élèves :

Considérations sur le système du monde, et sur les progrès futurs de l'astronomie

Arrêtons présentement nos regards sur la disposition du système solaire, et sur ses rapports avec les étoiles. Le globe immense du Soleil foyer de ses mouvements, tourne en vingt-cinq jours et demi sur lui-même ; sa surface est recouverte d'un Océan de matière lumineuse, dont les vives effervescences forment des taches variables, souvent très nombreuses, et quelquefois plus larges que la Terre. Au-dessus de cet Océan, s'élève une vaste atmosphère ; c'est au-delà que les planètes avec leurs satellites se meuvent dans des orbites presque circulaires, et sur des plans peu inclinés à l'équateur solaire. D'innombrables comètes, après s'être rapprochées du Soleil, s'en éloignent à des distances qui prouvent que son empire s'étend beaucoup plus loin que les limites connues du système planétaire. Non seulement cet astre agit par son attraction sur tous ces globes, en les forçant à se mouvoir autour de lui ; mais il répand sur eux sa lumière et sa chaleur. Son action bienfaisante fait éclore les animaux et les plantes qui couvrent la surface de la Terre, et l'analogie nous porte à croire qu'elle produit de semblables effets sur les planètes ; car il n'est pas naturel de penser que la matière dont nous voyons la fécondité se développer en tant de façons, est stérile sur une aussi grosse planète que Jupiter qui, comme le globe terrestre, a ses jours, ses nuits et ses années, et sur lequel les observations indiquent

des changements qui supposent des forces très actives. L'homme fait pour la température dont il jouit sur la Terre, ne pourrait pas, selon toute apparence, vivre sur les autres planètes ; mais ne doit-il pas y avoir une infinité d'organisations relatives aux diverses températures des globes de cet univers ? Si la seule différence des éléments et des climats met tant de variété dans les productions terrestres, combien plus doivent différer celles des diverses planètes et de leurs satellites ? L'imagination la plus active ne peut s'en former aucune idée, mais leur existence est très vraisemblable.

Quoique les éléments du système des planètes soient arbitraires ; cependant, ils ont entre eux des rapports très remarquables qui peuvent nous éclairer sur son origine. En le considérant avec attention, on est étonné de voir toutes les planètes se mouvoir autour du Soleil, d'occident en orient, et presque dans le même plan ; tous les satellites en mouvement autour de leurs planètes, dans le même sens et à peu près dans le même plan que ces planètes ; enfin, le Soleil, les planètes et les satellites dont on a observé les mouvements de rotation, tournant sur eux-mêmes, dans le sens et à peu près dans le plan de leurs mouvements de projection.

Un phénomène aussi extraordinaire n'est point l'effet du hasard ; il indique une cause générale qui a déterminé tous ces mouvements. Pour avoir une approximation de la probabilité avec laquelle cette cause est indiquée, nous remarquons que le système planétaire, tel que nous le connaissons aujourd'hui, est composé de sept planètes et de quatorze satellites ; on a observé les mouvements de rotation du Soleil, de cinq planètes, de la Lune, de l'anneau de Saturne et de son dernier satellite ; ces mouvements, avec ceux de révolution, forment un ensemble de trente mouvements dirigés dans le même sens. Si l'on conçoit le plan d'un mouvement quelconque direct, couché d'abord sur celui de l'écliptique, s'inclinant ensuite à ce dernier plan, et parcourant tous les degrés d'inclinaison depuis zéro jusqu'à la demi-circonférence ; il est clair que le mouvement sera direct dans toutes les inclinaisons inférieures à cent degrés, et qu'il sera rétrograde dans les inclinaisons au-dessus ; en sorte que par le changement seul d'inclinaison, on peut représenter les mouvements directs et rétrogrades. Le système solaire, envisagé sous ce point de vue, nous offre donc vingt-neuf mouvements dont les plans sont inclinés à celui de la Terre, tout au plus, du quart de la circonférence ; or, en supposant que leurs inclinaisons aient été l'effet du hasard, elles auraient pu s'étendre jusqu'à la demi-circonférence ; et la probabilité que l'une d'elles, au moins, en eut surpassé le quart, serait $1 - 1/2^{29}$ ou $\frac{536870911}{536870912}$; il est donc extrêmement probable que la direction des mouvements planétaires n'est point l'effet du hasard, et cela devient plus probable encore, si l'on considère que l'inclinaison du plus grand nombre de ces mouvements à l'écliptique est très petite et fort au-dessous du quart de la circonférence.

Un autre phénomène également remarquable du système solaire est le peu d'excentricité des orbites des planètes et des satellites, tandis que ceux des comètes sont fort allongés ; les orbites de ce système n'offrant point de nuances intermédiaires entre une grande et une petite excentricité. Nous sommes encore forcés de reconnaître ici l'effet d'une cause régulière ; le hasard seul n'eût point donné

une forme presque circulaire aux orbites de toutes les planètes ; il est donc nécessaire que la cause qui a déterminé les mouvements de ces corps les ait rendus presque circulaires. Il faut encore que cette cause ait influé sur la grande excentricité des orbites des comètes et, ce qui est fort extraordinaire, sans avoir influé sur les directions de leurs mouvements ; car en regardant les orbites des comètes rétrogrades comme étant inclinées de plus de cent degrés à l'écliptique, on trouve que l'inclinaison moyenne des orbites de toutes les comètes observées approche beaucoup de cent degrés ; comme cela doit être si ces corps ont été lancés au hasard.

Ainsi l'on a pour remonter à la cause des mouvements primitifs du système planétaire, les cinq phénomènes suivants : 1°) les mouvements des planètes dans le même sens, et à peu près dans un même plan ; 2°) les mouvements des satellites dans le même sens, à peu près dans le même plan que celui des planètes ; 3°) les mouvements de rotation de ces différents corps et du Soleil dans le même sens que leurs mouvements de projection et dans des plans peu différents ; 4°) le peu d'excentricité des orbites des planètes et des satellites ; 5°) enfin, la grande excentricité des orbites des comètes, quoique leurs inclinaisons aient été abandonnées au hasard.

Buffon est le seul que je connaisse qui, depuis la découverte du vrai système du monde, ait essayé de remonter à l'origine des planètes et des satellites. Il suppose qu'une comète, en tombant sur le Soleil, en a chassé un torrent de matière qui s'est réunie au loin, en divers globes plus ou moins grands et plus ou moins éloignés de cet astre. Ces globes sont les planètes et leurs satellites qui, par leur refroidissement sont devenus opaques et solides.

Cette hypothèse satisfait au premier des cinq phénomènes précédents ; car il est clair que tous les corps ainsi formés doivent se mouvoir à peu près dans le plan qui passait par le centre du Soleil et par la direction du torrent de matière qui les a produits. Les quatre autres phénomènes me paraissent inexplicables par son moyen. A la vérité, le mouvement absolu des molécules d'une planète doit être alors dirigé dans le sens du mouvement de son centre de gravité ; mais il ne s'ensuit point que le mouvement de rotation de la planète soit dirigé dans le même sens ; ainsi la Terre pourrait tourner d'orient en occident et cependant le mouvement absolu de chacune de ses molécules serait dirigé d'occident en orient. Ce que je dis du mouvement de rotation des planètes s'applique au mouvement de révolution des satellites, dont la direction, dans l'hypothèse dont il s'agit, n'est pas nécessairement la même que celle du mouvement de projection des planètes.

Le peu d'excentricité des orbites planétaires est non seulement très difficile à expliquer dans cette hypothèse, mais ce phénomène lui est contraire. On sait par la théorie des forces centrales, que si un corps mu dans un orbite rentrant autour du Soleil, rase la surface de cet astre, il y reviendra constamment à chacune de ses révolutions ; d'où il suit que si les planètes avaient été primitivement détachées du Soleil, elles le toucheraient à chaque révolution, et leurs orbites, loin d'être circulaires, seraient fort excentriques. Il est vrai qu'un torrent de matière, chassé du Soleil, ne peut pas être

exactement comparé à un globe qui rase sa surface ; l'impulsion que les parties de ce torrent reçoivent les unes des autres et l'attraction réciproque qu'elles exercent entre elles peut, en changeant la direction de leurs mouvements, éloigner leurs périhélie du Soleil. Mais leurs orbites devraient toujours être fort excentriques ou, du moins, il faudrait le hasard le plus extraordinaire pour leur donner d'aussi petites excentricités que celles des orbites planétaires. Enfin, on ne voit pas dans l'hypothèse de Buffon, pourquoi les orbites d'environ quatrevingt comètes déjà observées sont fort allongées. Cette hypothèse est donc très éloignée de satisfaire aux phénomènes précédents. Voyons s'il est possible de s'élever à leur véritable cause.

