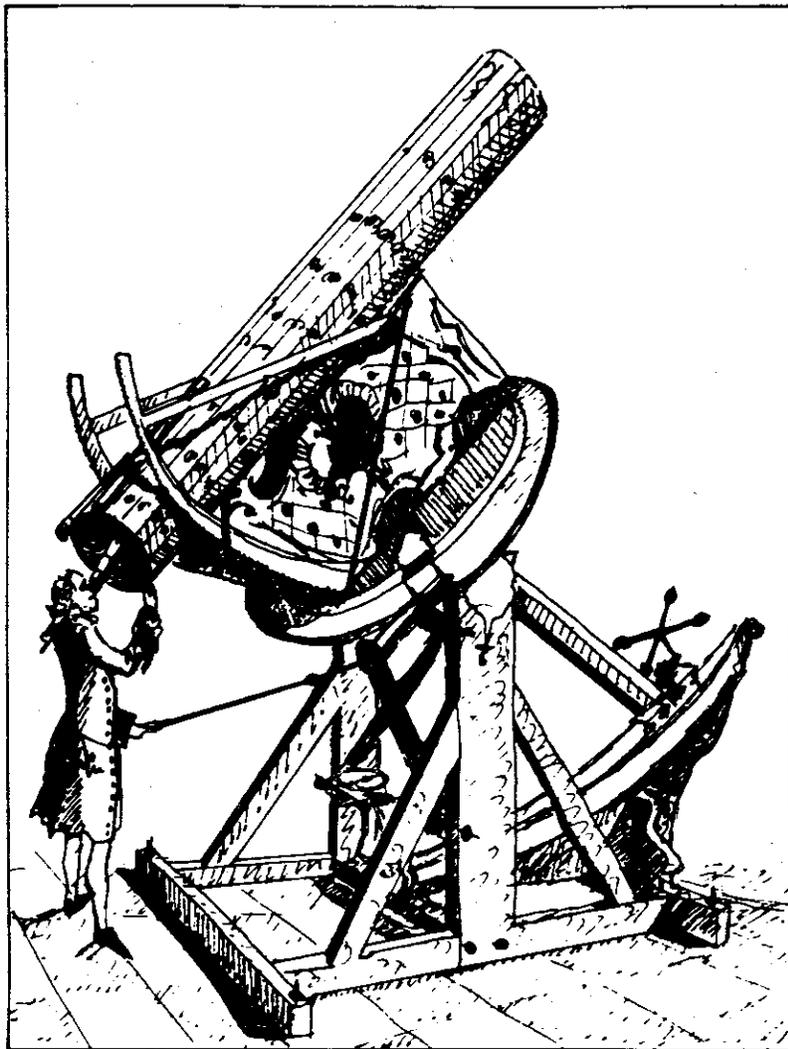


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°30 - automne 1985

LES CAHIERS CLAIRAUT

n° 30 Automne 1985

Sphère armillaire3
Eclipse de nuit12
Astronomie et mécanique en 3ème13
En attendant son retour (suite et fin)16
Mizarreries20
Les potins de la Voie Lactée: du nouveau sur les mirages gravitationnels21
L'astronomie et le philosophe (suite et fin)22
Compte rendu de l'Université d'été 198428
Lectures pour la Marquise29
Chronique du CLEA32
Les écoles d'été en 198533
A propos de la durée du crépuscule34
Des plans pour la comète (suite et fin)37
Courrier des lecteurs43
Astronomie et philosophie: VIII Le problème du temps et de la vie46
A propos du quasar triple: annonce aux amateurs48

EDITORIAL

L'un des objectifs du CLEA est d'encourager le dialogue entre nous, astronomes et enseignants, autour de l'astronomie. Les CC sont le moyen le plus évident de ce dialogue, et la rédaction se réjouit toujours de recevoir des articles, des informations ou simplement des demandes de la part de ses lecteurs. Un grand merci à Jean Ripert pour cette nouvelle expérience simple d'astronomie, directement liée au programme de la classe de 3ème. Un appel à ceux d'entre vous qui ont des expériences concernant l'école élémentaire ...

Le dialogue entre nous se fait aussi par l'intermédiaire de vos lettres, de vos demandes de renseignements, de prêts ou de dons de documents (photos, films, maquettes, textes photocopiés) à l'occasion de l'organisation de stages régionaux ou même parfois de PAE ou de démarrage d'un club. Ce sont vos cotisations (voilà leur utilité et leur emploi, cf. p. 32!) qui nous permettent de financer très modestement ces envois et l'achat des documents prêtés ou donnés. Les stagiaires de Formiguères 1985, sous l'animation de Claude Piguet, ont construit une grande sphère armillaire en plexiglas, qui se prête bien à la démonstration devant un groupe d'une trentaine de personnes. Elle est actuellement en prêt dans l'académie de Nice. Les maquettes de la comète de Halley construites en 1984 sont disponibles à Orsay. Bien sûr, leur transport n'est pas facile! Nous espérons pouvoir bientôt vous prêter le stellarium mobile dont nous envisageons l'achat...

A suivre !

La Rédaction

FICHE D'ADHESION AU CLEA (1985) ET D'ABONNEMENT AUX CAHIERS CLAIRAUT

Nom (en caractères d'imprimerie)

Adresse

- renouvelle sa cotisation au CLEA
se réabonne aux Cahiers Clairaut (n° 29 à 32)
désire recevoir la collection complète des numéros parus (n°1 à 28) (prix:250f)
désire adhérer au CLEA
s'abonne aux Cahiers Clairaut (n° 29 à 32)

tarifs: {cotisation seule: 25f; abonnement seul (n°29 à 32) 50f (soutien 75f)
abonnement et cotisation: 70f (soutien: 100f)

LIBELLER LES CHEQUES A L'ORDRE DU CLEA

Retourner la commande à: G. Walusinski, 26 Bérengère 92210 SAINT-CLOUD.

UNE SPHERE ARMILLAIRE

1 Matériel

Une sphère de polystyrène de 12 cm de diamètre

Du carton assez fin (0,8 à 1 mm)

Deux épingles

De la colle, du ruban adhésif

remarque : La sphère de polystyrène peut être remplacée par toute autre sphère, mais on devra adapter les côtes des différentes pièces.

2 Plan de découpe

Il est donné sur la figure 1 à l'échelle $\frac{1}{2}$.

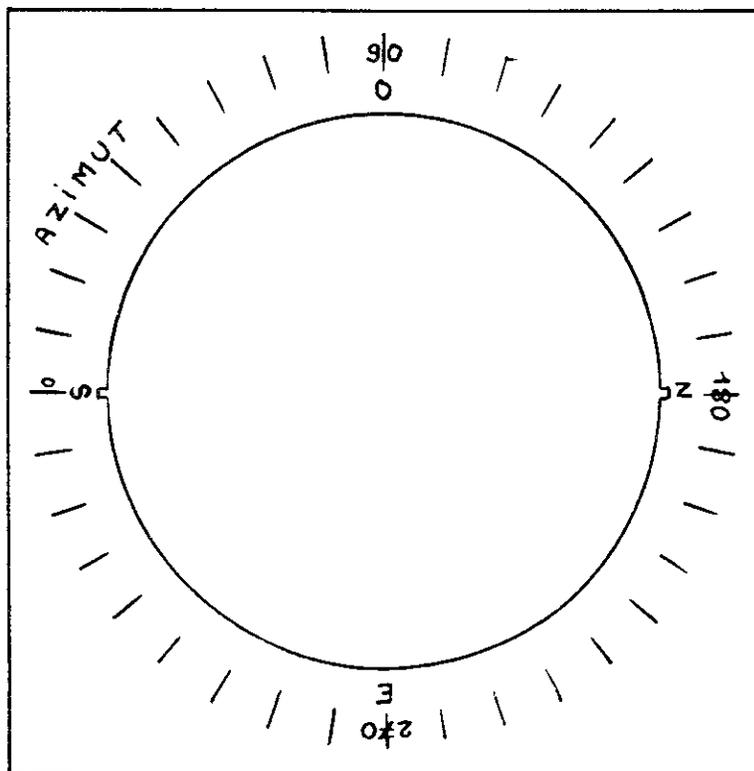
L'épaisseur du carton est notée e.

Les parties à conserver sont couvertes de "fleurs" :



3 Les coordonnées locales

3-1 le plan horizontal et l'azimut



Coller ① sur ②
Graduer ① de 10° en 10°
(figure 9), à partir de
la ligne Nord-Sud maté-
rialisée par les encoches,
dans le sens rétrograde et
à 1 cm du bord du cercle.
Ecrire Sud (0°), Ouest(90°),
Nord (180°) et Est (270°).

figure 2

3-2 le socle

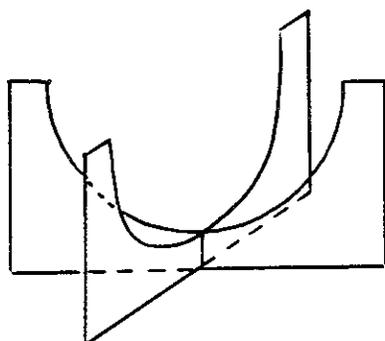


figure 3

Coller (5) sur (6) .

Coller (7) en "sandwich" entre (3) et (4) .

Enfiler l'une dans l'autre les encoches des deux pièces obtenues (figure 3).

A l'aide de ruban adhésif par exemple, fixer le plan horizontal sur le socle en plaçant la ligne Nord-Sud dans le même plan que la rainure formée par (7) .

3-3 le plan vertical et la hauteur

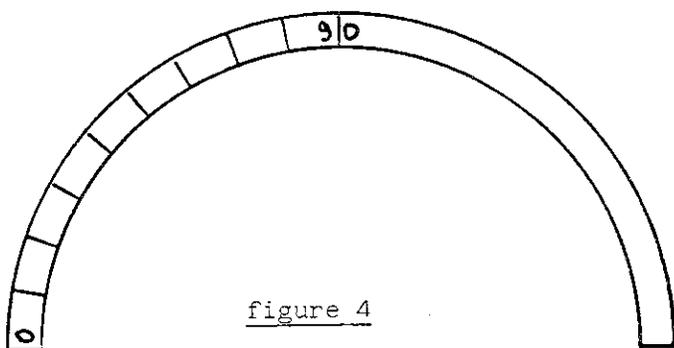


figure 4

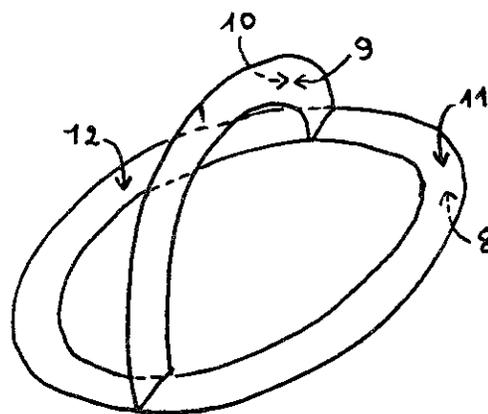


figure 5

Coller (9) sur (10) . Graduer ce demi-cercle tous les 10° (figure 9), depuis 0° (sur le plan horizontal) jusqu'à 90° (au zénith), comme l'indique la figure 4. Coller (11) et (12) sur (8) en ménageant entre (11) et (12) deux petites fentes (de largeur $2e$) pour fixer le vertical perpendiculairement au plan de (8) (figure 5). L'ensemble se pose sur le plan horizontal.

4 Les coordonnées horaires

4-1 le méridien local et la déclinaison

Sur une face de (13) coller (14) et (15) en ménageant deux petites fentes (de largeur $2e$) pour placer le plan équatorial. Sur l'autre face de (13) coller (16) et (17) en ménageant une petite fente coïncidant avec la précédente.

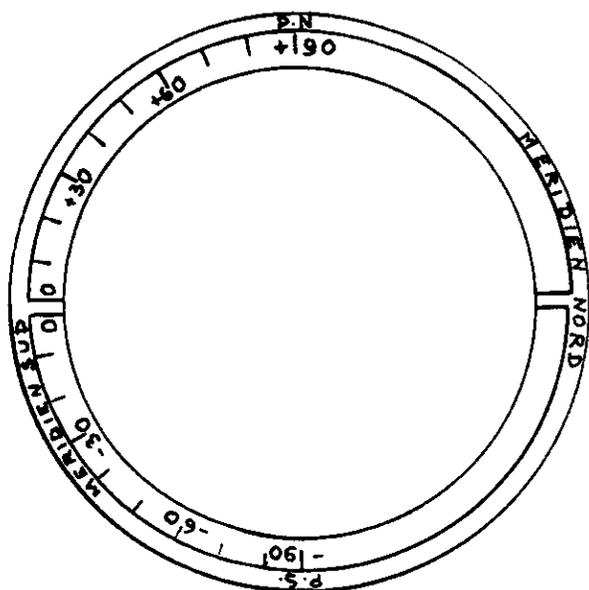


figure 6

Ecrire 0° au niveau de l'une des fentes.
Graduer tous les 10° (figure 9) de 0 à +90° (pôle Nord) et de 0 à -90° (pôle Sud) comme l'indique la figure 6.
Le demi cercle ainsi gradué constitue le méridien local SUD et permet de mesurer la déclinaison

4-2 le plan équatorial et l'angle horaire

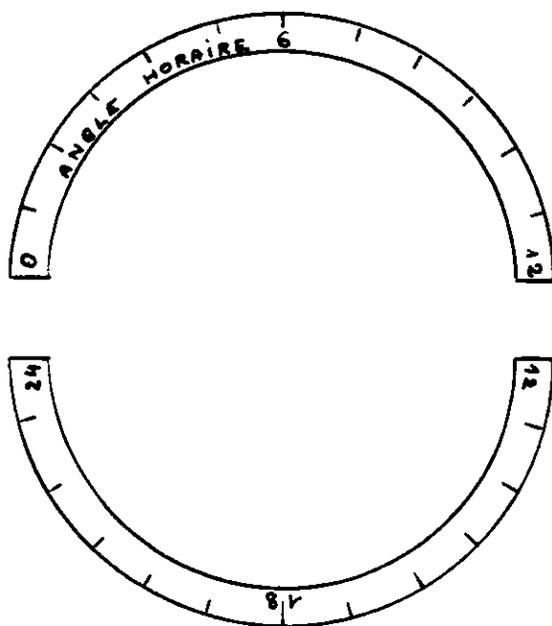


figure 7

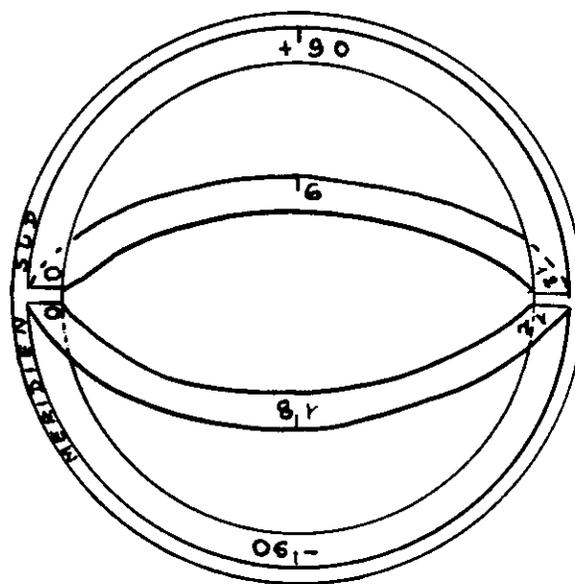


figure 8

Coller (18) sur (19) et (20) sur (21). Graduer ces deux demi-cercles en heures (figure 10) dans le sens rétrograde, l'un de 0 h (Sud) à 12 h (Nord), l'autre de 12 h à 24 h, comme l'indique la figure 7.