Quelle que soit sa nature , puisqu'elle a produit ou dirigé les mouvements des planètes et des satellites, il faut qu'elle ait embrassé tous ces corps ; et vu la distance prodigieuse qui les sépare, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense étendue. Pour leur avoir donné dans le même sens un mouvement presque circulaire autour du Soleil, il faut que ce fluide ait environné cet astre comme une atmosphère. La considération des mouvements planétaires nous conduit donc à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du Soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbites de toutes les planètes et qu'elle s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles ; ce qui peut avoir eu lieu par des causes semblables à celle qui fit briller du plus vif éclat, pendant plusieurs mois, la fameuse étoile que l'on vit tout à coup, en 1572, dans la constellation de Cassiopée.

La grande excentricité des orbites des comètes conduit au même résultat. Elle indique évidemment la disparition d'un grand nombre d'orbites moins excentriques ; ce qui suppose autour du Soleil une atmosphère qui s'est étendue au-delà du périhélie des comètes observables et qui, en détruisant les mouvements de celles qui l'ont traversée pendant la durée de sa grande étendue, les a réunis au Soleil. Alors, on voit qu'il ne doit exister présentement que les comètes qui étaient au-delà, dans cet intervalle, et comme nous ne pouvons observer que celles qui approchent assez près du Soleil, dans leur périhélie, leurs orbites doivent être fort excentriques. Mais, en même temps, on voit que leurs inclinaisons doivent offrir les mêmes inégalités que si ces corps ont été lancés au hasard puisque l'atmosphère solaire n'a point influé sur leurs mouvements. Ainsi, la longue durée des révolutions des comètes, la grande excentricité de leurs orbites et la variété de leurs inclinaisons s'expliquent très naturellement au moyen de cette atmosphère.

Mais comment a-t-elle déterminé les mouvements de révolution et de rotation des planètes ? Si ces corps avaient pénétré dans ce fluide, sa résistance les aurait fait tomber sur le Soleil ; on peut donc conjecturer qu'ils ont été formés aux limites successives de cette atmosphère par la condensation des zones qu'elle a dû abandonner dans le plan de son équateur en se refroidissant et en se condensant à la surface de cet astre comme on l'a vu dans le livre précédent. On peut conjecturer encore que les satellites ont été formés d'une manière semblable par les atmosphères des planètes. Les cinq phénomènes exposés ci-dessus découlent naturellement de ces hypothèses auxquelles les anneaux de Saturne ajoutent un nouveau degré de vraisemblance.

Quoiqu'il en soit de cette origine du système planétaire que je présente avec la défiance que doit inspirer tout ce qui n'est point un résultat de l'observation ou du calcul, il est certain que ses éléments sont ordonnés de manière qu'il doit jouir de la plus grande stabilité si des causes étrangères ne viennent point la troubler. Par cela seul que les mouvements des planètes et des satellites sont presque circulaires et dirigés dans le même sens et dans des plans peu différents, ce système ne fait qu'osciller autour d'un état moyen dont il ne s'écarte jamais que de quantités très petites ; les moyens mouvements de ses différents corps sont uniformes et leurs distances moyennes aux foyers des forces principales qui les animent sont constantes. Il semble que la nature ait tout disposé dans le ciel pour assurer la durée de ce système par des vues semblables à celles qu'elle nous paraît suivre si admirablement sur la Terre pour la conservation des individus et la perpétuité des espèces.

Portons maintenant nos regards au-delà du système solaire. D'innombrables soleils qui peuvent être les foyers d'autant de systèmes planétaires sont répandus dans l'immensité de l'espace et à un éloignement de la Terre tel que le diamètre entier de l'orbe terrestre, vu de leur centre, est insensible. Plusieurs étoiles éprouvent, dans leur couleur et dans leur clarté, des variations périodiques très remarquables ; il en est d'autres qui ont paru tout à coup et qui ont disparu après avoir, pendant quelque temps, répandu une vive lumière. Quels prodigieux changements ont dû s'opérer à la surface de ces grands corps pour être aussi sensibles à la distance qui nous en sépare et combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du Soleil ? Tous ces corps devenus invisibles sont à la même place où ils ont été observés puisqu'ils n'en ont point changé durant leur apparition ; il existe donc dans les espaces célestes des corps obscurs aussi considérables et peut-être en aussi grand nombre que les étoiles. Un astre lumineux de même densité que la Terre et dont le diamètre serait deux cent cinquante fois plus grand que celui du Soleil, ne laisserait, en vertu de son attraction, parvenir aucun de ses rayons jusqu'à nous ; il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'univers soient par cela même invisibles. Une étoile qui, sans être de cette grandeur, surpasserait considérablement le Soleil affaiblirait sensiblement la vitesse de la lumière et augmenterait ainsi l'étendue de son aberration. Cette différence dans l'aberration des étoiles, un catalogue de celles qui ne font que paraître et leur position observée au moment de leur éclat passager, la détermination de toutes les étoiles changeantes et des variations périodiques de leur lumière, enfin les mouvements propres de tous ces grands corps qui obéissent à leur attraction mutuelle et probablement à des impulsions primitives décrivent des orbites immenses ; tels seront, relativement aux étoiles, les principaux objets de l'astronomie future.

Il paraît que ces astres, loin d'être disséminés à des distances à peu près égales dans l'espace sont rassemblées en divers groupes formés chacun de plusieurs milliards d'étoiles. Notre Soleil et les plus brillantes étoiles font probablement partie d'un de ces groupes qui, vu du point où nous sommes, semble entourer le ciel et forme la Voie Lactée. Le grand nombre d'étoiles que l'on voit à la fois dans le champ d'un grand télescope dirigé vers cette voie nous prouve son immense profondeur qui surpasse mille fois la distance de Sirius à la Terre. En s'en éloignant, elle finirait par offrir l'apparence d'une lumière blanche et continue d'un petit diamètre car alors, l'irradiation qui subsiste, même dans les plus

forts télescopes, couvrirait et ferait disparaître les intervalles des étoiles . Il est donc vraisemblable que les nébuleuses sans étoiles sont des groupes d'étoiles vus de très loin et dont il suffirait de s'approcher pour qu'ils présentassent des apparences semblables à la Voie Lactée. Les distances mutuelles des étoiles qui forment chaque groupe sont au moins cent mille fois plus grandes que la distance du Soleil à la Terre ; ainsi l'on peut juger de la prodigieuse étendue de ces groupes par la multitude d'étoiles que l'on aperçoit dans la Voie Lactée. Si l'on réfléchit ensuite au peu de largeur et au grand nombre des nébuleuses qui sont séparées les unes des autres par un intervalle incomparablement plus grand que la distance mutuelle des étoiles dont elles sont formées, l'imagination étonnée de l'immensité de l'univers aura peine à lui concevoir des bornes.

De ces considérations fondées sur les observations télescopiques, il résulte que les nébuleuses qui paraissent assez bien terminées pour que l'on puisse déterminer leurs centres avec précision, sont par rapport à nous, les objets célestes les plus fixes et ceux auxquels il convient de rapporter la position de tous les astres. Il en résulte encore que les mouvements des corps de notre système solaire sont très composés. La Lune décrit un orbe presque circulaire autour de la Terre ; mais vue du Soleil, elle décrit une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la circonférence de l'orbe terrestre. Pareillement, la Terre décrit une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la courbe que le Soleil décrit autour du centre de gravité de notre nébuleuse ; enfin, le Soleil décrit lui-même une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la courbe décrite par le centre de gravité de notre nébuleuse autour de celui de l'univers. L'astronomie a déjà fait un grand pas en nous faisant connaître le mouvement de la Terre et la suite des épicycloïdes que la Lune et les satellites décrivent sur les orbites des planètes. Il reste à déterminer l'orbite du Soleil et celui du centre de gravité de sa nébuleuse. Mais s'il a fallu des siècles pour connaître les mouvements du système planétaire, quelle durée prodigieuse exige la détermination des mouvements du Soleil et des étoiles ? Les observations commencent à les faire apercevoir ; on a essayé de les expliquer par le seul déplacement du Soleil que paraît indiquer son mouvement de rotation. Plusieurs observations sont assez bien représentées en supposant le système solaire emporté vers la constellation d'Hercule ; d'autres observations semblent prouver que ces mouvements apparents des étoiles sont une combinaison de leurs mouvements réels avec celui du Soleil. Le temps découvrira sur cet objet des vérités curieuses et importantes.