Ces deux demi-couronnes devront être fixées perpendiculairement au méridien local, au niveau des fentes, la face graduée du côté du pôle Nord (figure 8).

MAIS IL FAUDRA D'ABORD PLACER LA SPHERE DES FIXES.

5 La sphère des fixes

5-1 l'axe du monde

Dans l'épaisseur du carton de la pièce (13) (méridien local), planter deux épingles, l'une à $+90^\circ$ (pôle Nord) et l'autre à -90° (pôle Sud). Déterminer le mieux possible deux points diamétralement opposés sur la sphère de polystyrène. Planter les deux épingles en ces deux points de la sphère. Vérifier qu'elle tourne bien. Fixer l'équateur céleste comme il est dit précédemment (figure 8).

5-2 l'ascension droite

Cette graduation est à faire sur la sphère des fixes. On peut par exemple maintenir la sphère immobile par rapport à l'équateur céleste et reporter sur la sphère la graduation tous les 15° en angle horaire. Choisir l'une de ces graduations comme point γ (0 h); graduer en heures dans le sens direct, l'axe des pôles étant orienté du Sud vers le Nord.

5-3 quelques constellations et étoiles brillantes

Le tableau 3 donne les ascensions droites et les déclinaisons d'un certain nombre d'étoiles et de constellations. Il permet donc de les représenter sur la sphère des fixes.

5-4 l'écliptique et les constellations du zodiaque

Le tableau 1 permet de représenter sur la sphère des fixes les positions occupées par le Soleil au cours de l'année. La courbe obtenue est l'écliptique. Les constellations traversées par le Soleil sont les constellations du zodiaque. Leurs limites approximatives sont données dans le tableau 2. Elles peuvent être représentées sur la sphère.

6 Utilisation

Placer la partie saillante du méridien local dans la rainure du socle (entre (3) et (4)), en ayant soin de régler la latitude choisie :

- au pôle, l'axe des pôles est vertical
- à l'équateur, l'axe des pôles est horizontal
- à la latitude $+49^\circ$ par exemple le pôle Nord a une hauteur de 49° et est dans la direction du Nord.

La sphère armillaire ainsi réalisée matérialise les différents systèmes de coordonnées (locales, horaires, équatoriales). Comme une carte celeste mobile, elle permet de déterminer les heures de lever et de coucher du Soleil et des étoiles. Elle indique la direction d'une étoile un jour donné, à une heure donnée. Elle est nettement plus encombrante, mais est réglable en latitude.

Béatrice Sandré

tableau 1 : coordonnées équatoriales du Soleil le premier de chaque mois

Janvier	18h 45	- 23°
Février	21h	- 17°
Mars	22h 45	- 8°
Avril	0h 45	+ 4°
Mai	2h 30	+ 15°
Juin	4h 30	+ 22°
Juillet	6h 30	+ 23°
Août	8h 45	+ 18°
Septembre	10h 45	+ 8°
Octobre	12h 30	- 3°
Novembre	14h 30	- 14°
Décembre	16h 30	- 22°

tableau 2 : les constellations du zodiaque

poissons	23h 50
belier	1h 50
taureau	3h 20
gémeaux	6h
cancer	8h
lion	9h 20
vierge	11h 50
balance	14h 15
scorpion	16h
serpenteaire	16h 15
sagittaire	18 h
capricorne	20h
verseau	22h
	23h 50

tableau 3 : principales constellations

Cassiopée

0h 8mn	+ 59°
0 39	+ 56
0 55	+ 61
1 24	+ 60
1 52	+ 64

Croix du Sud

12h 13mn	- 58°
12 24	- 63
12 29	- 57
12 45	- 59

Hydre mâle

0h 23mn	- 78°
1 57	- 62
3 48	- 74

Petite Ourse

2h 9mn	+ 89° polaire
14 51	+ 74
15 21	+ 72
15 44	+ 78
16 18	+ 76
16 48	+ 82
17 48	+ 87

Orion

5h 13mn	- 8° rigel
5 24	+ 6
5 31	0
5 34	- 6
5 35	- 1
5 38	- 2
5 47	- 10
5 54	+ 7 bételgeuse

Cygne

19h 30mn	+ 28°
19 44	+ 45
20 21	+ 40
20 41	+ 45 déneb
20 45	+ 34

Grande Ourse

11h 0mn	+ 56°
11 2	+ 62
11 53	+ 54
12 13	+ 57
12 53	+ 56
13 23	+ 55
13 47	+ 49

Pégase

23h 3mn	+ 28°
23 4	+ 15
0 7	+ 29
0 12	+ 15

Quelques étoiles brillantes

1h 37mn	- 57°	achernar	13h 24mn	- 11°	l'épi
4 35	+ 16	aldébaran	14 0	- 60	agna
5 15	+ 46	capella	14 15	+ 19	arcturus
6 24	- 53	canopus	14 36	- 60	proxima du centaure
6 44	- 17	sirius	16 28	- 26	antarès
7 38	+ 5	procyon	18 36	+ 39	véga
			19 50	+ 9	altaïr

figure 9 : graduations tous les 10°

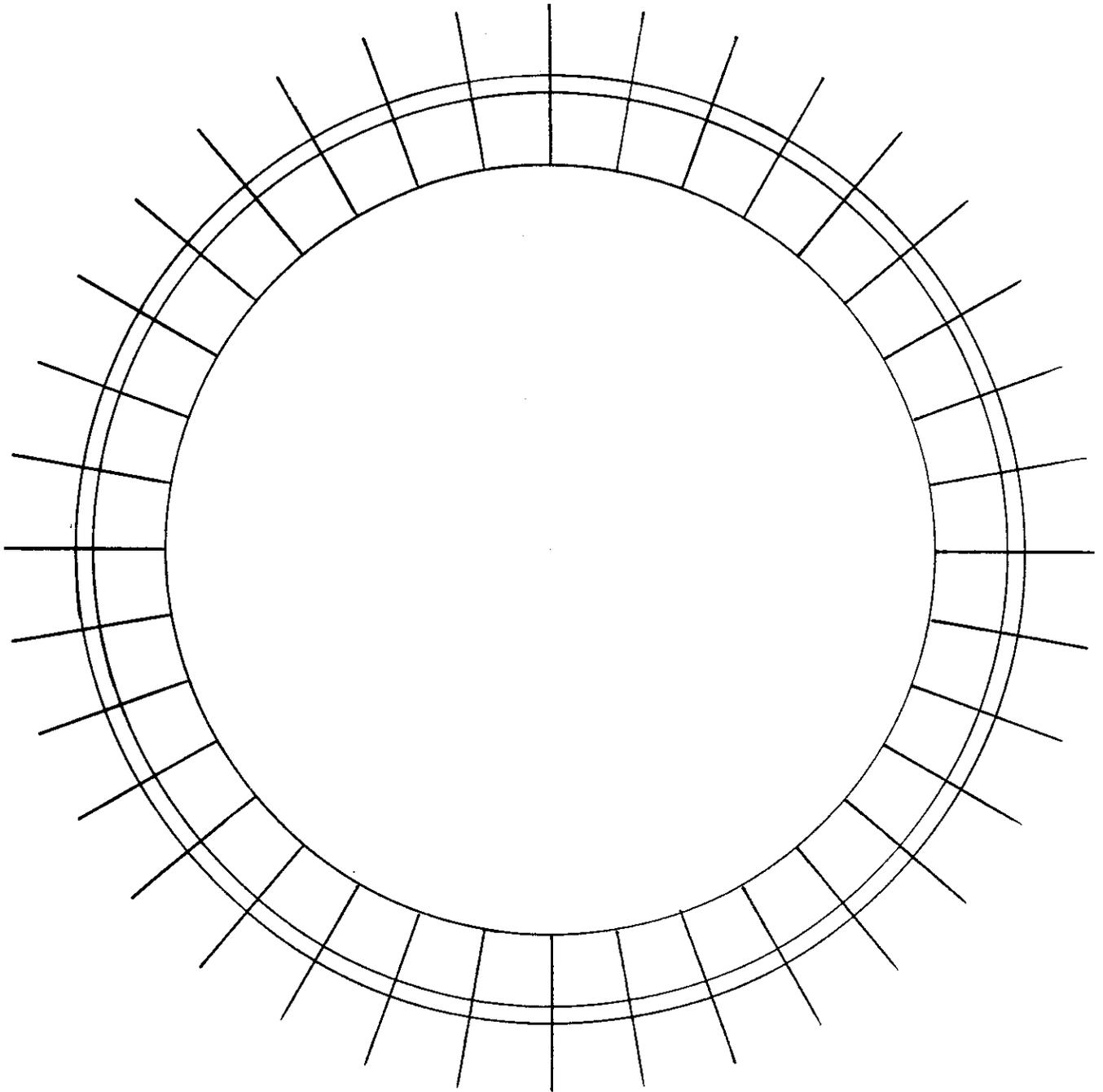
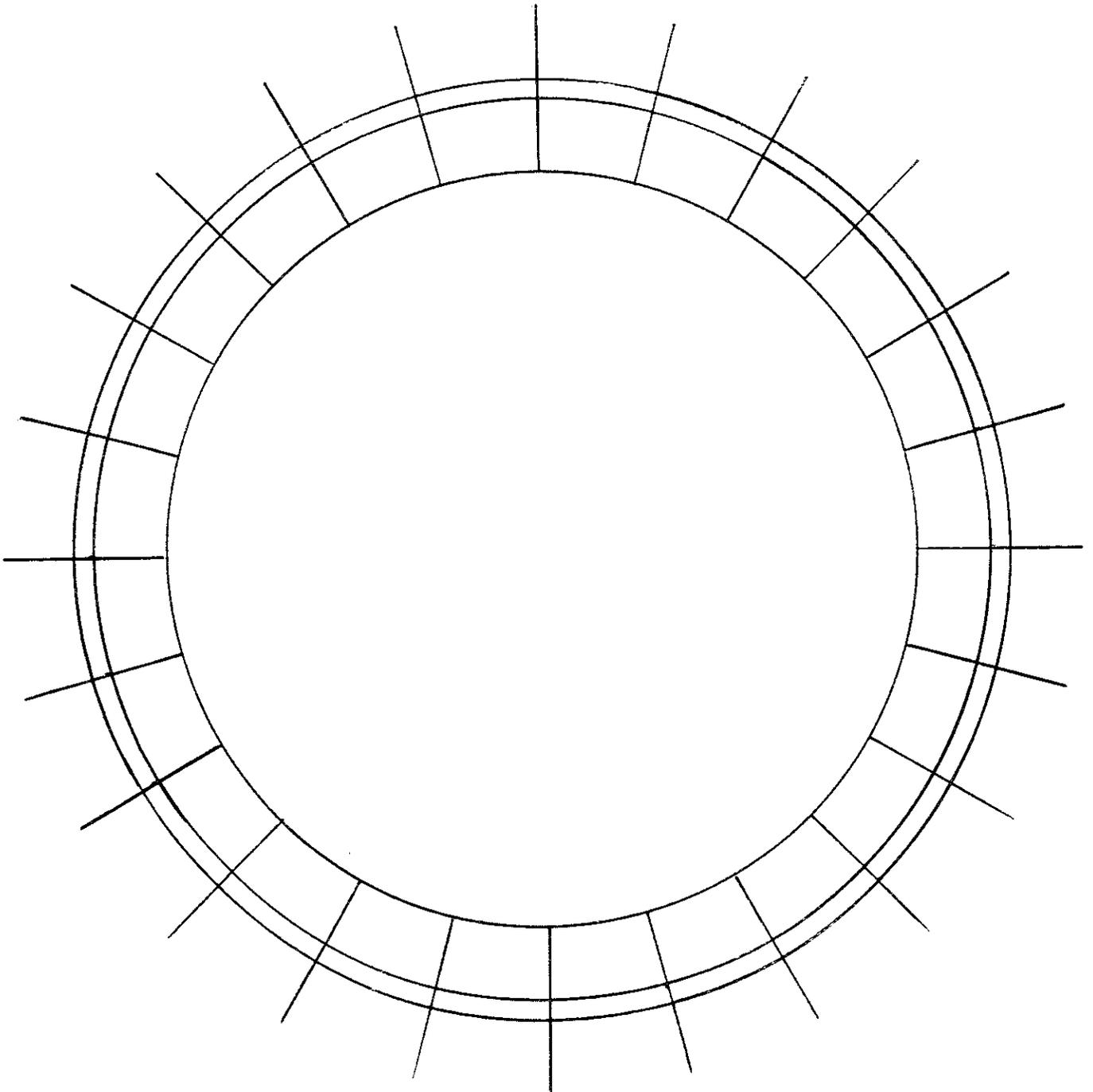


figure 10 : graduations en heures (1 h = 15°)



SPHERE ARMILLAIRE : plan de découpe¹¹ (conserver les parties "à fleurs")

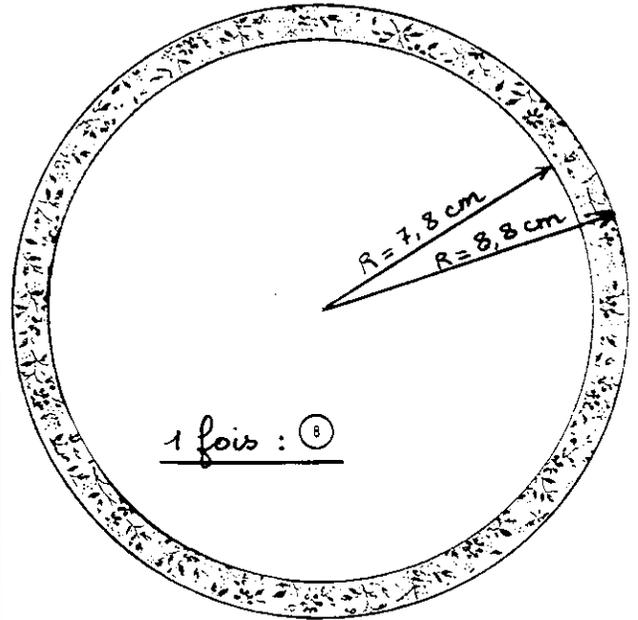
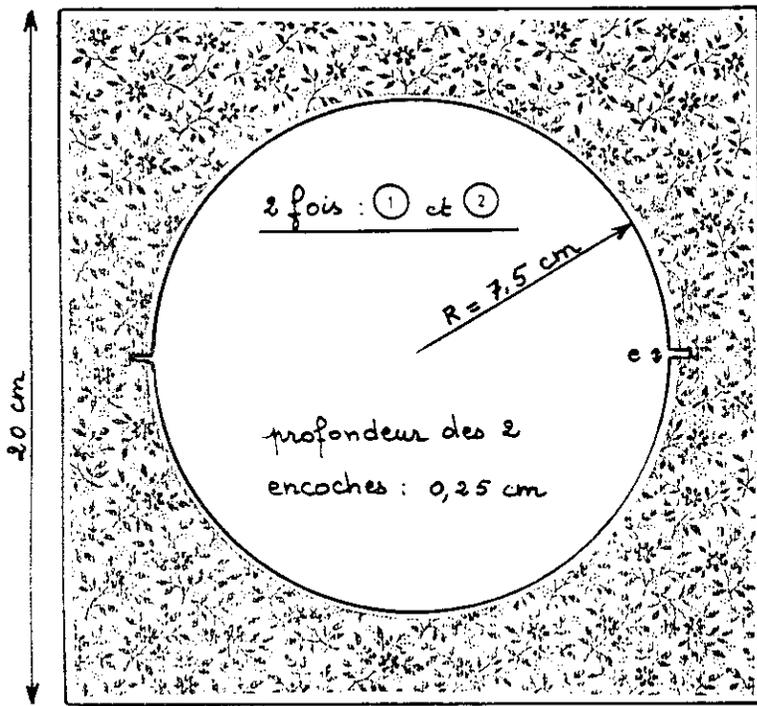
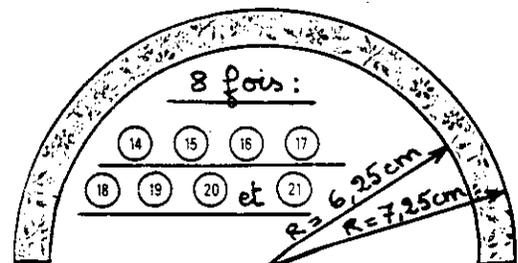
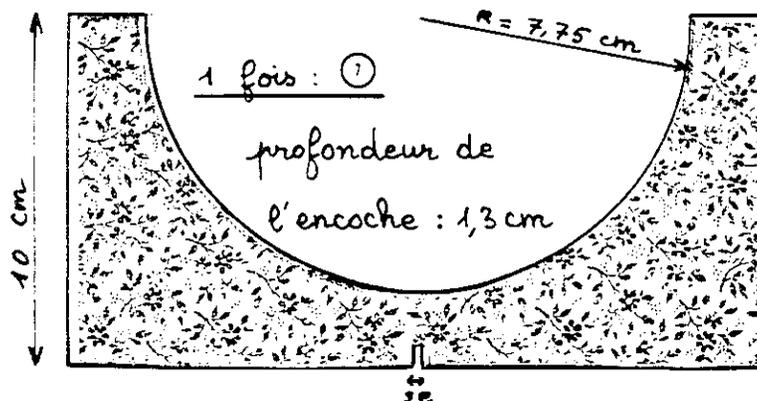
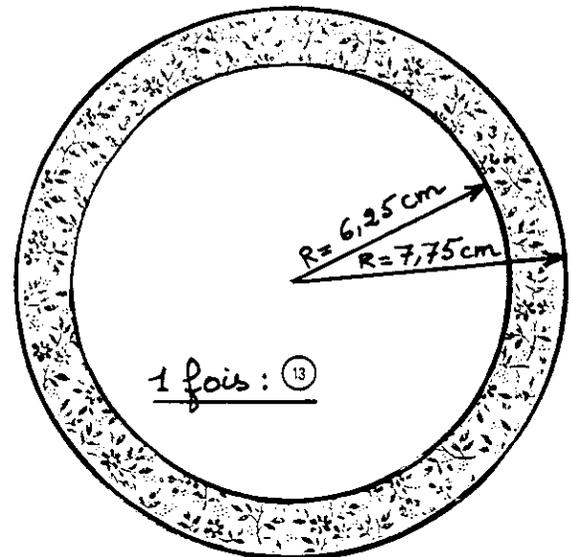
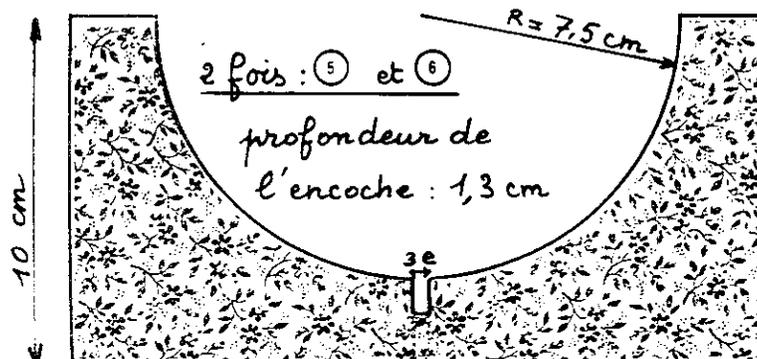
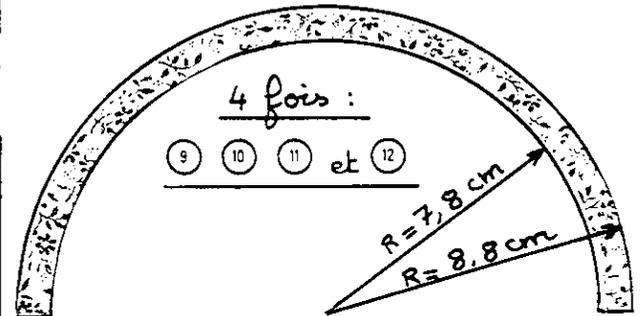
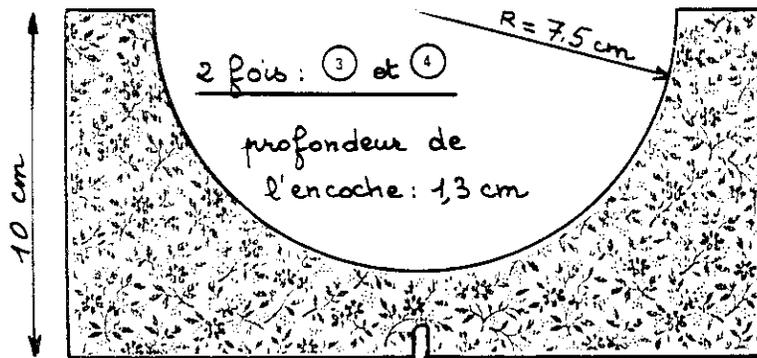


figure 1



COMMENT, DE NUIT, OBSERVER UNE ECLIPSE DE SOLEIL ?
??

Question difficile ou incongrue ? Tout le monde sait quand il y a éclipse de Soleil pour un observateur terrestre : lorsque la Lune, en conjonction avec le Soleil s'interpose entre lui observateur et lui Soleil. Autrement dit, l'observation de l'éclipse commence dès le lever du Soleil, ou bien est faisable avant le coucher du Soleil ou bien, circonstance plus favorable, a lieu au cours de la journée. La question posée serait donc saugrenue et la réponse facile: la nuit, on ne peut pas observer une éclipse de Soleil.

Il semble pourtant que la question mérite examen car deux savants dont personne ne peut nier la profondeur de la pensée se la sont posée. Oui, Einstein lui-même et Planck en personne.

Pour comprendre comment de tels savants ont pu se poser cette question, faisons un petit détour chez Galilée. Dans son "Dialogue sur les deux plus grands systèmes du Monde" (1632), il analyse longuement l'expérience qui consiste à faire tomber un boulet du haut d'un mât d'un navire en mouvement rectiligne et uniforme. Mais avait-il réellement fait l'expérience ou s'était-il contenté, selon l'expression de Ernst Mach, d'une "expérience par la pensée"?

Dans une lettre à Ingoli, Galilée s'explique : "Dans cette circonstance j'ai été deux fois meilleur philosophe qu'eux (eux, ce sont ses adversaires de l'époque, les aristotéliens attendus) qui, à l'erreur, ont encore ajouté le mensonge en prétendant avoir vu l'expérience: car moi j'ai fait l'expérience avant qu'on le raisonnement naturel m'avait fermement convaincu que l'effet devait s'ensuivre, comme il s'ensuit réellement."

Venons-en, après ce détour florentin, aux éclipses de Soleil. La Relativité Générale avait conduit Einstein à prévoir que la lumière était déviée au voisinage d'un champ gravitationnel important comme, par exemple, celui du Soleil. D'où l'idée de l'expérience suivante qui, je vous l'accorde, n'a pas un rapport immédiat avec celle du boulet lâché du haut d'un mât: photographier les champ des étoiles au voisinage du Soleil éclipsé et photographier le même champ stellaire six mois auparavant ; en comparant les positions des mêmes étoiles sur les deux photos, on pourrait mesurer cette déviation. Le résultat observé, de l'ordre de 2" n'était pas tellement différent de la valeur 1,75 calculée par Einstein. Pour plus de détails sur le phénomène et l'expérience, reportez-vous au livre de J-C. Pecker "Sous l'étoile Soleil", p.320.

L'observation a été effectuée par Eddington lors de l'éclipse du 29 mai 1919. Une bonne fortune, le Soleil se trouvait alors dans le champ d'étoiles brillantes des Hyades. On relira tous les détails de l'observation dans le classique "Space, time and gravitation" d'Arthur Eddington (P.113-122). Une première équipe s'installa à Sobral au Nord-Brésil, la seconde à l'île de Principe, dans le Golfe de Guinée.

Et nos deux savants, Einstein et Planck, que faisaient-ils pendant ce temps là ? Einstein nous en donne une idée dans ce qu'il écrit à propos de son éminent collègue : "Planck était un des êtres les plus intelligents que j'ai jamais connus, mais... Pendant l'éclipse de 1919, il est resté debout toute la nuit pour voir si elle allait confirmer la déviation de la lumière dans le champ gravitationnel du Soleil. S'il avait vraiment compris la façon dont la théorie de la Relativité Générale explique l'équivalence de la masse inerte et de la masse gravitationnelle, il serait allé se coucher comme moi."

Nous avons donc, par Einstein la réponse définitive à la question posée en tête : pour observer une éclipse de Soleil durant la nuit, pas besoin de voyager à grands frais avec un gros matériel, il suffit de l'observer par la pensée.

K.Mizar

* * * * *

PUBLICITE POUR LE CLEA...

Si vous voulez nous aider à faire connaître le CLEA, nous pouvons vous faire parvenir des tracts "Qu'est-ce que le CLEA ?" ainsi que des affiches; précisez-nous le nombre d'exemplaires que vous souhaitez.

ASTRONOMIE ET MECANIQUE EN 3^{ème}.

RELATIVITE DU MOUVEMENT - RETROGRADATION DE MARS.

Le déplacement des planètes peut être utilisé pour montrer la relativité du mouvement suivant le repère choisi.

Fiche élève:

NOM:

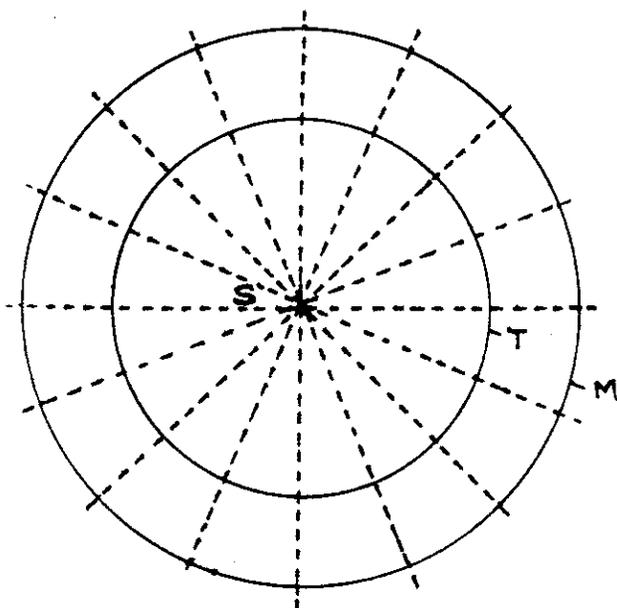
PRENOM:

CLASSE:

IMPORTANSE DU CHOIX DU REPERE

Exemple: déplacement des planètes. Les planètes Terre (T) et Mars (M) se déplacent autour du Soleil (S) sur des orbites qui sont pratiquement des cercles à l'échelle choisie: $1\text{cm} \hat{=} 6.10^7\text{km}$ (le rayon de l'orbite de Mars varie de 3,74 à 3,75 cm). Autour de S, ces planètes tournent dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre, si on regarde le système solaire en étant placé au dessus du pôle Nord du Soleil).

	Distance moyenne au Soleil		Période de révolution en année
	en 10^6 km	en U.A.	
TERRE	149,6	1	1
MARS	227,9	$1,524 \approx 1,5$	$1,9 \approx 2$



Nous allons successivement rechercher:

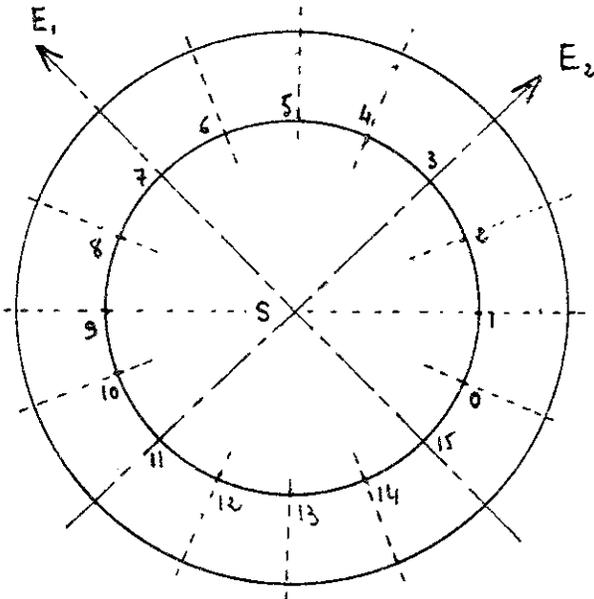
- 1) la nature du mouvement de la Terre en prenant le centre du Soleil comme origine du repère.
- 2) la nature du mouvement du Soleil en prenant le centre de la Terre comme origine du repère.
- 3) la nature du mouvement de Mars en prenant le centre du Soleil comme origine du repère.
- 4) la nature du mouvement de Mars en prenant le centre de la Terre comme origine du repère.

On choisit de repérer les positions de la Terre et de Mars, arbitrairement tous les $365/16$ jours (pointillés).

Choix du repère: l'origine étant le Soleil, nous allons choisir 2 axes \perp passant par 2 étoiles E_1 et E_2 très éloignées de S (≈ 100 al). Compte tenu des distances:

$$\left\{ \begin{array}{l} ST = 1 \text{ U.A.} \\ SE_1 \approx TE_1 \approx 100 \text{ al} \approx 6300000 \text{ U.A.} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{les axes } SE_1 \text{ et } TE_1 \text{ sont pratiquement parallèles.}$$

1) MOUVEMENT DE LA TERRE DANS UN REPERE LIE AU SOLEIL.

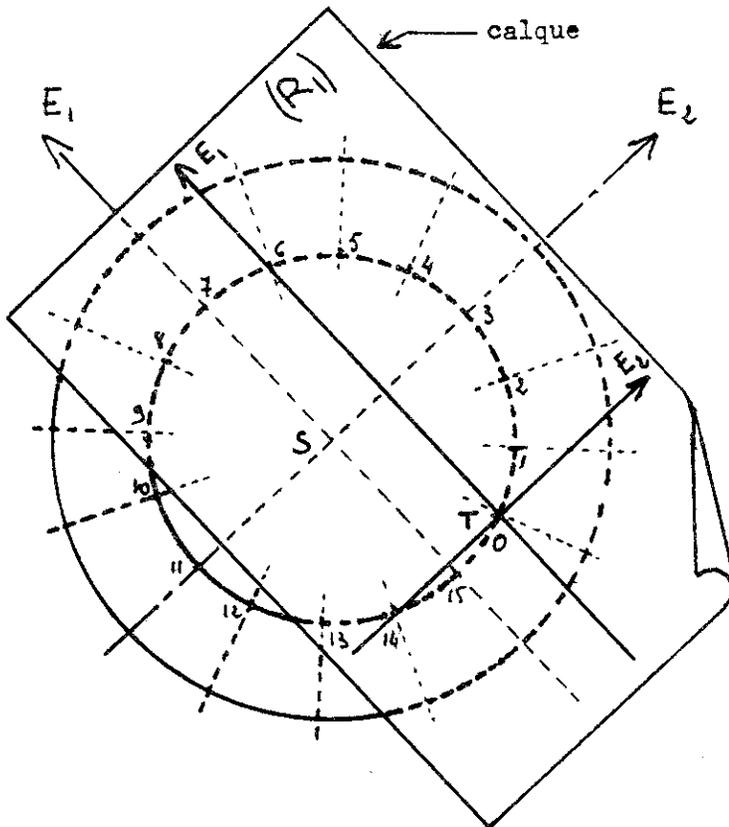


Sur la feuille tracer le repère centré sur le Soleil et passant par deux étoiles E_1 et E_2 .
Les positions successives de la Terre seront notées 0,1,2,...,15, à partir d'une origine quelconque.