Il reste à faire sur notre propre système de nombreuses découvertes. La planète Uranus et ses satellites, nouvellement reconnus, donnent lieu de soupçonner l'existence de quelques planètes jusqu'ici non observées. On n'est point encore parvenu à déterminer les mouvements de rotation et l'aplatissement de plusieurs planètes et de la plupart des satellites ; on ne connaît pas avec une précision suffisante les masses de tous ces corps. La théorie de leurs mouvements est une suite d'approximations dont la convergence dépend à la fois de la perfection des instruments et des progrès de l'analyse ; et qui par là doit acquérir de jour en jour de nouveaux degrés d'exactitude. On déterminera par des mesures précises et multipliées les inégalités de la figure de la Terre et la variation de la pesanteur à sa surface. Le retour des comètes déjà observées, les nouvelles comètes qui

paraîtront, l'apparition de celles qui, mues dans des orbites hyperboliques, peuvent errer de système en système, les perturbations que tous ces astres éprouvent et qui, à l'approche d'une grosse planète, peuvent changer entièrement leurs orbites comme on conjecture que cela est arrivé par l'action de Jupiter à la comète de 1770, les accidents que la grande proximité et même le choc de ces corps peuvent occasionner dans les planètes et les satellites, enfin les altérations que les mouvements du système solaire éprouvent de la part des étoiles, tels sont les principaux objets que ce système offre aux recherches des astronomes et des géomètres futurs.

Vue dans son ensemble, l'astronomie est le plus noble monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. Séduit par les illusions des sens et de l'amour propre, il s'est regardé pendant longtemps comme le centre du mouvement des astres et son orgueil a été puni par les vaines frayeurs qu'ils lui ont inspirées. Enfin, plusieurs siècles de travaux ont fait tomber le voile qui couvrait le système du monde. L'homme alors s'est vu sur une petite planète presque imperceptible dans la vaste étendue du système solaire qui lui-même n'est qu'un point insensible dans l'immensité de l'espace. Les résultats sublimes auxquels cette découverte l'a conduit sont bien propres à le consoler du peu de place qu'elle lui assigne dans l'univers. Conservons précieusement, augmentons même, le dépôt de ces hautes connaissances, les délices des êtres pensants. Elles ont rendu d'importants services à la navigation et à la géographie ; mais leur plus grand bienfait est d'avoir dissipé les craintes occasionnées par les phénomènes célestes extraordinaires et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature, erreurs d'autant plus funestes que l'ordre social doit reposer uniquement sur ces rapports. VERITE, JUSTICE, voilà ses lois immuables. Loin de nous la dangereuse maxime qu'il est quelquefois utile de s'en écarter et de tromper ou d'asservir les hommes pour assurer leur bonheur. De cruelles expériences ont prouvé dans tous les temps que ces lois sacrées ne sont jamais impunément enfreintes.

Ainsi s'achève le second et dernier volume.

RAPPEL QUELQUES DONNEES BIOGRAPHIQUES ET BIBLIOGRAPHIQUE

pouvant servir au commentaire du texte de Laplace avec les élèves

Pierre-Simon LAPLACE est né à Beaumont sur Auge (près de Pont l'Evêque) le 23 mars 1749 ; il est mort à Paris le 5 mars 1827 . l'année du centenaire de la mort de Newton.

Venu à Paris en 1769, sur la recommandation de d'Alembert, il est nommé professeur de mathématiques à l'Ecole royale militaire où il succédait à Bezout.

En 1784, Laplace découvre la cause des grandes inégalités du mouvement de Jupiter et de Saturne.

En 1784, Laplace publie *Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes.*

Retiré à Meün pendant la Terreur, il écrit *L'Exposition du système du monde.*

En l'An III de la République il est nommé adjoint de Lagrange à la célèbre Ecole Normale de l'An III et cette même année il fait partie du premier conseil du Bureau des Longitudes

Rallié successivement à Napoléon et à Louis XVIII, il réunit à Arcueil dans la banlieue sud de Paris les plus grands savants de son temps dans la célèbre Société d'Arcueil.

L'oeuvre mathématique : *Traité analytique des probabilités* (1812), *Mécanique céleste* (1798-1829).

Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

LE LIVRE DU CIEL: L' HOMME ET LES ETOILES par Jean-Louis Heudier ; 96 p + carte du ciel à construire ; Z'éditions 1995 (100 F)

Les auteurs qui se proposent de donner au profane les clés du ciel sont légion mais bien souvent celles-ci nous sont livrées un peu comme dans une agence immobilière, soit dit sans offenser cette honorable profession: voici le trousseau et bonne chance! Avec Jean Louis Heudier, grand spécialiste de la vulgarisation, les choses se passent différemment: ici, le gardien des lieux nous fait visiter la propriété et nous en révèle avec grande simplicité les beautés et les secrets. Voici le ciel, son ordre et son désordre, ses constellations, celles que voyaient aussi les contemporains d'Homère et les Argonautes partis à la conquête de la Toison d'Or: de l'Ourse à l'Hydre en passant par Andromède, Persée, Pégase, Céphée et Andromède et leurs terribles querelles qui font du livre du ciel "la première chaîne de télévision, offerte à tous les regards pendant des millénaires" (p.33). Et puis, après un bref arrêt sur les deux luminaires, le Soleil et la Lune, le lecteur est incité à une "Quête de la Connaissance". Et insensiblement, d'étoiles en galaxies, nous voilà entraînés sans effort dans le domaine de l'astrophysique. Le diagramme H-R (p.83) et l'illustration (p.87) qui accompagnait l'article fondateur de Hubble sur la fuite des galaxies font un saisissant contraste avec "Uranie pesant le monde" (p. 6). Contraste en apparence seulement car le livre du ciel est éternel, simplement nous le lisons maintenant de façon différente. En résumé, un livre très agréable par ses tons bleu nuit, avec une bibliographie brève mais judicieusement choisie, et en prime une carte du ciel à construire soi-même; un ouvrage facile à lire et recommandé pour qui veut découvrir sans peine l'astronomie ancienne et moderne tout à la fois et connaître un peu ce ciel qui devient, hélas de plus en plus difficile à contempler.

Jacques Vialle

HUBBLE, l'inventeur du Big Bang, par Igor Novikov et Alexander Sharov ; traduit de l'anglais par Vincent Fleury ; collection "Figures de la sciences", 308 p. ; éd Flammarion 1995 (140 F).

On peut s'étonner qu'il ait fallu attendre 1995, plus de 40 années depuis la mort de Hubble, pour que paraisse enfin en français une étude consacrée à un savant et à une oeuvre aussi importants dans l'histoire des grandes découvertes de ce siècle. Lecture par conséquent fort instructive dont, hélas la lecture ne m'a pas paru très facile ; peut-être est-ce l'effet pervers d'une double traduction : l'original a paru en russe en 1989 et le texte français provient de la traduction anglaise parue en 1993. On peut relever bien des maladresses de rédaction qui auraient dû être corrigées.

Né en 1889, Edwin Hubble est étudiant à l'Université de Chicago quand une bourse lui permet de suivre les cours de droit international au Queen's College d'Oxford. Il y parfait sa culture générale mais en 1914 nous le trouvons à l'Observatoire de Yerkes et l'astronomie ne va plus le lâcher (aux deux interruptions près dues aux deux guerres mondiales). Comme pour beaucoup d'auteurs de grandes découvertes, on peut toujours remarquer qu'ils ont été favorisés par les circonstances. Hubble se trouve, observateur de grand talent en début de carrière alors que, dans son pays, le grand télescope de 2,5 m du mont Wilson va être mis en service, alors que s'engage le "Grand Débat" Shapley-Curtis sur l'architecture de l'Univers extragalactique. Le rôle que va jouer le jeune Hubble est déterminant. En effet, en 1924, avec le grand télescope du Mont Wilson, il peut observer et mesurer la période d'une Céphéide dans la "nébuleuse d'Andromède" (M.31), en déduire, par conséquent la première estimation de cet objet, soit 900 000 années de lumière. Les galaxies que l'on disait objets nébuleux sont donc bien de constitution stellaire et ils sont extérieurs à notre Galaxie, la thèse Curtis l'emporte. Hubble, toujours à partir du grand télescope du Mont Wilson, établit sa première classification morphologique des galaxies que nous avons tous apprise, les elliptiques puis les spirales normales et les spirales barrées. Il étudie les spectres et dès 1926 prépare sa découverte majeure, celle de l'expansion. Le diagramme relatif à 22 galaxies de l'amas Virgo qu'il publie donne une constante de proportionnalité des vitesses de fuite par rapport aux distances qu'il note $K = 530 \text{ km/s par Mégaparsec}$. Constante qui

sera plus tard notée H et la loi d'expansion dite loi de Hubble, selon la terminologie introduite par Richard Tolman. Faut-il pour autant, comme le dit le titre de ce livre, attribuer à Hubble la paternité du Big Bang (paternité de l'expression s'entend) ? Hubert Reeves dit que l'expression fut introduite par Fred Hoyle et par dérision car il s'opposait à cette théorie. On peut aussi prétendre que la théorie était en germe dans la Relativité générale. La découverte de l'expansion est cependant le fait cosmologique dominant donc à Hubble revient sûrement une bonne part de paternité du Big Bang.

L'ouvrage de Novikov et Sharov présente l'intérêt de nous faire revivre cette grande histoire. Nous suivons Hubble dans tous les travaux et négociations préparatoires à la construction du grand télescope de Palomar. Le livre donne également des aperçus sur l'astronomie après Hubble. Il est remarquable que Hubble ait pressenti qu'une révision du calibrage des Céphéides serait nécessaire ; ce fut l'oeuvre de Baade en 1953, année où Hubble disparaît, et qui devait doubler la distance de la galaxie d'Andromède.

Pour clore cet insuffisant compte rendu, je voudrais laisser la parole à Hubble lui-même. Cet observateur hors pair avait une claire vision du rapport de la théorie et des observations : "*Les mathématiques traitent des mondes possibles, de l'infinité de systèmes obéissant à la logique. Les observateurs explorent ce monde particulier que nous habitons. Entre les deux il y a les théoriciens. Ils étudient les mondes possibles, mais seulement ceux qui sont compatibles avec les informations fournies par ceux qui observent. En d'autres termes, la théorie essaie d'extraire le plus petit nombre de mondes possibles parmi lesquels doit se trouver le monde que nous habitons. Ensuite, l'observateur, armé de nouvelles informations, réduit encore la liste. Et ainsi de suite, les observations et la théorie avancent ensemble vers le but commun de la science : la structure et les propriétés de l'univers physique dans lequel nous vivons.*"

Pour réviser mon anglais très défailant, je vais relire *The Realm of the Nebulae* que Hubble publia en 1936, ce que j'avais bêtement ignoré à l'époque.

C.W.

CRATERS!: A MULTI-SCIENCE APPROACH TO CRATERING AND IMPACTS par William K. Hartmann en collaboration avec Joe Cain; 226 pp. plus un CD-ROM. National Science Teacher Association et The Planetary Society, 1995. ISBN 0-87355-132-X. Environ \$30.00

La Marquise, qui lisait remarquablement la langue de Newton et de Halley, ne s'offusquera point de voir présenter ici un ouvrage en langue anglaise. Destiné aux enseignants américains, *Craters!* propose 20 activités sur le thème des impacts astéroïdaux et leurs conséquences. Une large place est faite aux astroblèmes terrestres et les fiches abordant le problème de l'extinction des dinosaures ne pas les moins intéressantes. L'approche est résolument multi-disciplinaire, impliquant Sciences de la Vie et de la Terre, Physique, Mathématiques, Arts et Technologie. Plusieurs de ces activités pourraient être proposées, avec éventuellement la collaboration du professeur d'anglais, à des élèves de 1ère S, option Sciences expérimentales. Cet ouvrage, assez dense, est bien conçu et chaque fiche élève est accompagnée d'une fiche détaillée à l'intention du professeur. Il a pour inconvénient d'être en langue anglaise (mais le texte reste abordable avec de bons souvenirs de Lycée). Par contre, avantage substantiel, il est accompagné d'un CD-ROM contenant plus de 200 images dont la reproduction est autorisée tant qu'il s'agit d'un usage scolaire. Le CD-ROM fonctionne indifféremment sous environnement Macintosh ou Windows. Il contient également le logiciel de lecture et de traitement d'images LVViewPro, très facile à mettre en oeuvre et capable de lire presque tous les formats courants. L'impression des images est possible avec un matériel bas de gamme (résolution 360 x 360 points par pouce minimum). Même commandé par l'intermédiaire d'un libraire spécialisé, le prix de l'ensemble reste bien inférieur à celui d'un CD-ROM classique.

J.V.

Dans trois ans et demi, l'an 2000

la dernière année du siècle

**ETUDE COMPARATIVE DE DIAMETRES SOLAIRES OBSERVES A PARTIR D'INSTRUMENTS
ASTROMETRIQUES** par Michel Toulmonde ; thèse de doctorat présentée à l'Observatoire de Paris le
22 novembre 1995. 276 pages.

Dans la première partie, Michel Toulmonde étudie les méthodes employées par Kepler, Picard, Auzout puis beaucoup d'autres jusqu'au 20^{ème} siècle ; les méthodes et aussi les résultats. Ce qui est particulièrement original dans ce travail, c'est, deuxième partie, reprendre ces "mesures à l'ancienne, soit par projection du Soleil par un orifice, soit par mesure des passages par projection, soit par la mesure de la durée des passages soit enfin par des mesures au micromètre avec des lunettes historiques.

Pour aboutir à cette conclusion : "*L'ensemble des mesures traitées ou étudiées, depuis celles de Mouton, de Picard et de La Hire, jusqu'à celles de haute précision de notre époque, menées photoélectriquement à Locarno, ou à des astrolabes solaires au CERGA (où ont été décelées des variations à courte période), à Sao Paulo, à Santiago ne permet pas de mettre en évidence une variation séculaire sensible du diamètre solaire.*

Et pour clore son beau travail de thèse, notre Collègue, avec humour, laisse la parole à Lalande qui écrivait, en 1792 : "*Quoi qu'on ait trouvé le diamètre du Soleil de plus en plus petit depuis un siècle, je ne crois pas qu'il ait réellement diminué.*"

LA PLUS BELLE HISTOIRE DU MONDE, les secrets de nos origines, par Hubert Reeves, Joël de Rosnay, Yves Coppens et Dominique Simonnet ; 168 p. ; éd Seuil 1996 (89 F).

Il est tout à fait vrai que s'interroger sur l'origine de l'Univers, sur l'origine de la vie, sur l'origine de l'humanité, c'est vraiment la plus belle histoire du monde. Et comme dans toutes les histoires on veut qu'elle ait une origine, un début bien net, avec un avant et un après. Donc, la plus belle histoire du monde mais peut-être aurait-il mieux valu, ici, ne pas employer le mot origines ou alors le comprendre seulement comme recherches sur le passé de l'Univers, de la vie et de l'homme. En tout cas, pour le journaliste Dominique Simonnet, réunir sur ce sujet des entretiens avec trois vulgarisateurs de grand talent, c'était s'assurer la réussite. Présentation en trois actes, comme dans le théâtre classique. Acte 1, l'Univers ; Reeves l'a déjà raconté plusieurs fois, ici c'est en 40 pages d'une conversation aimable. Acte 2 avec de Rosnay sur la vie ; l'évolution chimique, avec du temps, aboutit à la matière vivante ; pas de miracle, mais du temps. Enfin, acte 3 avec Coppens, comment l'évolution a conduit certains primates vers l'humain. Alors, est-ce une belle histoire parce qu'elle finit bien ? On ne peut le dire puisqu'en réalité l'histoire n'est pas finie, elle est entre nos mains et comme disait ma grand'mère avant les repas, "as-tu lavé tes mains ?"

En raccourci, voici une lecture rapide et facile à recommander à tous nos contemporains qui se disent trop bousculés, affairés pour lire de vrais traités. Et cet aperçu peut leur donner envie d'en savoir plus, en particulier de s'interroger sur les méthodes plus que sur les résultats.

G.W.

LA FORMATION DE LA PRATIQUE SCIENTIFIQUE, Le discours de l'expérience en France et en Angleterre(1630-1820) par Christian Licoppe ; collection "Textes à l'appui" 350 p.; éd La Découverte 1996 (240 F).

LA MATHÉMATISATION DU REEL, essai sur la modélisation mathématique, par Giorgio Israel ; collection "Science ouverte" ; 368 p. ; éd Seuil 1996 (160 F).