QUEL EST LE MOUVEMENT DE LA TERRE DANS CE REPERE ?

Remarque: le temps qui sépare les passages en deux positions successives est d'environ $23j \simeq 365/16j$.

2) MOUVEMENT DU SOLEIL DANS UN REPERE LIE A LA TERRE.



Sur du papier calque (ou du papier pelure moins cher), tracer un repère R_1 semblable à celui tracé précédemment.

Mettre en coïncidence l'origine du repère R_1 avec la position 0 de la Terre et maintenir les axes TE_1 et SE_1 parallèles. Repérer alors la position du Soleil.

Faire la même chose pour toutes les positions de la Terre ($TE_1 \parallel SE_1$).

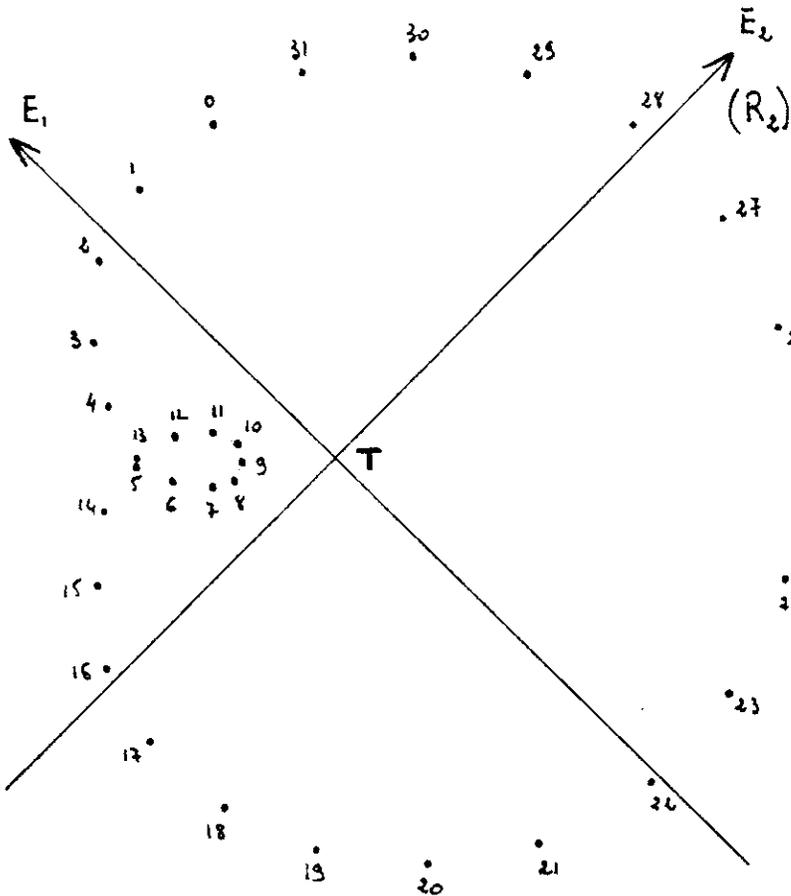
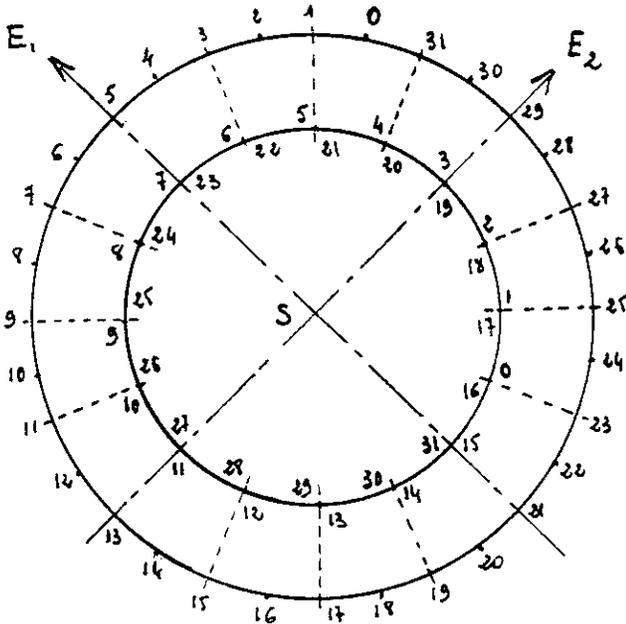
On obtient alors le déplacement du Soleil dans le repère R_1 .

Remarque: le Soleil se déplace sur un cercle identique à l'orbite de la Terre autour du Soleil. Le mouvement se fait dans le sens direct.

3) MOUVEMENT DE MARS DANS UN REPERE LIE AU SOLEIL.

Il suffit de refaire ce qui a été fait pour le mouvement de la Terre autour du Soleil, en numérotant les positions de Mars à partir d'une origine quelconque. Ne pas oublier de tenir compte du fait que Mars met 2 ans pour faire 1 tour. Elle tourne donc 2 fois plus lentement que la Terre.

4) MOUVEMENT DE MARS DANS UN REPERE LIE A LA TERRE.



Compléter la numérotation des positions de la Terre jusqu'à 31 (2 tours).

Sur une autre feuille de papier calque tracer un repère R_2 identique à R_1 .

Mettre en coïncidence l'origine de ce repère avec la position 0 de la Terre (maintenir $TE_1 // SE_1$).

Repérer Mars par sa position 0.

Passer ensuite à la position 1 de la Terre ($TE_1 // SE_1$) et repérer la position 1 de Mars.

Opérer de la même façon jusqu'à la position 31.

On obtient la courbe ci-dessous. Les élèves sont surpris par sa forme.

L'ensemble du travail des élèves doit être soutenu par l'utilisation du rétroprojecteur.

En projetant la courbe ci-contre sur le tableau, il est possible de suivre le mouvement de Mars depuis la Terre, sur

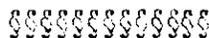
le fond des étoiles, à l'aide d'une règle (Terre-Mars).

En suivant les positions successives de Mars, on constate que de 0 à 7, elle se déplace dans le sens direct; de 7 à 11 en sens inverse (rétrograde), puis à nouveau dans le sens direct.

Dans ce repère lié à la Terre, Mars se déplace plus rapidement dans la zone 20 à 30 que dans la zone 3 à 15. En effet, les distances parcourues dans la première zone sont plus grandes, alors que les durées sont les mêmes (23j).

On peut également remarquer que la distance Terre-Mars varie notablement (1 à 5). Pour compléter cette étude, on peut projeter une série de diapos montrant le mouvement rétrograde de Mars. (Préparez vos appareils photographiques).

Cette année, je suis allé plus loin avec une classe, poussé par un élève qui, en regardant sa courbe, a posé la question suivante: "Mais alors Mars n'est pas toujours à la même distance du Soleil ?". Pour répondre à la question, il suffit de faire reporter sur la même feuille le mouvement du Soleil dans le même repère (§2). On vérifie alors l'égalité des distances $S_1M_1 = S_2M_2 = \dots = S_nM_n$



EN ATTENDANT SON RETOUR ... (3)

Pour attendre le retour 1986 de la comète de Halley, il fallait bien se raconter quelques souvenirs sur la nature des comètes, météores ou objets célestes (CC n°27), sur les orbites de ces objets du système solaire telles que les précisa Newton (CC 29). Il est temps de clore maintenant ce feuillet en donnant un peu la parole à Halley lui-même et aussi à Clairaut qui calcula le premier retour.

Edmund Halley (1656-1742)

Grâce à la comète qui porte son nom, Halley est célèbre jusque dans les chaumières. Mais cet astronome mérite d'être mieux connu, son activité ne s'est pas limitée à l'étude de "sa" comète.

Né à Londres en 1656, il publia dès 1676 une note sur les orbites planétaires dans les Philosophical Transactions de la Royal Society. Il se lia d'amitié avec Flamsteed et Hooke, collaborant activement avec le premier aux travaux de l'Observatoire de Greenwich qui venait d'être créé. On sait que Flamsteed était particulièrement intéressé par l'établissement d'un catalogue d'étoiles donnant leurs positions avec la précision permise par les lunettes récemment perfectionnées (horloge à pendule et oculaire convergent de Huygens, micromètre de Auzout qui devaient permettre à Roemer de concevoir sa "machina domestica", la première lunette méridienne). Halley eut la bonne idée d'étendre ce catalogue aux étoiles de l'hémisphère sud. Depuis l'île de Ste Hélène, il catalogua plus de trois cents étoiles australes profitant de plus de circonstances favorables pour y observer un transit de Mercure le 7 novembre 1677.

Nommé en 1678 professeur à l'Université d'Oxford, il entretient des discussions avec Christopher Wren et Robert Hooke sur la nature des orbites planétaires ; la loi d'attraction est-elle vraiment en raison inverse du carré des distances ? Wren en voudrait une preuve. Halley consulte Newton qui est devenu son ami et qui répond en rédigeant "De Motu Corporum", énoncé des principes de sa théorie. Halley en comprend aussitôt toute l'importance et persuade Newton de rédiger complètement ce qui devait paraître en 1686, Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, Halley se chargeant lui-même des frais de l'édition. Il peut paraître assez dérisoire que le nom de Halley soit surtout connu par la comète de 1682 alors que son aide à la publication des Principia est une contribution autrement importante au développement de l'astronomie.

Entre temps, une comète avait été découverte, le 15 août 1682, par un assistant de Flamsteed (voir note 1). Intéressé depuis toujours par les comètes et profondément convaincu de la puissance de la théorie newtonienne, Halley entreprit de calculer les orbites de vingt quatre comètes pour lesquelles il disposait de données suffisantes. Et en particulier celle de 1682.

A quelques inégalités près dans la période, il reconnut alors que cette comète avait été observée par Apian en 1531 et lors de son passage suivant par Kepler et Longomontanus le 11 septembre 1607. Il soupçonnait même que les inégalités dans la période pouvaient être dues aux perturbations de l'orbite cométaire par les grosses planètes ; il en déduisait l'annonce du prochain retour pour 1758 : "... le mouvement de Saturne est si perturbé par les autres planètes, en particulier Jupiter, que sa période est incertaine de plusieurs jours. Combien plus sujette à de telles perturbations peut être une comète qui s'éloigne à une distance près de quatre fois plus grande

que Saturne et dont une légère augmentation de la vitesse changerait l'orbite d'une ellipse à une parabole ? L'identité de ces comètes est confirmée par le fait qu'au cours de l'été 1456 une comète a été vue qui passait dans le sens rétrograde entre la Terre et le Soleil, presque de la même façon ; et bien qu'elle n'ait pas été observée de façon scientifique, de sa période et de sa course, je déduis qu'il s'agit de la même comète que celle des années 1531, 1607 et 1682. Je peux ainsi, avec confiance, prédire son retour pour l'année 1758. Si cette prédiction est remplie, il n'y a aucune raison de douter que d'autres comètes reviendront." (citation tirée de Astronomia Cometicæ Synopsis publié par Halley en 1705 et reproduite ici d'après /3/)

Il ne put malheureusement assister à ce retour et à cette vérification. Devenu astronome royal en 1720, à la mort de Flamsteed, premier titulaire du titre, il poursuivit jusqu'à sa mort une belle carrière de découvertes, la distribution au hasard des plans des orbites cométaires, des mouvements propres d'étoiles (pas aussi fixes qu'on les croyait) ou encore l'accélération du mouvement moyen de la Lune (1693). Il mena à bien une observation systématique de la Lune pendant une révolution complète des noeuds. Il s'intéressait aussi à la cartographie et on lui doit l'établissement de la première carte météorologique. Il devait aussi aimer les beaux livres puisque, en dehors de sa contribution déterminante à la publication des Principia, il réalisa lui-même une édition des Coniques d'Apollonius.

Le premier retour calculé

Si l'on se réfère à la liste des comètes établie par F. Baldet (cf/5/), 1682 était le vingt-cinquième passage observé de la même comète, l'identification ayant suivi le retour de 1682. Le retour de 1759 fut donc le premier retour calculé. Clairaut, secondé par le jeune Lalande, s'y illustra.

Dès avant l'expédition de Laponie (1736-37) pour la mesure d'un arc de méridien et la vérification de l'aplatissement relatif de la Terre aux pôles, Clairaut avait combattu, aux côtés de Maupertuis en faveur de la mécanique newtonienne et contre la physique des "tourbillons" des post-cartésiens. Au retour de Laponie, il avait publié sa "Théorie de la figure de la Terre tirée des principes de l'hydrostatique" (1743) qui est écrite dans le plus pur style newtonien.

Dans le même temps, Clairaut avait composé un mémoire sur "l'orbite de la Lune dans le système de Newton" (1743) et, peu après (1745), un "Système du monde dans les principes de la gravitation universelle". Il y énonçait le fameux problème des trois corps (aujourd'hui, on dit, plus généreusement, "problème des n corps" mais on dispose d'ordinateurs qui manquaient à Clairaut: "Trois corps étant donnés par leurs positions, leurs masses et leurs vitesses, trouver les courbes qu'ils doivent décrire par leur attraction supposée proportionnelle à leurs masses et en raison inverse du carré des distances."

La masse du Soleil étant prépondérante, on commence par ne considérer que deux des corps dont un est le Soleil en négligeant l'action du troisième. L'intégration des équations du mouvement conduit alors aux lois de Kepler. On traduit ensuite l'influence du troisième corps par l'introduction dans les équations différentielles de termes supplémentaires affectés de coefficients qui dépendent du troisième corps et qui sont en général assez petits. On développe en séries les six paramètres dont dépend le mouvement keplérien du deuxième corps. On comprend qu'en plus des difficultés analytiques, la correction obtenue dépendra largement de la qualité des données sur la position, la masse et la vitesse du troisième corps. Des solutions furent mises au point presque simultanément par Clairaut, d'Alembert et Euler, indépendamment les uns des autres. Ce qui ne fut pas sans envenimer les relations toujours tendues entre les deux premiers savants. Le mérite particu-

lier de Clairaut réside dans la mise en oeuvre immédiate de sa théorie à propos de plusieurs problèmes d'actualité en mécanique céleste.

Il commença par essayer un échec dans son étude du mouvement de l'apogée de la Lune ; il trouvait une période de 18 ans, plus du double de la période observée. Il eut alors la curieuse idée, lui le newtonien convaincu, de corriger la loi d'attraction en $1/r^2$ en lui ajoutant un terme en $1/r^4$. Ce qui l'entraîna dans une intéressante polémique avec Buffon, newtonien lui aussi mais de plus stricte observance. L'objection de Buffon était qu'une loi naturelle doit être simple ; la réponse de Clairaut était que la simplicité de la loi n'a rien à voir avec son expression analytique ; sans doute avaient-ils tous les deux raison, on s'efforce toujours de donner aux lois une expression aussi simple que possible pour qu'elles soient mieux compréhensibles ; mais qu'est-ce qu'une expression simple ? Polémique sans lendemain, Clairaut trouva une meilleure solution : "Je suis parvenu - déclara-t-il le 17 mai 1749 - à concilier assez exactement les observations faites sur le mouvement de l'apogée de la Lune avec la théorie de l'attraction, sans supposer d'autre force attractive que celle qui suit la proportion inverse du carré des distances." Réussite d'autant plus remarquable que, dans ce problème à trois corps (Soleil, Terre et Lune) on ne peut dire que la masse du troisième soit insignifiante par rapport à celle du deuxième. En 1750, Clairaut remporte le prix de l'Académie Impériale de St Petersburg sur la "Théorie de la Lune déduite du seul principe de l'attraction réciproquement proportionnelle aux quarrés des distances" (oui, tel est bien le titre de l'ouvrage primé et édité, c'est évidemment inversement proportionnelle qu'il fallait lire).