Il y a des hasards heureux, ainsi l'édition quasi simultanée de deux ouvrages dus à des historiens des sciences sur deux aspects complémentaires de la recherche scientifique. Christian Licoppe, ingénieur des télécommunications, cherche à comprendre comment l'expérimentation scientifique a été conçue pour faire preuve. Giorgio Israel, professeur d'histoire des mathématiques à l'Université La Sapienza de Rome, s'interroge sur le rôle des mathématiques dans notre compréhension du monde via la modélisation. Chacun de ces deux livres se suffit à lui-même, ouvrages solides, fruits l'un comme l'autre d'un travail sérieusement documenté et mûrement pensé. J'essaierai de vous donner un aperçu de leurs contenus pour vous donner envie de les lire car je suis certain que chacun de vous en tirera profit.

Christian Licoppe, en s'intéressant à la formation de la pratique scientifique, en particulier celle

de l'expérimentation, tranche avec une tendance très générale de l'histoire des sciences en France qui privilégie l'histoire des concepts. Son premier chapitre, "La genèse d'une pratique expérimentale coopérative en France au milieu du XVII^{ème} siècle" met en scène les expériences de Pascal sur le vide. La coopération se limite d'abord au dialogue par lettres entre chercheurs pour s'élargir à des conférences publiques. Le récit d'expérience prend la forme narrative et assez impersonnelle des comptes rendus académiques (à Londres, la Royal Society est fondée en 1660, à Paris, Colbert installe l'Académie des Sciences en 1665). On assiste alors à l'élaboration et à la diffusion d'une nouvelle technologie littéraire : le compte rendu d'expérience. Exemple typique *l'Opticks* de Newton. Plus tard dans ce XVIII^{ème} siècle si riche en innovations, il y aura les controverses sur les phénomènes électriques (avec l'abbé Nollet et Franklin) qui verront l'organisation d'expériences publiques s'apparentant à de véritables spectacles. En insistant sur la publicité des expériences on constate aussi qu'en moins de deux siècles on est passé des expériences dispersées sur des curiosités à des expérimentations plus programmées ou motivées par des besoins. On devient de plus en plus exigeant sur l'exactitudes des mesures.

Giorgio Israel divise son étude sur la mathématisation en trois parties. La première dégage le concept de modèle mathématique sur l'exemple des oscillations du pendule ou sur la description des battements du cœur selon Van der Pol (1889–1959). On voit que notre Auteur étend son enquête à toutes les époques. Également à tous les sujets comme celui de la dynamique des populations par Vito Volterra. La seconde partie est plus historique et retrace les débuts de la mathématisation du réel avec Galilée puis la mécanique newtonienne et le calcul infinitésimal. N'a-t-on pas alors imaginé une sorte de projet newtonien pour toute la science ? Il faut donc distinguer deux conceptions, celle de Galilée et de ses successeurs reprenant à leur compte la fameuse déclaration "*Le livre de la nature est ouvert devant nous écrit dans la langue des mathématiques.*" et celle que Giorgio Israel appelle la modélisation mathématique. Dans un domaine plus ou moins restreint de la réalité telle modélisation fournit une théorie efficace et de portée pratique.

La troisième partie traite de problèmes actuels et du rôle de la modélisation : "*le modèle mathématique est une conception partielle et ad hoc, un morceau de mathématiques appliquées à un morceau de réalité sans qu'on puisse exclure que d'autres morceaux de mathématiques puissent être collés sur le même morceau de réalité et coexister les uns à côté des autres.*"

En cours de lecture, j'avais relevé cette citation de Fontenelle : "*L'eau qui coule d'un réservoir devrait remonter à une hauteur égale à celle du réservoir, mais la Nature n'exécute rien avec la perfection que les géomètres imaginent, et dans le passage des mathématiques à la physique, il y a toujours quelque déchet sur la justesse et la régularité.*" On sait que l'académicien Fontenelle fut un admirable vulgarisateur et connu moins de réussite comme penseur. Reconnaissons que depuis Fontenelle, la modélisation mathématique a largement dépassé la théorie des jets d'eau et je laisse la conclusion à Giorgio Israel : "*La modélisation mathématique est une sonde conceptuelle que l'on plonge dans la réalité et non pas l'image mathématique de la nature.*"

C.W.

DANS LES REVUES

Pour la Science – Mars 1996 – Moisson de Jupiters par Jean Schneider. L'évolution des galaxies anciennes par Olivier Le Fèvre.

Avril 1996 – Sur l'enseignement des sciences, quatre contributions qui nous feront tous réfléchir, sur l'enseignement de la physique par Pierre-Gille de Gennes, sur l'enseignement de la chimie par Jean-Marie Lehn, pour une éducation scientifique nouvelle par Claude Allègre, sur l'enseignement des mathématiques par Jean-Christophe Yoccoz. (On se réjouit que quatre savants éminents aient pris un peu de leur temps pour nous donner leurs idées sur l'enseignement en général et celui de leur discipline en particulier. L'avis d'un biologiste manque au tableau. Mais, de toute façon, on a malheureusement l'impression que les meilleures intentions de ces savants ne créent pas un véritable mouvement de réflexion et d'action qui mobiliserait aussi bien des chercheurs que des praticiens de l'enseignement aux divers niveaux de la maternelle à l'université. Car il y a toujours le mirage des belles idées théoriques qui sont ensuite trahies dans la mise en pratique sur l'élève vivant. Nous ne nous méfions jamais assez de ces déclarations péremptoires – qui ont beaucoup de succès dans les media – surtout quand ceux qui les formulent n'ont aucune pratique de l'enseignement. Il faut au contraire se féliciter de l'initiative de **Pour la Science**; souhaiter qu'elle se renouvelle et qu'elle favorise la naissance et le développement d'un mouvement de réforme en profondeur comme celui que lança, vers 1930, la revue **L'Enseignement scientifique** et qui devait conduire plus tard à la Commission Langevin. – G.W.)

d'une heure à l'autre...

N.D.L.R. – Comme chaque année, le "changement d'heure" ou, comme on disait auparavant, "le passage à l'heure d'été" a provoqué dans la presse la publications d'avis variés et largement contradictoires. L'un des arguments le plus souvent avancé en faveur de l'heure d'été est l'économie d'énergie électrique que procure ce passage. Notre Collègue Victor Tryoën avait étudié la question en 1982 ; nous reprenons son article tel qu'il avait été publié dans le n°20 des CAHIERS CLAIRAUT, printemps 1983. Il a gardé toute sa valeur informative et pédagogique.