Clairaut est donc en possession des moyens théoriques pour le calcul du mouvement de la comète de Halley quand tout le monde savant va se préoccuper du retour prévu par Halley. Dès 1757, il entreprend de calculer l'attraction de Jupiter sur la comète pour en déduire les effets sur sa période. Tâche considérable ; il s'aperçoit qu'il faut suivre les positions respectives des trois astres (Soleil, comète, Jupiter) pendant deux révolutions complètes de la comète soit cent cinquante ans. Il reconnut en particulier qu'il ne fallait pas négliger les époques où la comète est fort éloignée de Jupiter car même alors son orbite est troublée du fait que l'action de Jupiter sur le Soleil déplace celui-ci d'une petite quantité ce qui change le foyer de l'orbite cométaire.

Au jeune Jérôme Lalande, qui avait alors vingt-cinq ans, il confie la tâche de calculer les distances de Jupiter à la comète. Lui-même en déduit les forces attractives. Au cours des calculs, les deux savants constatent qu'ils faut aussi tenir compte de l'action perturbatrice de Saturne. L'entreprise de calculs devient donc de plus en plus lourde ; l'aide de Mme Hortense Lepaute (2) fut alors fort appréciée. Et les calculs aboutirent.

En novembre 1758, Clairaut annonça que les calculs réalisés permettaient de prévoir que la comète passerait à son périhélie vers le milieu d'avril 1759 : "On sent, disait-il, avec quels ménagements je présente une telle annonce, puisque tant de petites quantités, négligées nécessairement par les méthodes d'approximation, pourraient bien en altérer le terme d'un mois."

Retrouvée dans le ciel en décembre 1758, observée par Messier, le grand spécialiste des comètes, le 21 janvier 1759, la comète passa effectivement à son périhélie le 13 mars. Par conséquent dans la marge d'erreur prévue par Clairaut. Celui-ci perfectionna ses méthodes et il reprit ses calculs dans sa Théorie du mouvement des comètes qui parut en 1760 ; grâce à ces perfectionnements, ses calculs donnaient le 4 avril pour le passage au périhélie. La prévision aurait été encore meilleure si Clairaut avait disposé d'une meilleure estimation de la masse de Saturne.

Quoi qu'il en soit, le succès de l'entreprise devait confirmer aux yeux de tous les savants de l'époque la valeur de la théorie newtonienne de l'attraction. Pour Clairaut, ce fut aussi l'occasion de discussions pénibles avec d'Alembert en particulier. Comme il arrive souvent, devant une réussite incontestable, les jalousies s'exacerbent et pour les savants qui ont longuement travaillé avant d'aboutir au résultat cherché, il y a beaucoup d'amertume à devoir affronter ces querelles subalternes. Celles-ci nous empêchent d'oublier que si les grands savants furent ou sont parfois géniaux, ils n'en ont pas moins deux jambes, un ventre, une poitrine et une tête, une certaine dose d'amour propre et même une pointe de vanité comme des millions de leurs semblables moins savants qu'eux.

En 1759 la presse n'avait pas l'importance qu'elle prenait déjà en 1846 lorsqu'elle annonça avec grand bruit la prédiction par Le Verrier de l'existence d'une planète transuraniennne. Pourtant le calcul de l'équipe Clairaut-Lalande-Lepaute représente une prouesse de même taille et a la même portée théorique. C'est pourquoi c'est sur ce retour de 1759 que nous achèverons ce feuilleton. Les calculs des retours de 1835, de 1910 et de 1986 ont pu être menés avec une précision de plus en plus grande, avec des moyens de calcul à faire beaucoup rêver Hortense Lepaute. N'oublions pas pour autant combien de fois elle a dû tailler son crayon pour répondre aux exigences d'Alexis Clairaut.

K.Mizar (19850720)

(note 1) Observation faite à l'Observatoire de Greenwich selon /3/. Mais dans la recension des comètes par F.Baldet (cf /5/) la première observation est attribuée à Picard et La Hire depuis Paris le 26 août 1682. On notera que la réforme grégorienne n'avait pas encore été appliquée en Grande Bretagne à cette époque, le 26 août de Paris peut bien correspondre au 15 août de Greenwich. Quoi qu'il en soit, ce qui était important c'était de rapprocher cette apparition de 1682 des apparitions antérieures.

(note 2) Hortense Lepaute est plus connue parce que son prénom fut à l'origine de la dénomination d'une fleur rapportée des Indes par Le Gentil ; on sait aussi que son mari était un célèbre horloger, il existe encore bien des horloges dans les rues de Paris qui portent son nom. Il n'empêche, pour moi, ce qu'il faut retenir, c'est qu'Hortense Lepaute a travaillé avec Clairaut.

BIBLIOGRAPHIE

+++++

- /1/ Pannekoek : "A History of Astronomy", 522 p , éd Allen and Unwin 1961
- /2/ E.N.da C.Andrade : "Sir Isaac Newton", collection "Brief lives", éd Collins, London 1954.
- /3/ Philippe Véron et Jean-Claude Ribes : "Les Comètes de l'Antiquité à l'ère spatiale", 236 p, éd Hachette, 1979.
- /4/ Pierre Brunet : "La vie et l'oeuvre de Clairaut (1713-1765)", 112 p, éd PUF, 1952.
- /5/ F.Baldet : "Liste générale des comètes de l'origine à 1948", Annuaire du Bureau des Longitudes 1950.
- /6/ Jean-Claude Pecker : "Jérôme de Lalande calculait le retour de la comète de Halley" article paru dans Le Monde, août 1982.
- /7/ S.Drake and C.D. O'Malley : "The controversy on the comets of 1618", éd University of Pennsylvania Press, 1960. Textes traduits en anglais de Galilée, Grassi, Guiducci et Kepler.
- /8/ Notice Halley dans Encyclopaedia Britannica.

POST-SCRIPTUM

+++++

Je venais de terminer ce feuilleton lorsque j'ai reçu la très jolie plaquette "La Comète de Halley, Hier, Aujourd'hui, Demain", éditée par l'Observatoire

de Paris et réalisée par J.Alexandre et S.Debartat.

Cette plaquette se présente sous un cartonnage illustré d'un document de 1757. A l'intérieur : une notice générale sur la comète puis des reproductions de documents qui font partie des richesses de la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris sur le passage de 684, ceux de 1301, de 1456, de 1531, de 1607, de 1682. En particulier la note manuscrite de La Hire sur son observation du 5 septembre 1682, une note autographe de Messier de 1759, des dessins de 1835, la très belle photographie prise au Pic du Midi le 29 mai 1910, les premières images de 1985. Enfin, une notice sur les projets de sondes spatiales et des conseil pour l'observation en 1986.

Dans le dossier que j'ai reçu et que je dois à l'obligeance de Suzanne Débartat, celle-ci a eu la bonne idée d'y joindre la carte postale de la tapisserie de Bayeux où l'on voit Harold averti de l'apparition de la comète, "présage de malheur" (pour les uns, pas pour les autres car dans les batailles on disait qu'il y avait des vaincus et des vainqueurs) et, contrastant avec ce document du Moyen Age, l'analyse au Video-Iso-Traceur de l'Institut d'Astrophysique de l'image obtenue au Pic du Midi le 29 mai 1910.

On peut se procurer cette bien jolie plaquette à l'Observatoire de Paris au prix de 20 F (25 F par correspondance). A ne pas manquer !

POST-SCRIPTUM BIS

+++++

Décidément, on rivalise d'initiatives heureuses pour favoriser l'observation de la comète : sous le titre "La Comète de Halley 1910-1986, histoire, observations, éphémérides des comètes", La Gazette d'Uranie, publication du GRAAL (Groupe de Recherche et d'Animation Astronomiques du Limousin) a publié en avril 85 un numéro spécial qui doit être recommandé aux lecteurs de notre feuilleton. Pour se le procurer, s'adresser à Christian Dumoulin, IREM de Limoges, prix 45 F.

Sommaire : 1. De l'intérêt des comètes par C.Dumoulin - 2. Historique des phénomènes cométaires et connaissances actuelles par M.Labrousse - 3. Conditions de visibilité, cartes et diagrammes de la comète de Halley par R.Marche (4 diagrammes, 2 cartes, un calque et mode d'emploi) - 4. L'observation et l'étude des comètes par C.Dumoulin - 5. Ephémérides de la comète de Halley par J-Y.Montmartin - 6. Bibliographie.

On appréciera en particulier le chapitre 4 qui donne toutes les explications pour calculer des éphémérides. Dans un évident souci pédagogique, C.Dumoulin donne les éléments qui permettront de calculer les éphémérides d'autres comètes. Car, après 1986, il ne faudra pas attendre 2061 pour s'intéresser à ces astres et à ce genre de calculs.

MIZARRERIES

où nous reproduisons des citations curieuses glanées un peu n'importe où et même ailleurs. Comme cette belle découverte due à la dernière lauréate du prix Goncourt :

"Et la nuit commence maintenant avec le coucher du Soleil"

Marguerite Duras, L'Amant, p.52

LA PROCHAINE A.G. DU CLEA

on en reparlera, mais il faut déjà commencer à y penser. Quelques uns d'entre vous ont souhaité qu'elle ait lieu un dimanche plutôt qu'un samedi. Nous envisageons le dimanche 26 janvier 1986. Qu'en pensez-vous ? Elle aura lieu à Orsay, comme d'habitude, mais dans les nouveaux locaux du laboratoire d'astronomie (bâtiment 470). Il faut aussi penser à son contenu... Ecrivez-nous dès maintenant.

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE : du nouveau sur les mirages gravitationnels

Les lecteurs des Cahiers Clairaut sont déjà familiarisés avec les propriétés remarquables des mirages gravitationnels (voir l'article de C.Vanderriest dans le n° 18). Rappelons simplement que ces effets (en particulier déflexion et amplification de la lumière lors de la traversée d'un champ de gravitation intense) sont prévus dans le cadre de la relativité générale d'Einstein. Dès 1937, l'astronome F.Zwicky soutenait avec vigueur l'idée que les galaxies devaient agir comme des lentilles gravitationnelles et en 1965 encore, les arguments théoriques développés par l'astronome Barnothy étaient considérés avec un certain scepticisme. Ce n'est que tout récemment, depuis 1979, que des lentilles gravitationnelles ont été reconnues à partir de quasars à fort décalage spectral dont une galaxie (ou un amas de galaxies) interposé entre le quasar et nous forme, par effet de lentille gravitationnelle, une image multiple.

Il peut arriver que la masse délectrice ne soit pas détectée; même dans ce cas, l'existence d'un mirage gravitationnel apparaît bien réelle. Cela vient d'être démontré par une équipe française avec le télescope CFH (Canada-France-Hawaii) de 3,60m. La mise en évidence de variations corrélées de l'éclat de 3 quasars associés s'explique parfaitement par un effet de mirage gravitationnel produisant 3 images non indépendantes d'un même quasar lointain.

Dans tous les cas observés la "lentille" est également un objet très lointain comme le révèle le décalage important des raies du spectre vers les grandes longueurs d'onde. Rappelons en effet que le décalage spectral relatif z , défini par $z = \Delta\lambda/\lambda$ est d'autant plus élevé que la galaxie est éloignée. Ceci s'exprime simplement, lorsque les décalages ne sont pas trop élevés, par la loi de Hubble classique : vitesse radiale de fuite = $cz = H_0 d$, où c est la vitesse de la lumière, d la distance de la galaxie et H_0 la constante de Hubble. La découverte récente (mai 1985) d'une nouvelle lentille gravitationnelle est originale car la lentille est dans ce cas une galaxie proche ($z=0,0394$) qui forme une image d'un quasar beaucoup plus lointain ($z=1,7$), image vue pratiquement au centre de la galaxie (à moins de 0"3 du centre) et avec une brillance fortement amplifiée. Le décalage spectral de la galaxie correspond à une vitesse radiale de fuite de 11800 km s⁻¹ environ et à une distance de 118 Mpc (1 Mpc = 1 million de parsecs; 1 parsec = 3,26 années de lumière), si l'on adopte $H_0 = 100$ km s⁻¹ Mpc⁻¹.

Cet objet remarquable a été trouvé par hasard au cours d'un programme systématique de mesure de la vitesse radiale de galaxies relativement proches pour lequel 7000 galaxies ont été observées jusqu'à maintenant. Le spectre de la galaxie en question était tout à fait inhabituel avec les raies d'émission caractéristiques d'un spectre de quasar de décalage élevé ($z=1,7$). L'aspect de l'objet sur les clichés photographiques n'était cependant pas ponctuel comme cela est le cas pour un quasar aussi éloigné; en effet, l'image est lenticulaire (1' x 0'5) et une structure spirale a été décelée dans la zone périphérique; le quasar lui-même occupe le centre du disque. De plus le spectre obtenu en visant légèrement à côté du centre a montré les raies d'absorption caractéristiques du spectre d'une galaxie avec un décalage relativement faible ($z \approx 0,4$). Il s'agit donc là d'un système extrêmement particulier. La galaxie spirale a des propriétés tout à fait classiques; d'un type voisin de celui de la galaxie d'Andromède, elle est 2,5 fois plus lumineuse qu'elle en lumière bleue. Le quasar observé est lui, environ 1000 fois plus puissant que la galaxie. D'un point de vue statistique, il semble raisonnable d'avoir découvert un tel cas de quasar brillant à moins de 0"3 du centre d'une galaxie proche, parmi les 7000 galaxies étudiées, si l'on admet que la brillance du quasar lointain a été amplifiée d'un facteur de l'ordre de 40. L'interprétation conventionnelle par effet de mirage gravitationnel paraît la plus solide. Une interprétation moins orthodoxe, mais bien peu argumentée théoriquement, serait qu'il s'agit là d'un exemple de décalage anormal (dit "non-cosmologique") : l'alignement apparent du quasar avec la galaxie proche étant interprété comme une preuve d'association physique réelle qui remettrait en cause la loi de Hubble.

L.Bottinelli

* * * * *

L'ASTRONOMIE ET LE PHILOSOPHE:

III - Le nouveau rapport du cosmos et du sujet

Dans l'univers de la nouvelle science, physique et astronomique, il n'y a donc plus aucun lieu privilégié: aucun "centre", aucun "haut" ni "bas". Le monde? "une sphère dont le centre est partout, la circonférence nulle part" (35). Pascal y voit sujet à s'effrayer.

Descartes, au contraire, se veut rassurant. Certes, l'univers indéfini est proprement immense; il offre à l'humanité des perspectives de connaissances sans bornes. Sommes-nous pour autant réduits à n'y avancer qu'à tâtons? De ce que l'objet à connaître est indéfini, s'ensuit-il que le savoir que nous en prenons est approximatif ou douteux?

Descartes fera d'abord remarquer qu'il n'appartient qu'à l'homme de décider souverainement s'il accepte de recevoir une connaissance pour vraie. L'immensité des tâches de la connaissance risquait de nous faire oublier que celle-ci relève du sujet connaissant, avant que de dépendre des objets connus. La certitude - métaphysiquement acquise - que nous possédons les clefs (mathématiques) de l'intelligibilité du réel, s'ajoute à la ferme résolution d'en user avec les précautions requises**.