Heure d'hiver, heure d'été et économies d'énergie

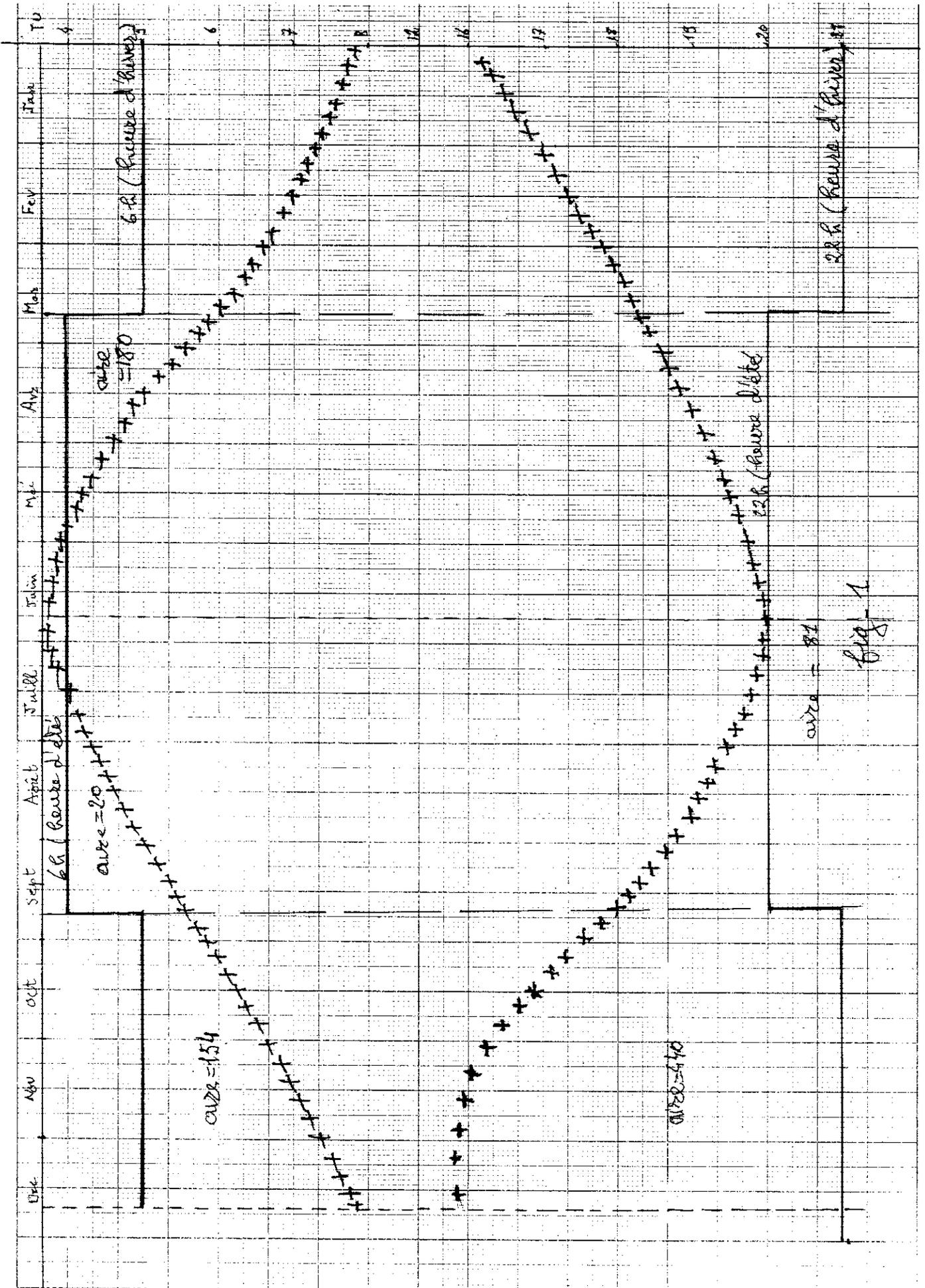
J'ai entrepris ce travail juste après le décalage d'une heure opéré en septembre (1982). Les médias l'ont bien sûr annoncé, mais, contrairement à l'habitude, ont donné des détails sur le gain d'énergie ainsi réalisé. Mais si ce gain est chiffré, on n'en trouve pas la démonstration ou l'explication. J'ai posé la question et personne n'a su me répondre de façon précise. On comprend bien que si on se lève une heure plus tard, on consomme moins d'électricité pour s'éclairer, en cette période de l'année où "les jours sont courts" ; mais on ajoute tout de suite que "puisqu'on se couche une heure plus tard", on dépensera le soir ce qu'on a économisé le matin. Ceci m'a amené à essayer de montrer qu'il y a vraiment économie, puis à la chiffrer. A remarquer que cette démarche est tout à fait conforme à "l'éveil scientifique" : résolution par la classe, et à son niveau, d'un problème posé par un élève, quelque fois par le maître, ou par un événement.

Ici, l'événement était le changement d'heure. C'est ce que je pratique assez souvent en club Astro "jeunes" et les événements à exploiter ne manquent pas : l'équinoxe, le solstice, une éclipse, etc.

Tout d'abord, il faut considérer la compétition entre l'éclairement naturel produit par le Soleil et l'éclairage artificiel (immeubles et voies publiques), ce qui nous amène à mettre en relations d'une part le lever et le coucher du Soleil, d'autre part le lever et le coucher des humains.

Pour le Soleil, le calendrier des Postes nous donne le renseignement en heures TU pour toute l'année, mais pour le lever et le coucher des humains... comme personne n'a encore songé à faire une loi là-dessus, il faut faire intervenir la notion de Français moyen, un adulte qui dort huit heures et veille seize heures ; il se lève à 6 heures et se couche à 22 heures (heure légitime, il y a quand même une loi !).

On est tout de suite frappé par la disproportion entre la matinée du Français moyen



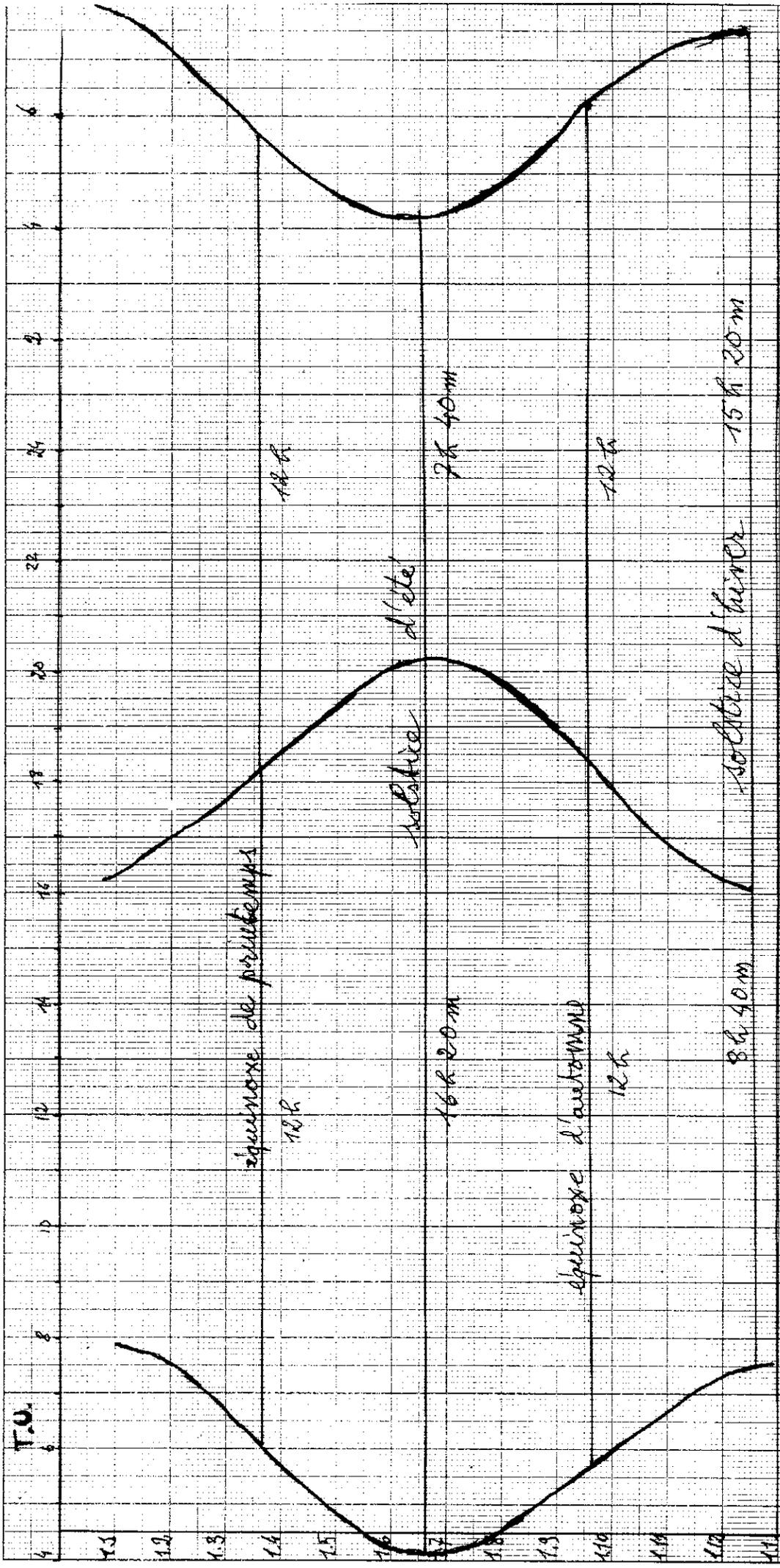


fig 3

(six heures avant midi) et sa "soirée" (dix heures après midi). Sa période d'activité n'est pas du tout centrée sur le midi légal : mi-di n'est pas le milieu du jour du Français moyen (ceci est indépendant du repère de temps choisi, heure TU, heure légale, heure de temps moyen local, ... puisqu'il s'agit de durées donc de différences entre des instants à condition que ces instants soient repérés dans le même référentiel).

Si on considère la journée d'un citadin et la journée de travail de huit heures, elle s'organise à peu près comme suit : de 8 h à 12 h et de 14 h à 18 h ce qui donne deux heures avant le travail, deux heures pour le repas de midi et quatre heures après le travail et correspondant éventuellement au loisir : le "temps libre" du citadin moyen a plutôt lieu le soir. L'activité rurale est peut-être plus symétrique par rapport au midi (lever 4 heures, coucher 20 heures) ce qui fait huit heures avant midi et huit heures après midi.

Ce que je viens de raconter n'est pas totalement hors sujet car c'est ce glissement de l'activité humaine par rapport à la présence du Soleil et de sa lumière que l'on essaie de supprimer ou de diminuer par un décalage d'une heure (TU + 1) l'hiver et de deux heures (TU + 2) l'été sur l'heure TU.

Si on trace sur la figure 1, une "verticale" passant par 6 heures TU et une autre verticale passant par 22 heures TU et si on hachure les périodes de recours à l'éclairage artificiel (entre le lever du Français moyens et le lever du Soleil, entre le coucher du Soleil et le coucher du Français moyen) on obtient une aire hachurée importante surtout pour le soir. L'aire hachurée correspond à une dépense d'énergie électrique consacrée à l'éclairage. Mais si on prend pour heure légale TU + 1 heure, la surface hachurée diminue car cette translation vers la gauche introduit une augmentation relativement faible de l'aire hachurée sur la partie gauche (le matin), et une faible augmentation de dépense d'énergie, et par contre une diminution importante de l'aire hachurée et donc de dépense d'énergie à droite. Dans la solution (b) (cf fig 2), l'éclairage solaire est utilisé plus longtemps.

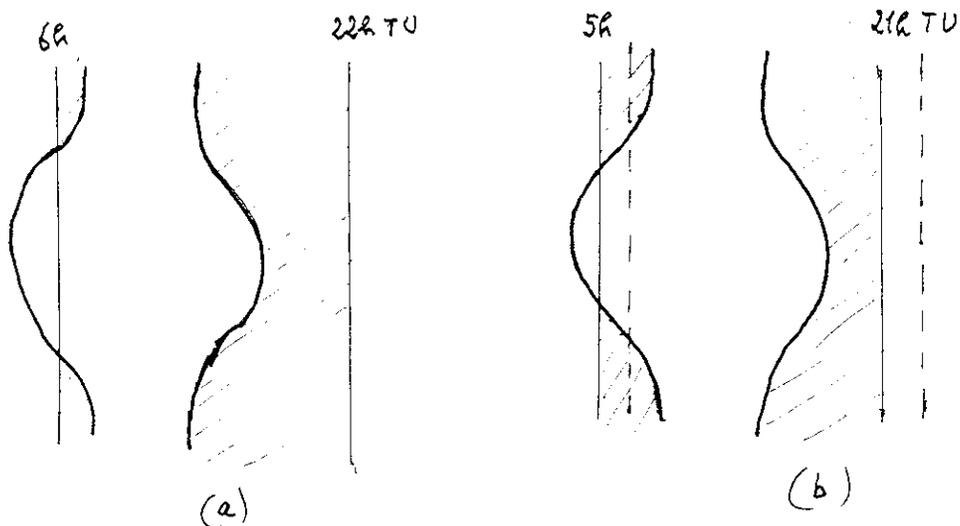


fig 2

Si maintenant on applique l'heure d'hiver (TU + 1) et l'heure d'été (TU + 2), la même

représentation graphique (fig 1) montre d'une façon très nette que l'on a essayé d'adapter la période d'activité humaine à la présence du Soleil au-dessus de l'horizon.

Poussé par mes camarades du club Astro, j'ai essayé de quantifier le gain d'énergie par la relation $E = k S$ (où E est égale à l'énergie électrique consacrée à l'éclairage artificiel et S est égale à l'aire hachurée). Nous avons donc compté les carreaux sur la feuille de papier : 88 carreaux gagnés le soir, 38 carreaux seulement perdus le matin, soit un gain de 44 carreaux. Puis nous avons évalué le gain relatif (ce qui élimine le coefficient de proportionnalité k). Nous avons compté les carreaux (en grisé sur la figure 1) si le changement d'heure n'était pas appliqué : 154 le matin, 440 le soir (à remarquer la disproportion entre ces énergies, d'un facteur voisin de 3) d'où le pourcentage de gain :

$$\frac{43}{154+440} \times 100 = 7\% \text{ de l'énergie consacrée à l'éclairage.}$$

On notera le changement d'échelle entre 8 h TU et 16 h TU qui a été utilisé pour faire entrer toutes les informations dans une feuille de format 21×29,7, ce qui donne une fausse idée de l'étendue de la période de "jour" et peut être un écueil pour de jeunes élèves. Une figure utilisant la même échelle tout au long de la journée montrerait que l'axe 12 heures TU n'est pas l'axe de symétrie de la figure, ce qui conduit à la notion de midi vrai et à celle d'équation du temps (différence entre midi vrai et midi moyen), à la correction de longitude près.

La figure 3 permettrait à des élèves de comparer les durées de la nuit et du "jour" et de trouver graphiquement les dates d'équinoxes et de solstices. J'avais pensé à l'enrouler sur un cylindre pour donner l'idée de cycle, par une hélice au pas de 24 heures, s'enroulant sur ce cylindre du 1^{er} janvier au 31 décembre, mais les comparaisons des durées du "jour" et de la nuit devenaient impossibles : si on regarde le "jour", on ne voit plus la nuit. (ceci me rappelle la réponse d'une petite fille à la question "peux-tu expliquer le jour et la nuit ?" elle répondit : "La Terre tourne et au bout d'un demi-tour, elle montre son derrière par devant et son devant par derrière").

Je pense que ce problème de changement d'heure est une illustration de l'intérêt évident du graphique comme expression d'un tableau de résultats.

Victor Tryoën

Professeur de physique à l'Ecole Normale de Douai

C.I.I.U.C.

ou commentaires inutiles et intempestifs d'un consommateur

- Ce 31 mars 1996 à 2 heures (heure légale en France soit TU + 1 h), les horloges, en France, ont été avancées d'une heure. D'où la question idiote ; que s'est-il passé à Colombes les Deux Horloges ce 31 mars 1996 à 3 h 30, heure légale ? Pour les historiens qui, dans l'avenir se pencheront sur cette année, découvriront-ils une sorte de trou de mémoire ?

- **Jusqu'au 14 juin 1916 à 23 h**, le temps légal en France était celui de son fuseau horaire, le fuseau zéro, celui de Greenwich, soit UTC comme on dit maintenant que j'abrège en TU. Innovation : du 14 juin 1916 au 1^{er} octobre 1916 l'heure légale fut TU + 1 h. A la page 49 du tome IV, *La Physique* de l'Encyclopédie Scientifique de l'Univers, éditée par le Bureau des Longitudes, on trouve la liste de tous les changements d'heure depuis cette date. J'y relève certains faits marquants :

Pour la première fois, le 4 mai 1941 à 23 h, l'heure légale en France devient TU + 2h et cela jusqu'au 5 octobre 1941.

Du 16 septembre 1945 à 1 h jusqu'au 28 mars 1976 à 24 h, l'heure légale fut TU + 1h.

Depuis ce 28 mars 1976, reprise du système des heures d'été qui entraînent chaque année deux changements d'heure, en principe au printemps et à l'automne.

- **Fuseaux 0 et + 1** - L'idée de transférer le territoire français du fuseau 0, où l'a placé la géographie, au fuseau + 1, où l'a conduit l'histoire, n'a rien à voir avec le système de l'heure d'été. On conçoit que pour beaucoup de déplacements en Europe, cet arrangement soit pratique. On semble s'y être bien habitué, même à Brest, mais à Strasbourg c'était beaucoup plus facile.

- **Les avantages de l'heure d'été** sont généralement évalués en économies d'énergie. Notre ami Victor Tryoën nous en a présenté la démonstration dès 1983 et les CAHIERS CLAIRAUT ont jugé intéressant de la reprendre pour les nouveaux lecteurs. A côté des avantages de l'heure d'été, il faudrait mettre en regard tous les inconvénients du double changement annuel de repère des temps.

J'ai souvenir, à ce sujet, de la lecture d'un rapport très sérieux établi par le Conseil Economique et Social après une enquête auprès de trois administrations spécialement concernées par le changement d'heure, l'EDF, la SNCF et l'Education Nationale. Chacune de ces administrations reconnaissait que le changement d'heure lui procurait plus de difficultés que d'avantages. Même l'EDF qui protestait qu'elle n'en était plus au temps du rationnement des kilowatts-heure. Et le rapport concluait pourtant : continuons à changer l'heure deux fois par an.

Je n'ai plus la référence exacte de ce rapport, ni le courage d'aller la rechercher dans la bibliothèque du CES. Mais je verse ce souvenir au dossier des citoyens qui militent pour que leur mi-di soit au milieu du jour.

G.W.

Calendrier

Question posée à tous les lecteurs des CAHIERS CLAIRAUT :

Que vous suggère la date suivante : 30 octobre 1996 à 14 h 13 min 20 s ?

Le 31 mars 1596, dans un village alors dénommé La Haye, naissance de René Descartes.