Revenons à l'idée galiléenne d'une rationalité mathématique immanente au réel. Certes, l'oeuvre divine est infinie en extension et il est impossible de prétendre à une connaissance exhaustive. Mais au moins serons-nous certains, de la plus haute certitude, de savoir parfaitement ce que nous savons. Telles sont les mathématiques, à l'abri des approximations de l'empirisme, qu'"un enfant instruit en arithmétique, ayant fait une addition suivant les règles, se peut assurer d'avoir trouvé, touchant la somme qu'il examinait, tout ce que l'esprit humain saurait trouver." (36)

L'homme n'a donc perdu ses repères dans le cosmos que pour se constituer lui-même en repère privilégié. Ce qui sort de l'immense révolution galiléo-cartésienne, c'est le sujet. La connaissance n'est plus une quête à tâtons dans un réel hostile, c'est désormais une construction rationnelle guidée par la "lumière naturelle".

On reprochera peut-être à cette nouvelle conception de suspendre la rationalité dans les choses et la raison dans les hommes - ainsi que leur heureuse harmonie - à la bonté d'un Dieu tout puissant. Mais ce Dieu n'intervient que comme garantie métaphysique de la connaissance; il ne s'ingère pas indiscretement comme principe d'explication des phénomènes (sauf, comme on l'a vu, chez Newton)*.

Il ne sied plus à l'homme de s'extasier devant la majesté des ouvrages divins. Les cieux, dit Auguste Comte, "ne racontent plus d'autre gloire que celle d'Hipparque, de Képler, de Newton et de tous ceux qui ont concouru à en établir les lois." (37)

** Ces précautions ne sont autres que les préceptes de la célèbre "méthode" cartésienne (Discours, IIème partie)

* C'est l'idéalisme transcendantal de Kant (1724-1804) qui résoudra sans Dieu le problème d'une concordance de la rationalité du sujet avec ses objets de connaissance, dispensant ainsi les sciences de tout fondement métaphysique. Ce problème est posé dans la Critique de la raison pure. Mais Kant ne le résoud qu'au prix d'une limitation de la connaissance humaine, incapable d'accéder au monde des "choses en soi".

DIMENSION DE L'HOMME DANS L'UNIVERS

Connaître, pour l'astronome, c'est d'abord mesurer. Il ne faut pas oublier que les premières connaissances satisfaisantes des distances astronomiques sont extrêmement récentes (1762 pour le Soleil, 1838: première distance stellaire). Aujourd'hui, la connaissance que nous avons des distances extra-galactiques révèle un univers dont les dimensions dépassent irrémédiablement les meilleures performances de l'imagination humaine. Celle-ci, dit Pascal, "se lassera plutôt de concevoir que la nature de fournir. Tout ce monde visible n'est qu'un trait imperceptible dans l'ample sein de la nature. Nulle idée n'en approche. Nous avons beau enfler nos conceptions, au-delà des espaces imaginables, nous n'enfantons que des atomes, au prix de la réalité des choses." (38)

Il ne faut pas chercher ailleurs la raison de la fascination qu'exerce la contemplation du ciel étoilé. La voûte céleste est belle, sans doute, par les "poussières de flamme" (39) dont elle resplendit. Mais à la vue des étoiles, nous ressentons autre chose que lorsque nous admirons une fleur ou un papillon. Dans le ciel nocturne, il y a à voir, bien sûr; mais il y a plus encore à imaginer.

Il serait pourtant prétentieux de dire que nous imaginons, derrière les astres visibles, l'univers invisible; car imaginer, c'est se représenter, et il faut bien avouer ici la déroute complète de nos facultés représentatives.

Ce que nous sentons, en vérité, c'est l'incapacité de notre imagination à comprendre (au sens étymologique: prendre - et tenir - ensemble) la totalité infinie dont notre raison nous fournit l'idée. Il faut donc dépasser l'idée naïve selon laquelle la contemplation du ciel étoilé nous inviterait seulement à prendre conscience de notre petitesse (l'homme n'est que poussière). Ce spectacle est à la vérité infiniment plus riche.

Bien sûr, l'appréhension de cet "espace immense où les mondes s'ajoutent aux mondes et les systèmes aux systèmes" (40) a quelque chose d'humiliant. Mais si elle se réduisait à cela, il serait incompréhensible que nous retirions un plaisir. C'est précisément à ce problème que Kant consacre, dans la Critique de la faculté de juger, ses analyses du sublime. A quoi tient la sublimité du spectacle céleste? A sa grandeur. Cette grandeur nous parle naturellement de notre petitesse, mais nous faisons bien plus qu'une comparaison: l'impuissance de notre imagination à embrasser l'espace infini ne peut être vécue comme telle que parce que la conscience se fixe précisément un tel but. L'imagination humaine est bien en échec, mais elle échoue devant la tâche que lui impose la raison, qui est toujours une faculté humaine. Le sublime est ce conflit, cette course entre les exigences de la raison (compréhension de l'infini comme totalité) et les possibilités limitées de l'imagination. L'échec de l'imagination explique la part de déplaisir inhérente au sentiment du sublime (aspect absent du sentiment du beau); mais l'expérience du sublime témoigne de l'existence, en nous, d'une faculté "supra-sensible": la raison.

Retenons surtout que le sublime est le sentiment qu'occasionne en nous le spectacle d'une nuit étoilée. Gardons-nous d'en faire une propriété de l'objet lui-même. Le ciel n'est pas sublime par lui-même, mais pour l'homme seulement, en tant qu'il est doué de raison. Il est donc naïf de ne voir dans l'univers que ce qui écrase l'homme, dans sa contemplation qu'une activité propre à le rendre plus modeste.

Pascal, à qui un contre-sens tenace attribue facilement cette naïveté, s'en était d'ailleurs avisé: la comparaison de l'homme et de l'univers ne tourne à "l'avantage" de ce dernier que si l'on oublie que la comparaison elle-même est le fait de l'homme.

La rhétorique pascalienne porte d'abord aussi haut que possible le déséquilibre; déséquilibre qui concerne les dimensions: "Qu'est-ce qu'un homme dans l'infini?" (41); la puissance: "Il ne faut pas que l'univers entier s'arme pour l'écraser" (42); la "petite durée de ma vie, absorbée dans l'éternité précédent et suivant" (43). En un mot, face à l'univers, l'homme est néant.

Mais cette comparaison place l'un des termes; l'homme, en situation d'être à la fois juge et partie. L'homme n'est pas comparé à l'univers, il se compare à lui. Et si l'univers le dépasse infiniment, "l'univers n'en sait rien" (44). Le seul fait que nous puissions comprendre en notre pensée comment les dimensions, les puissances et les durées infinies du cosmos surpassent l'humain, prouve que l'humain ne se réduit pas à sa matérialité de chair et d'os. Un jeu de mots de Pascal l'exprime en une formule définitive: "par l'espace, l'univers me comprend et m'engloutit comme un point; par la pensée, je le comprends." (45) Et il ne faut pas entendre ce dernier mot au sens d'une compréhension rationnelle (je connais l'univers, ses structures, ses mécanismes), mais en sa signification étymologique: contenir tout entier. La pensée n'est rien dans l'espace, simplement parce qu'elle n'est pas de l'espace; mais parce qu'elle n'est nulle part, la pensée peut s'étendre partout à la fois. Je pense des objets, des lieux où je ne me trouverai jamais, peut-être même que je ne verrai jamais*. Par la pensée, l'homme s'approprie l'univers étendu.

"Toute notre dignité consiste donc en la pensée. C'est de là qu'il faut nous relever, et non de l'espace et de la durée, que nous ne saurions remplir. Travaillons donc à bien penser: voilà le principe de la morale."

Pascal (46)

CONCLUSION: L'ASTRONOMIE, LA PHILOSOPHIE ET LA SITUATION DE L'HOMME DANS L'UNIVERS

Une conception assez répandue voit dans le développement des connaissances astronomiques l'histoire d'une longue et constante humiliation de l'orgueil humain. De ce processus de déchéance, la révolution copernicienne serait l'étape principale, qui précipite l'homme de son trône central dans l'errance indéfinie des orbites planétaires.

* Certains objets astronomiques (trous noirs, par exemple) peuvent servir à illustrer cela. « Une nébuleuse ? disait Alain, « j'y suis, puisque j'y pense. » »

Sigmund Freud explique que l'humanité a dû ainsi supporter trois "humiliations narcissiques". La révolution copernicienne constitua la première de ces "blessures", dans le domaine cosmologique; la seconde, d'ordre biologique, a contraint l'homme à reconnaître qu'il n'y avait entre l'animal et lui aucune rupture ontologique (Darwin et la théorie de l'évolution); la troisième est l'oeuvre de Freud lui-même: la psychanalyse conteste au moi conscient la prétention à constituer la totalité de la vie psychique*.

Il est incontestable que la science moderne, qui commence bien avec Copernic, nous montre l'homme "sur un petit amas de pierres qui, tournant sans arrêt dans l'espace vide, se déplace autour d'un autre astre, petit amas de pierres parmi beaucoup d'autres, et plutôt insignifiant!" (47)

Mais l'idée freudienne d'un "mémenti infligé à la mégalomanie humaine" n'est pertinente que s'il est établi que la position occupée par l'homme avant le bouleversement copernicien était spécialement privilégiée. Certes, il est rassurant pour les hommes de croire "que tout ce théâtre du monde est édifié autour d'eux, afin qu'eux-mêmes, les acteurs, puissent faire leurs preuves dans leurs rôles grands ou petits." (48) Mais la place de la Terre dans ce monde était-elle vraiment la meilleure?

On comprendrait mal, si tel était le cas, que le christianisme - religion de la chute originelle de l'homme - ait si volontiers accueilli en son sein la cosmologie aristotélicienne*. En fait, on oublie trop souvent que pour Aristote (et pour tout le Moyen-Age chrétien qui lui a emboîté le pas) la Terre est en-bas avant d'être au centre. Alors que l'excellence divine éclate partout dans le mouvement parfait des astres, eux-mêmes divins, notre monde terrestre est frappé du sceau de toutes les imperfections. L'homme est jeté au milieu du changement perpétuel, contraint lui-même de naître et de mourir. Le monde terrestre est bien, dans l'échelle des lieux, le moins préférable de tous. Plus bas que la Terre, il ne saurait y avoir que le séjour des damnés: l'enfer.

Alexandre Koyré explique que dans les premiers temps, "Le déplacement de la Terre du centre du monde n'a pas été ressenti comme une dégradation" et, citant Nicolas de Cues, parle même de "promotion au rang des étoiles nobles". (49)

* Sigmund Freud: Une difficulté de la psychanalyse (1917) in Essais de psychanalyse appliquée Gallimard, collection "Idées" N° 353, pp. 141 à 143. Introduction à la psychanalyse, fin du Ch. 18 Petite bibliothèque Payot N° 6, pp. 266 et 267.

** Cette alliance trouva le maximum de son efficacité "pratique" dans la lutte contre les conceptions de Galilée.

En fait, on se méprend généralement sur la signification de la notion de centre dans le géocentrisme ptoléméen (et chrétien). Nous avons vu que la coïncidence de ce centre avec un "bas" empêchait qu'on tienne la Terre pour un lieu privilégié. La perfection n'est pas de ce monde; elle est divine et donc céleste. Mais le centre est le lieu d'où l'on voit toute la création. Où l'homme aurait-il été mieux placé pour contempler l'oeuvre divine et pour en rendre hommage à son créateur? L'homme est au centre du monde non pas parce que le centre est le mieux, mais parce que cette position est seule compatible avec le culte que la créature doit à son créateur. S'il est donc faux que le géocentrisme accorde à l'homme - comme on le croit souvent - la meilleure place, il est vrai qu'il organise le monde comme une totalité close, structurée autour de l'homme et pour lui.

Ces rectifications indispensables n'épuisent cependant pas la signification essentielle de la révolution copernicienne.

Le renversement opéré par le De Revolutionibus consacre moins le triomphe d'un système du monde sur un autre qu'un changement radical de perspective dans la connaissance. En faisant reposer la connaissance des phénomènes célestes sur les exigences de la rationalité mathématique plutôt que sur les leçons de l'observation empirique, Copernic libère l'astronomie de sa soumission à l'expérience extérieure. La révolution copernicienne rend possible l'émergence de la catégorie de sujet, que nous avons précédemment analysée. Copernic a le génie de dépasser les apparences, non pas au nom d'autres apparences plus "vraies" (avant et après Copernic, les cieux apparaissent toujours de la même façon), mais en comprenant que l'apparence tient au jugement de l'observateur. L'apparence n'est pas ce qui cache le réel, et qu'il suffirait d'ôter pour que se produise enfin l'heureux dévoilement, mais le réel lui-même, ou plus exactement une manière d'apparaître du réel, qui tient au sujet autant qu'à l'objet. Copernic sait qu'il n'y a pas à attendre la connaissance astronomique d'une observation de la réalité sensible, mais qu'il faut la construire à partir des exigences mathématiques (a priori) du sujet*.

Quelle est exactement la portée de l'humiliation copernicienne? Elle vise - et atteint effectivement - l'orgueil d'une espèce animale qui se plaisait à voir la création s'organiser autour d'elle. Mais comment ne pas voir dans cette illusion une humiliation bien pire? L'homme tout entier esclave des apparences qu'un monde inconnu voulait bien livrer à ses sens médusés; l'homme incapable encore de s'arracher à la tyrannie des faits bruts, d'échapper aux pièges de l'expérience sensible. Bref, un regard prisonnier sur le monde.

* Dans un texte célèbre, Kant se réclamera de cette démarche pour justifier la tentative de l'idéalisme transcendantal, qui rapporte la connaissance aux structures a priori du sujet. (Préface à la deuxième édition de la Critique de la raison pure, 1787)

Copernic, c'est la libération. L'homme est emporté dans les mouvements indéfinis des astres, mais il le sait et sait comment.

Jamais nous n'aurions pu prendre conscience de notre insignifiance cosmique si nous étions au même titre que n'importe quelle chose, quelque part dans le monde. Par la pensée rationnelle qui comprend cette insignifiance, nous échappons à une insignifiance absolue, irrémédiable. C'est que l'homme n'est dans le monde que par son corps. Par la pensée, il n'est pas ailleurs que dans le monde (comme pourrait l'être un dieu): il est au monde. C'est-à-dire qu'il vit dans un monde qui existe pour lui, et non seulement autour de lui. Il n'y a pas de monde pour l'animal, mais seulement un milieu, fait de proies, de prédateurs, de caches et d'abris.

Il ne faut pas être trop pressé de voir dans l'astronomie la science qui remettrait l'homme à sa place. En vérité, et depuis qu'elle existe, l'astronomie témoigne mieux qu'aucune autre science de la destinée de l'homme: connaître le monde.

"Penser, dit Pascal, fait la grandeur de l'homme" (50). Une grandeur qui ne se mesure ni en années-lumière ni en parsecs. Jusqu'à nouvel ordre, l'univers ne pense point. Voilà par où l'homme est - et sera toujours - plus grand que l'univers.

Patrick DUPOUEY
(Lycée J. Moulin à Montmorillon)

NOTES

1. Molière, Les femmes savantes, Acte II, sc. VII.
2. Rousseau, Emile, Livre III, Garnier p; 207.
3. Alain, Propos sur l'éducation, LXIV, PUF, p. 161.
4. Camille Flammarion, Astronomie populaire, Ch. I, p. 16.
5. Claude Bernard, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Ière partie, Ch. I.
6. Aristote, Parties des animaux, II, 656a.
7. Lucrèce, La Nature, Livre I.
8. Kant, Observations sur le sentiment du beau et du sublime, Ière section, Pléiade "Oeuvres philosophiques", T. 1, p. 453.
9. Alphonse Daudet, Lettres de mon moulin, Les étoiles.
10. 11. Alain, Les idées et les âges, Livre Ier, Ch. I, Pléiade "Les passions et la sagesse", p. 5.
12. Voir note 9.
13. Camille Flammarion, op. cit. pp. 676-677.
14. Voir notes 10 et 11.
15. Kant, Premiers principes métaphysiques de la science de la nature, préface, Vrin, p.20.
16. Ibid., p. 11.
17. Alexandre Koyré, La révolution astronomique, Hermann, p.23.
18. Andreas Osiander, préface Au lecteur sur les hypothèses de cette oeuvre, cité par Koyré, op. cit. p.38.
19. Galilée, L'essayeur, VI.
20. Victor Hugo, Les misérables, Ière partie, Livre I, Ch. 13, Garnier, p.73.

21. Newton à Bentley, lettre I, cité par Koyré, Du monde clos à l'univers infini, p 216.
22. Newton Principia, Livre III, Scholie général, cité par Koyré, op. cit., pp. 270-271.
23. Pascal, Pensées, II, 77 (numérotation Brunschvicg).
24. Kant, L'unique fondement possible d'une démonstration de l'existence de Dieu, IIème partie, Vème considération, Pléiade, Op. cit., p. 384.
25. Alexandre Koyré, Etudes galiléennes, p. 283.
26. Gaston Bachelard, Philosophie du non, Ch. VI, PUF, p; 145.
27. Paul Couderc, Histoire de l'astronomie, PUF, Que sais-je? N°165 p. 17.
28. Descartes, Principes de la philosophie, IIème partie, §21, Garnier, oeuvres philosophiques, T. III, pp. 166-167.
29. Koyré, Du monde clos ..., p.12.
30. Ibid. pp. 13 et 14.
31. Ibid. pp. 52 - 54.
32. Lucrèce, op. cit., Livre I.
33. Koyré Du monde clos ..., p. 52.
34. Descartes, Principes, IIème partie, § 22, Garnier, p. 167.
35. Pascal, Pensées, II, 72.
36. Descartes, Discours de la méthode, IIème partie. Garnier, Tome I, p. 590.
37. Auguste Comte, Cours de philosophie positive, 23ème leçon.
38. Pascal, Ibid. II, 72.
39. Louis Aragon, Les poètes, prologue.
40. Kant, Critique de la raison pratique, conclusion, PUF, p. 173.
41. Pascal, op. cit., II, 72.
42. Pascal, op. cit., VI, 347.
43. Pascal, op. cit., III, 205.
44. Voir note 42.
45. Pascal, op. cit., VI, 348.
46. Voir note 42.
47. Bertolt Brecht, op. cit., scène 8.
48. Ibid.
49. Koyré Du monde clos ..., p. 65.
50. Pascal, op. cit., VI, 346.

COMPTÉ RENDU DE L'UNIVERSITÉ D'ÉTÉ D'ASTRONOMIE 1984

Le compte rendu de l'Université d'Été d'Astronomie de Formiguères (été 1984) vient de paraître. Comme les précédents, il comporte les cours et les activités pratiques. On peut se le procurer auprès de:

L. Gouguenheim
DERADN
Observatoire
92195 MEUDON CEDEX

Son prix est de 65 francs; les chèques sont à libeller à l'ordre de L. Gouguenheim.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

Nos lectures préférées

***** Les bons livres qui paraissent ne manquent pas mais il y a des publications artisanales, d'apparences parfois modestes, qui nous paraissent encore meilleures. Pourquoi ? Première réponse : nous connaissons les Auteurs et lisons leurs oeuvres d'un oeil plus favorable. Sans doute, et pour nous la fraternité a un sens qui n'exclut pas la clairvoyance. Mais il n'y a pas que cela : les trois ouvrages qui sont sur ma table ont les apparences du travail artisanal, ce qui n'est pas déplaisant et, en plus, par leur fond, ils proposent exactement ce que nous, amis de la marquise, nous pouvons souhaiter. De plus, ils se complètent:

Le Catalogue des Etoiles les plus brillantes a été réalisé par l'équipe de nos amis strasbourgeois, les astronomes F.Ochsenbeim et Agnès Acker, les enseignants J-M.Poncelet, E.Legrand et E.Thuet-Fleck. Le premier est un des responsables du Centre de Données Stellaires de Strasbourg et nous connaissons tous Agnès Acker animatrice numéro 1 de l'équipe. Les enseignants ont résolu tous les exercices qui sont proposés dans la seconde partie de l'ouvrage, éprouvant ainsi qu'ils étaient faisables par des astronomes non professionnels.

La première partie, le catalogue proprement dit, peut être considéré comme un sous-ensemble du "Bright Star Catalogue" (4ème éd 1982) de D.Hoffleit et C.Jaschek. Pour chacune des 1628 étoiles cataloguées, on trouve sa position 2000, la précession pour dix ans, la position galactique, son mouvement propre, sa vitesse radiale, sa parallaxe, les données photométriques UBVRI ou *wby*, sa vitesse de rotation, la classification spectrale, les données relatives à l'étoile dans le cas où elle fait partie d'un système multiple. Les 74 pages de données sont complétées par quatre pages de graphiques tels que "relation entre rayon de l'étoile et magnitude absolue" ou "entre masse de l'étoile et magnitude absolue" ou encore "entre indices de couleur (U-B) et (B-V)" pour les étoiles du catalogue.

La seconde partie de l'ouvrage n'est pas moins intéressante puisqu'elle donne des exemples d'utilisation des données. Exemples : pour déterminer les propriétés physiques des étoiles, distribution, statistique des doubles ou des variables, températures et luminosités. Soit encore pour étudier des échantillons particuliers, les étoiles les plus brillantes ou les plus proches, la forme des constellations, les amas...

Ce catalogue est donc bien un outil indispensable tant pour les clubs que pour tout enseignant à la recherche de données et d'idées pour proposer aux élèves de vrais exercices d'astronomie. Je vous le disais en commençant, juste ce qu'il nous faut. Bravo, amis de Strasbourg, vous avez fait du bon boulot.

Prix 55 F + frais de port (45 F pièce pour 10 à 50 exemplaires) ; chèque à l'ordre de M.L'Agent Comptable de l'Université Louis-Pasteur - Commande adressée à Agnès Acker, Observatoire astronomique, 11 rue de l'Université, 67000 STRASBOURG.

La Comète de Halley est l'occasion d'une floraison de publications et j'aurais aimé détailler les mérites du numéro hors série de la Gazette d'Uranie sur ce sujet. Mais K.Mizar insiste pour le faire en post-scriptum de son feuilleton et je ne peux rien lui refuser. Je peux tout de même souligner combien ce travail du GRAAL convient aux enseignants. Christian Dumoulin, le Lancelot de la Comète.

Formiguères 1984 est le compte rendu de l'Université d'Eté qui a eu lieu à Formiguères du 4 au 13 juillet 1984. Un volume de 350 pages (format des Cahiers) qu'on se procurera auprès du CLEA ou du Laboratoire d'Astronomie d'Orsay (prix 65 F franco). Si vous connaissez déjà les comptes rendus des précédentes écoles d'été, sachez que le cru 84 est à leur hauteur.

La couverture due au talent de Daniel Bardin donne le ton avec la représentation de l'équiplanétocadranpyronoctusextohéliophotoarmillaire, un instrument dont le fonctionnement est simple comme son nom l'indique, et qui évite la dispersion des ateliers en regroupant les réalisations des stagiaires. Au sommaire : un grand siècle en astronomie, le XVII^{ème} (Gilbert Walusinski), les mouvements de la Lune (Victor Tryoën), analyse de la lumière en astrophysique (Florence Durret), structure interne des étoiles (Michèle Gerbaldi), les étoiles variables (Georges Paturel), un Univers de galaxies (Lucette Bottinelli), l'Univers à grande échelle, les faits cosmologiques (L.B.), relativité et cosmologie (Béatrice Sandré). Tout cela représentant les séances du matin, l'exposé de Jacques Dupré sur le repérage dans l'espace et dans le temps n'étant pas repris des comptes rendus précédents.

Viennent ensuite les groupes de travail et les ateliers, la meilleure partie sans doute des écoles d'été, ceci dit sans vouloir minimiser le talent des conférenciers du matin. Ici, cinq notes de groupes : la masse cachée de notre Galaxie, Céphéides et échelle de distances cosmiques, un modèle d'Univers (en application du cours sur "relativité et cosmologie"), quasars, étoiles variables RR Lyrae et distance de l'amas globulaire M.15. Quant aux ateliers qui occupent plus de 70 pages, ils traitent aussi bien de la photographie des constellations que d'une maquette sur les phases de la Lune et les éclipses ou encore la détermination de la masse de Jupiter par l'observation des satellites, la construction et l'utilisation d'une sphère armillaire, d'une carte céleste mobile, etc.

Bien sûr, le compte rendu écrit n'est pas complet. Comment relaterait-il les observations nocturnes, les échanges d'idées sur des thèmes pédagogiques ou scientifiques entre les participants ? Etonnez-vous, après cela qu'au terme des dix jours de stage - pardon, d'Université d'Eté - il y ait à la fois jubilation provoquée par le beau travail accompli dans le meilleur climat convivial et aspiration à des vacances bien méritées.

On comprend aussi que la fabrication du compte rendu demande du temps, certains participants ont sans doute pensé que sa publication était tardive. Mais le volume est à l'image des efforts développés par tous dans la joie à Formiguères et il prolonge tout l'enrichissement du séjour pyrénéen.

A la recherche des extraterrestres

***** par J.Heidmann et J-C.Ribes ; collection "Monde en poche" ; 72 p. ; éd Nathan.

Titre un peu trop accrocheur, jugeront certains. Mais les Auteurs de ce livresont des astronomes qui entendent répondre de façon raisonnable et justifiée, dans le cadre des connaissances actuelles, à la question si importante "nous, êtres vivants terrestres, sommes-nous seuls dans l'Univers ?" Qui ne s'en inquiéterait pas ? Les jeunes en particulier, particulièrement exposés à ne pas toujours faire la différence entre vulgarisation scientifique et science-fiction. Nos Auteurs, ici, prennent donc le sujet au sérieux en analysant les conditions de l'apparition de la vie sur la Terre, en situant cette petite boule dans le système solaire puis cet ensemble Soleil et planètes parmi les étoiles et la Galaxie. Rédaction claire aidée là où ce peut être utile par un petit lexique explicatif. Des indications bibliographiques pour les lecteurs les plus curieux. Les illustrations

ne sont pas des photographies mais des dessins très bien conçus, très explicatifs ; j'ai particulièrement aimé cette page concernant l'apparition de la vie et l'évolution des vivants sur décor de double hélice. Bref, ce petit livre apprend beaucoup de façon sûre et plaisante. A recommander à nos jeunes élèves mais pas forcément à eux seulement.

Le Château des Etoiles

***** *L'étrange histoire de Tycho Brahé, astronome et grand seigneur* par Paul Chatel ; roman, 336 p. ; éd Liana Levi ; 89 F.

Un roman sur la vie de Tycho Brahé ; ne vous attendez donc pas à une étude historique approfondie de ses idées, de ses découvertes, de ses mesures. On est même un peu déçu de ne lire dans le roman aucune allusion à ses observations et mesures sur Mars qui furent si utiles à Kepler pour l'établissement de ses lois. Par contre, on revit avec Tycho la découverte de la nova dans Cassiopée, le 11 novembre 1572 et ses mesures des positions d'étoiles avec son grand quadrant (mais on ne nous dit pas qu'il était gravé selon la méthode du "nonius" ce qui explique la précision des mesures). Pour la petite histoire, j'ai appris, grâce à ce roman pourquoi les portraits de Tycho révélaient un bien curieux profil : un fâcheux accident, au cours d'un duel, avait emporté une partie de son nez. Mais ce qui m'a enchanté, c'est la cause du duel ; Tycho avait traité son adversaire d'imbécile parce qu'il niait l'existence de nombres dont les carrés sont négatifs ; Tartaglia venait de présenter à l'Université de Wittenberg les travaux des algébristes de Bologne et Tycho avait été aussitôt convaincu que des savants comme Bombelli, Cardano et Tartaglia n'étaient pas des fous. Tycho, savant passionné perdit donc son nez pour la gloire des complexes qu'on appelait alors nombres impossibles avant de les baptiser fâcheusement imaginaires.

Le roman nous intéresse aussi pour les relations d'un savant en cette fin du seizième siècle avec le ou les pouvoirs. Il eut aussi une vie familiale et fut le père de treize fils ; il aurait voulu avoir une fille, mais "nos destinées et nos volontés jouent souvent à contretemps" comme disait son compatriote Hamlet (in english, of course).

De la Pierre à l'Etoile

***** *par Jean-Claude Allègre ; 300 p. ; éd Fayard ; 98 F.*

Voilà qui est nouveau dans l'histoire de l'astronomie et marque l'évolution de cette science qui est un carrefour des sciences: un géologue qui est directeur de l'Institut de Physique du Globe de Paris, écrit un livre d'astronomie. En partant de l'étude de la Terre dont il faut bien dire que beaucoup d'astronomes amateurs ne pensent plus qu'elle est une planète comme les autres. Il passe ensuite à l'étude des météorites pour en arriver à ce qu'il appelle "l'aventure planétologique".

Ouvrage de vulgarisation destiné à cette partie du grand public que ne rebute pas un certain effort. L'effort est récompensé car le sujet en vaut la peine. Je regrette un peu que les notes soient limitées à des références bibliographiques, la plupart peu accessibles car majoritairement américaines. Il est vrai que l'Auteur enseigne aussi au M.I.T.

Erratum au carré

***** L'analyse de l'ouvrage sur les puissances de dix (je n'oublie pas les s) publiée dans le Cahier 29 n'était pas due à Maryse Jonas mais devait être signée Anne-Marie Louis. L'une et l'autre ont manifesté gentiment leur étonnement pour le quiproquo et leur accord sur l'analyse elle-même. Que Maryse et Anne-Marie me pardonnent, que cela ne les décourage pas de collaborer à cette rubrique et qu'elles n'oublient pas de signer leurs articles.

G.W.

Chronique du CLEA

Evry Schatzman,

l'un de nos Présidents d'Honneur - et qui honora en effet la première assemblée générale de notre association avec sa belle conférence sur les neutrinos solaires - vient d'être élu à l'Académie des Sciences. Au nom de tous les amis du CLEA, nous lui adressons nos chaleureuses félicitations. Surtout, nous nous réjouissons de voir officiellement reconnus les mérites et les travaux de l'astrophysicien Evry Schatzman en qui maints astronomes français reconnaissaient depuis longtemps leur maître. Les membres de la docte Académie des Sciences ont mis plus de temps à apprécier ces mérites et ces travaux mais ne récriminons pas puisque c'est fait.

Mais il faut aussi parler de l'administration du CLEA et des Cahiers Clairaut.

Réabonnements

Selon le système adopté pour les Cahiers, tous les abonnements étaient à échéance avec le n°28. La page 3 du dit Cahier exprimait donc le souhait que les lecteurs pensassent à renouveler l'abonnement pour la série 29 à 32 et/ou la cotisation 1985 au CLEA. Appel médiocrement entendu : moins de 400 abonnés, donc moins du tiers de tous les abonnés, avaient renouvelé avant l'expédition du Cahier 29. La page 3 de ce dernier renouvelait l'appel, accordant un sursis de trois mois aux retardataires. A la date du 8 août, ceux-ci sont encore plus de cinq cents.