Le village est aujourd'hui simplement dénommé DESCARTES ; 37160 au code postal.

1696, voit la mort de Jean Richer, qui était né en 1630 et fut justement célèbre pour son expédition de Cayenne (1672 et 1673) au cours de laquelle, en coopération avec Cassini et Picard à Paris, il mesura la parallaxe de Mars (25" à l'opposition de la planète).

Le 23 septembre 1846, l'astronome Galle, à Berlin, observe pour la première fois Neptune et écrit ce jour même à Le Verrier : *Monsieur, la planète dont vous nous avez indiqué la position existe réellement.*

150 ans plus tard...

Le J.A.F. Journal des Astronomes Français, février 1996. Entre autres contributions, l'article de Bruno Sicardy sur les observations au Télescope Spatial Hubble (HST) des passages de la Terre et du Soleil dans le plan des anneaux de Saturne. L'équipe du DESPA de Meudon avait obtenu 8 orbites du HST pour le 10 août 1995 (la Terre dans le plan des anneaux) et 7 orbites du HST pour le 19 novembre 1995 (le Soleil dans le plan des anneaux). Situations favorables : le flux rayonné par les anneaux diminue et facilite la recherche des petits satellites masqués par l'éclat normal des anneaux ; en même temps, l'éclat résiduel des anneaux renseigne sur leur épaisseur. (Ce très bref résumé pour répondre partiellement à une question d'un lecteur des Cahiers).

Chronique du CLEA - Parmi nos lettres...

Un des privilèges du secrétariat du CLEA consiste à recevoir des lettres des lecteurs des CAHIERS CLAIRAUT ou des animateurs des stages d'astronomie organisés dans les diverses académies. Ce qui permet de ressentir une impression réconfortante, on se dit "il se passe quelque chose dans notre enseignement". Heureux contraste avec ce que nous fait penser la grande presse qui donne évidemment la priorité aux avis ou réflexions des grandes commissions officielles ou des personnalités dont la compétence est indéniable mais qui vivent généralement très loin des classes où garçons et filles de huit à seize ans découvrent les trésors de l'algèbre ou apprennent à définir un mouvement en précisant bien le référentiel adopté. Au secrétariat du CLEA, arrivent des échos d'une vie enseignante au niveau où les vrais problèmes se posent. D'où ces extraits de quelques lettres récentes.

De Jean-Paul Rosenstiehl, professeur au lycée Montesquieu du Mans, d'une lettre du 7 avril 1996 :

"Semaines fastes pour les observations astronomiques et leur valorisation... La comète Hyakutaké, l'éclipse totale de Lune du 3 avril et, le même jour, au Prytanée de La Flèche, la journée académique de l'UdP de Nantes.

Pour la comète, j'ai réalisé des diapositives plusieurs jours de suite et quelquefois dans la même soirée plusieurs clichés montrent le déplacement apparent très rapide de cette comète (voir la lettre ci-jointe d'un ancien élève).

Eclipse de Lune, nous l'avons filmée au camescope avec Claudette et un collègue ex-stagiaire ; j'ai passé le film de lendemain (avec les yeux un peu rougis) à mes élèves et le calcul classique de la distance Terre-Lune a été évoqué ainsi que quelques éléments historiques sur les enseignements fournis par la Lune.

La journée UdP de La Flèche a été organisée en anticipation du futur colloque à l'occasion du 400^{ème} anniversaire de la naissance de Descartes, élève de cet établissement, alors collègue de jésuites, en 1604 et 1612, période faste... A cette occasion j'ai présenté les réalisations pédagogiques du CLEA et ma disquette "Héliocentrisme et Géocentrisme" qui a eu beaucoup de succès

De la lettre de Yvon Sotais, ancien élève de Jean-Paul :

"J'ai été très ému de voir les diapositives que vous avez réalisées le 25 mars sur la comète de Hyakutaké. C'est la première fois que je voyais une comète sur des diapos. Je n'ai pas eu la chance de voir moi-même la comète et, mieux qu'une photo, la diapositive permet d'imaginer le spectacle. A l'Ecole Supérieure d'Optique où je suis élève de 2^{ème} année, la comète est le sujet de toutes les conversations. M. Sabater, enseignant à SupOptique et passionné d'astronomie, nous en a touché quelques mots d'une voix émue, lui aussi. Malheureusement, bien que j'en ai suggéré l'idée, aucun cours d'astronomie n'est assuré à SupOptique... Très curieux d'optique instrumentale, je serais très intéressé par l'astronomie..."

De Madame Denise Tournier, professeur au lycée Guez de Balzac à Angoulême, d'une lettre du 25 avril 1996 :

"C'est avec grand plaisir que nous vous adressons le résultat de la mesure du rayon de la Terre réalisé le 2 avril 1996 par la classe de Première S1 de notre lycée."

L'expérience a été menée en coopération avec le Lycée Cabral de Ségou au Sénégal. Ce beau travail scientifique est plus important par tout ce qu'il implique dans la méthode de réalisation que pour son résultat - ici 6072 km soit une différence de 5% avec la valeur généralement admise 6378 km.

D'un maniaque anonyme, maniaque du calendrier et en particulier des centaines :

1596 - année de naissance de Descartes (Jean-Paul, ci-dessus, nous parlait d'un colloque prochain sur ce grand savant. Les CAHIERS CLAIRAUT devraient trouver un moyen de célébrer quelque chose comme "Descartes et l'astronomie").

1696 - Leibniz invente son calcul des propositions logiques.

1796 - L'année où Laplace publie son Exposition du système du monde.

1896 - Jacques Hadamard et Charles de la Vallée Poussin appellent $\Pi(x)$ le nombre de nombres premiers inférieurs ou égaux au nombre entier x et ils démontrent que le rapport de $\Pi(x)$ au quotient $x/\log x$ tend vers 1 quand x augmente indéfiniment.

Les publications du C.L.E.A.

Les fiches d'activités pédagogiques du CLEA

Numéros hors série des **Cahiers Clairaut** par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA.

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS2. La Lune niveau collège 1 (60F- 68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS4. Astronomie en Quatrième (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS5. Gravitation et lumière, niveau Terminale (75F-83F) (65F-73F pour les abonnés)
- HS6. L'âge de la Nébuleuse du Crabe (avec 4 diapositives et 12 jeux de deux photographies ; niveau lycée) (100F-110F)(90F-100F pour les abonnés)
- HS7. Etude du spectre du Soleil (50F-58F) (42F-50F pour les abonnés)

Documents pour les fiches CLEA-BELIN

- DCB. 10 exemplaires 40F (35F pour les abonnés)
- 20 exemplaires 65 F (60 F pour les abonnés)

Transparents animés pour rétroprojecteur

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

Diapositives (Séries de 20 vues+livret de commentaires)(60F-65F)(50F-55F pour abonnés)

- D1. Phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars
- D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F-35F)
- D7. Taches solaires et rotation du Soleil

Filtres colorés et réseaux

FCR. Six feuilles de filtres colorés et une feuille de réseaux (65F) (55F pour les abonnés)

Le Cinéciel

CIN. Une sphère armillaire à monter, en kit (100F)

Cours photocopiés d'Astrophysique (M3.C4 de l'Université Paris XI-Orsay)

- CI. Astrophysique générale
 - CII. Mécanismes de rayonnement en astrophysique
 - CIII. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire
 - CIV. La structure interne des étoiles
 - CV. Relativité et cosmologie
 - CS. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil
- chaque fascicule : 30 F, 35 F

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

Le C.L.E.A. et Les Cahiers Clairaut

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1996 :

Cotisation simple au CLEA pour 1996	30 F
Abonnement simple aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n° 73 à 76	120 F
Abonnement aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n°73 à 76 ET cotisation au CLEA pour 1996	150 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des <i>Cahiers Clairaut</i> (port compris)	40 F

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

COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

CI. Collection complète du n° 1 au N°72 (1100 F- 1200 F)

C88. C89. Collections 1988 ou 1989 (chaque 80 F - 90 F)

C90. à C95. (chaque 90 F- 100 F)

N-B. Comme pour toutes les publications le deuxième prix est celui qui correspond au tarif port compris

Adresser inscriptions, abonnements ou commandes au secrétaire du CLEA

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

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

Autres publications diffusées par le CLEA

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAÎTRES EN ASTRONOMIE

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

PUBLICATION DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

LSO. Catalogue des étoiles les plus brillantes : toutes les données disponibles du Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Commande à adresser au service librairie du Planétarium de Strasbourg

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Dépot légal 1er trimestre 1979

Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

Numéro d'inscripton CPPAP 61660