Devons-nous considérer que tous nous abandonnent ? Non, très certainement ; il suffit de consulter la liste pour y reconnaître les noms de collègues fidèles, ... mais négligents. Cependant, nous avons annoncé dans le Cahier 29 que ceux qui n'auraient pas renouvelé à temps ne recevraient pas le numéro 30. Aussi douloureux que ce soit, nous devons nous tenir à ce qui a été décidé. Avec cet inconvénient que l'expédition du numéro 30 qu'ils recevront en retard s'ils se ravisent enfin nous reviendra à plus de 7 F (au lieu de 1,20 F dans le routage normal), sans tenir compte de la manipulation supplémentaire et l'envoi d'une lettre de rappel.

Regrettons aussi que les Collègues qui ne souhaitent pas se réabonner ne nous disent pas en quoi les Cahiers de les ont pas satisfaits. Toutes les remarques, toutes les critiques nous intéressent car elles nous permettent de mieux ajuster la rédaction des articles et la composition des numéros aux besoins des uns et des autres

Adhésions au CLEA

En renouvelant leur abonnement, plusieurs collègues ont posé la bonne question suivante : "A quoi cela sert-il d'être adhérent au CLEA ? Est-ce seulement une manière de soutenir l'édition des Cahiers Clairaut en payant l'abonnement 70 F au lieu de 50 ?"

Répondre à cette interrogation, c'est donner les raisons de la fondation du CLEA. La formation de notre association résulte du besoin ressenti par des astronomes de favoriser et de développer l'enseignement élémentaire de l'astronomie et du même besoin ressenti par des enseignants de participer à cette promotion de l'enseignement de l'astronomie à l'école, au collège, au lycée aussi bien que dans les clubs en s'appuyant sur des connaissances solides continuellement remises à jour. Tout ceci dans une situation de fait : l'astronomie, aux niveaux scolaires, ne figure nulle part comme une discipline spécifique et les programmes d'autres disciplines ne font que des allusions discrètes à des notions d'astronomie. Circonstances moins défavorables qu'il peut paraître puisque l'initiation astronomique peut être une occasion à ne pas manquer de développer un enseignement interdisciplinaire à valeur culturelle.

Comment ? En développant cette initiation partout où c'est possible, clubs scolaires, PAE, disciplines scientifiques reconnues, physique ou math, géographie, travail manuel, etc; en contribuant à la formation continue des enseignants (stages dans le cadre des missions académiques de formation, écoles d'été. En publiant les Cahiers Clairaut,

Adhérer au CLEA, c'est militer en faveur de l'enseignement de l'astronomie, c'est participer à la plus grande diffusion des Cahiers.

les comptes rendus des écoles d'été, des fascicules de documentation.

Ajouter les 20 F en payant l'abonnement-cotisation 70 au lieu de 50 F permet donc à chacun de s'associer à cette action. De plus, au fur et à mesure que les adhérents se connaissent mieux, ils se regroupent localement pour échanger leurs expériences et pour développer dans leur régions les activités astronomiques. Bref, l'abonné simple est un utilisateur du travail du CLEA, l'abonné adhérent prend sa part de ce travail. En particulier, il peut participer à l'assemblée générale annuelle qui fait le point de l'activité de l'association et de ses membres, assemblée qui a lieu en janvier et qui comporte toujours une importante conférence sur un sujet d'actualité astronomique.

Les stages

Ils se multiplient, en général dans le cadre des MAF (Missions Académiques de Formation). Non sans difficultés comme celles rencontrées par Jean Ripert dans l'académie de Nice : après promesse du Chef de mission que le stage d'astronomie pourrait avoir lieu, changement de chef de mission et le nouveau met tous les crédits disponibles sur l'informatique, la lecture et l'instruction civique. Jean Ripert ne se décourage pas et avec Jean-Louis Heudier, il espère trouver des crédits par d'autres voies pour que le stage ait lieu.

Des difficultés du même genre à Paris. On passera outre et tous les lecteurs de la région parisienne sont invités à se retrouver le mercredi 6 novembre 1985 à 14 h 30 à l'amphithéâtre de l'Institut d'Astrophysique, 98 bis bd Arago, 75014 Paris (métro Denfert) : on discutera de l'organisation des séances suivantes avant de suivre une conférence d'actualité.

Ne soyons d'ailleurs pas pessimistes. Dans maintes académies, Limoges, Poitiers, Orléans-Tours, Strasbourg, Grenoble, Nantes, etc des stages ont lieu sous des formes diverses mais toujours avec grand succès.

=====

Les écoles d'été en 1985

Leur singularité fut, cette année de n'être pas singulières mais plurielles : Formiguères 7-16 juillet, Col de Steige 7-14 juillet. Celle de Formiguères était la neuvième école d'été organisée par "l'équipe d'Orsay" depuis celle de Lanslebourg en 1977. Celle des Vosges était la première organisée dans le cadre de la Mission Académique de Strasbourg par ce que je me permettrai d'appeler "l'équipe Agnès Acker".

Dans les Vosges

Donnons lui donc ici la première place, ne serait-ce que pour honorer l'initiative qui ne restera sans doute pas sans lendemain. Il fallait commencer et le succès complet montre qu'il faudra recommencer. Soixante stagiaires et animateurs ont bénéficié de l'hospitalité des locaux de la F.E.C au Col de Steige, au milieu de la forêt vosgienne et par un temps généralement beau ; aucune lumière parasite pour les observations nocturnes. Organisation traditionnelle, cours le matin, travaux par groupes d'après-midi, observations le soir. Tout au moins en principe. Car, dans la pratique, l'ardeur des stagiaires amena à multiplier les travaux de groupes, en particulier pour l'utilisation de l'informatique autour de Christian Dumoulin et de Jean-Paul Parisot ou pour la construction des cartes célestes mobiles et des planétaires autour de Béatrice Sandré. Quant au spectre de Véga, s'il fut obtenu c'est grâce à l'acharnement et l'application d'Eliane Legrand et Jean-Marie Poncelet. N'oublions pas les démonstrations au "Starlab"(en provenance de La Villette) et les séances de films ou de montages individuels pour attendre que la nuit tombe.

Parmi les exposés, ceux de Parisot sur la physique du système solaire, de R.R.J.Rohr sur les cadrans solaires dont il est le grand spécialiste, de G.Walusinski sur la genèse des lois de Kepler. Mais il faut aussi souligner que Agnès Acker assura l'essentiel des cours et tout le succès du stage est dû à son dynamisme grâce auquel elle mobilise les énergies de toute sa famille, époux compris et des collaborateurs compétents dont elle sait s'entourer.

Les stagiaires ont donc quitté Steige après une semaine bien remplie : l'un d'eux a terminé une nuit d'observation à 6 h un certain matin et il était présent au cours à 8h30 du même matin. J'en connais qui ont prolongé le séjour toute la journées du 14 pour terminer un programme d'éphémérides. Un compte rendu complet doit être édité.

Dans les Pyrénées

L'école d'été 1985 de Formiguères n'avait pas reçu le statut d'Université d'été qui avait honoré celle de 1984. Mais je me demande si pour la centaine des participants à l'une ou à l'autre cela a fait grande différence. L'organisation par l'équipe d'Orsay est désormais bien rodée. La camionnette, bourrée de matériel, apporte d'Orsay télescopes, ordinateur établi, outils et stock de bois pour les bricoleurs toujours nombreux et acharnés. Ouverture le 7 juillet à 17 h pour faire connaissance et commencer à choisir son emploi du temps : 29 groupes de travail proposés depuis "période et distance des pulsars" jusqu'à "faire le point" ; 24 ateliers diurnes parmi lesquels "construction et utilisation de la sphère armillaire" a toujours autant d'adeptes, ou encore "température du Soleil mesurée avec un thermomètre à mercure" (oui, mercure sans majuscule), etc

Exposés du matin mobilisant toute l'équipe d'Orsay, Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Béatrice Sandré, renforcée par Florence Durret, Monique Gros et Georges Paturel. On remarquera que Béatrice Sandré a réussi l'exploit de travailler quatre jours à Steige avant de rejoindre Formiguères, localités effectivement voisines à l'échelle cosmogonique familière à Béatrice.

Une réflexion significative d'une stagiaire dans ses réponses au questionnaire de fin de stage ("l'interro") : "L'école d'été d'astronomie devrait servir de locomotive pour que les différents stages de formation soient aussi variés, aussi complets et aussi accrocheurs." Un avis que le CLEA ne manquera pas de communiquer aux services compétents de l'Education Nationale. Mais en est-il de compétents en locomotives ?

D'autres écoles d'été ont été organisées par l'ANSTJ (Association Nationale Sciences Techniques Jeunesse) pour les enseignants désirant mettre en place des PAE scientifiques. Sur les thèmes suivants : 1) Micro et mini fusées, 16-26 août, Bourgueil ; 2) Informatique et robotique, 1-11 juillet, Dijon ; 3) Photo-interprétation 1-7 juillet, Rennes ; 4) Energie solaire, 1-11 juillet, Odeillo. Nous regrettons d'en avoir reçu l'annonce trop tard pour la publier dans le Cahier 29. Nous serions heureux d'en recevoir des échos.

G.W.

A PROPOS DE LA DUREE DU CREPUSCULE

Note de la rédaction : René Dumont a donné dans le Cahier n°29 une première réponse à la question posée par nos amis de Limoges sur la durée variable du crépuscule selon les saisons. Voici aujourd'hui la réponse circonstanciée de Jacques Vialle, correspondant du CLEA pour l'académie de Poitiers. Ce qui n'épuise peut-être pas le sujet.

Le crépuscule civil va du coucher du Soleil au moment où celui-ci franchit le cercle de hauteur -6° (ou de cet instant au lever du Soleil pour le crépuscule du matin encore appelé aube). Cette période n'a aucune importance sur le plan astronomique, mais elle intéresse énormément la vie civile: en principe, au moment où se termine le crépuscule civil du soir, les véhicules circulant sur route doivent allumer leurs feux et les phares et balises de navigation doivent être en fonctionnement. Egalement, les pilotes civils non qualifiés pour le vol de nuit doivent être rentrés au terrain. Les règlements de l'aviation civile fixent la durée du crépuscule à trente minutes après le coucher du Soleil (ou trente minutes avant le lever) mais cette durée n'est que très approximative ; il existe en effet une variation saisonnière de plusieurs minutes avec une durée minimale aux équinoxes. L'explication de ce fait est assez simple dès lors qu'on raisonne sur une sphère et s'applique bien évidemment au cas du crépuscule nautique (fin ou début quand le Soleil franchit le cercle de hauteur -12°) et au crépuscule astronomique (fin ou début quand le Soleil franchit le cercle de hauteur -18°). Dans ce qui suit, on négligera les effets de la réfraction atmosphérique et on admettra une latitude géographique $\varphi = 46^\circ$.

La figure 1 montre ce qui se passe à la tombée de la nuit (ou au lever du jour). Les cercles de hauteur 0° (horizon) et -6° interceptent une certaine fraction de la trajectoire apparente du Soleil sur la sphère céleste. On

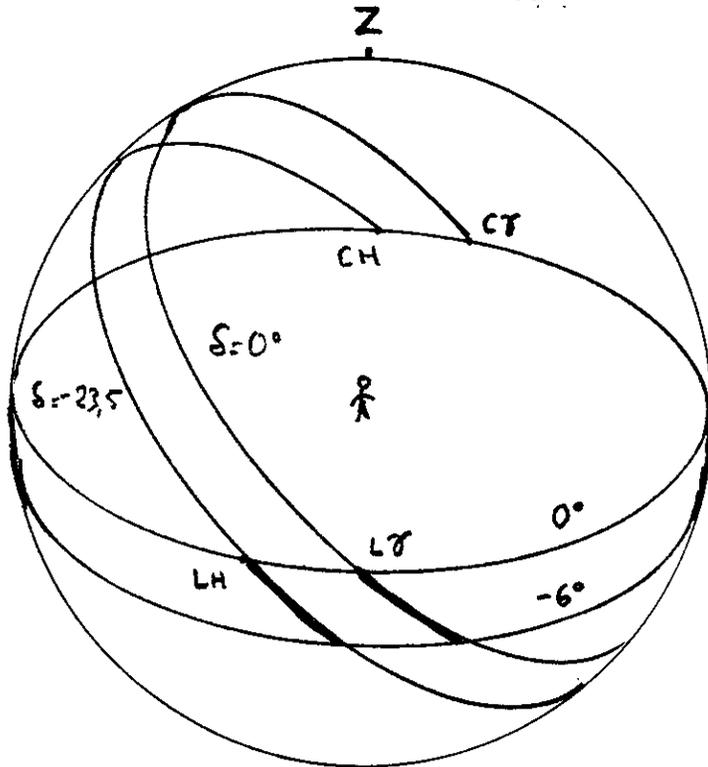


fig 1 : trajet apparent du Soeill pendant la durée du crépuscule civil.

LH : lever hiver
 CH : coucher hiver
 LX : lever équinoxe
 CY : coucher équinoxe

pourrait penser que les arcs de trajectoire interceptés sont égaux comme la figure peut le faire croire ; il n'en est rien. En effet, les mesures de l'arc d'hiver ($\delta = -23^{\circ},45$) et de l'arc de l'équinoxe sont différentes car les degrés du petit cercle de déclinaison $-23^{\circ},45$ sont "moins longs" que ceux du grand cercle de déclinaison 0° . Et ce sont les mesures en degrés qui sont proportionnelles aux durées et non les longueurs des arcs. En d'autres termes, les deux cercles de hauteur 0° et -6° interceptent une portion plus importante (en durée) de la trajectoire apparente du Soleil en hiver qu'à l'équinoxe et le crépuscule, de ce fait, dure plus longtemps. En outre, l'angle entre l'horizon et la trajectoire apparente du Soleil n'est pas constant et varie selon la déclinaison ; la conséquence est que le Soleil "rase" davantage l'horizon aux solstices qu'aux équinoxes ce qui accentue encore la durée du crépuscule. Bien entendu, un raisonnement analogue conduirait aux mêmes conclusions en ce qui concerne l'été.

Il est possible de calculer la durée théorique du crépuscule en utilisant les formules de la trigonométrie sphérique. Un triangle sphérique a pour côtés des arcs de grands cercles joignant ses sommets ; si on connaît les mesures de ses trois côtés on peut calculer les mesures des trois angles (qui sont, en chaque sommet l'angle des tangentes aux côtés). Or, comme le montre la figure 2, le Soleil forme avec le zénith Z et le pôle céleste boréal P un triangle sphérique dont on connaît la mesure des trois côtés:
 mesure du côté Z-S = distance zénithale du Soleil = z
 mesure du côté Z-P = distance zénithale du pôle = $90 - \varphi$
 mesure du côté S-P = complémentaire de la déclinaison de S = $90 - \delta$

Une application des formules classiques de la trigonométrie sphérique permet alors de calculer les trois angles et notamment l'angle en S entre le vertical SZ du Soleil et le cercle d'ascension droite du même Soleil, ainsi que H qui n'est autre que l'angle horaire du Soleil, angle entre le méridien du lieu (qui contient Z-P) et le cercle d'ascension droite du Soleil Z-P (encore appelé cercle horaire du Soleil). On trouvera ces formules dans un traité d'astronomie fondamentale, par exemple Astronomie générale de A.Danjon, p24 et 53-54.

$$\operatorname{tg} \frac{H}{2} = \sqrt{\frac{\cos(\varphi - \delta) - \cos z}{\cos(\varphi + \delta) + \cos z}} ; \operatorname{tg} \frac{S}{2} = \sqrt{\frac{\sin(\delta + z) - \sin \varphi}{\sin \varphi - \sin(\delta - z)}}$$

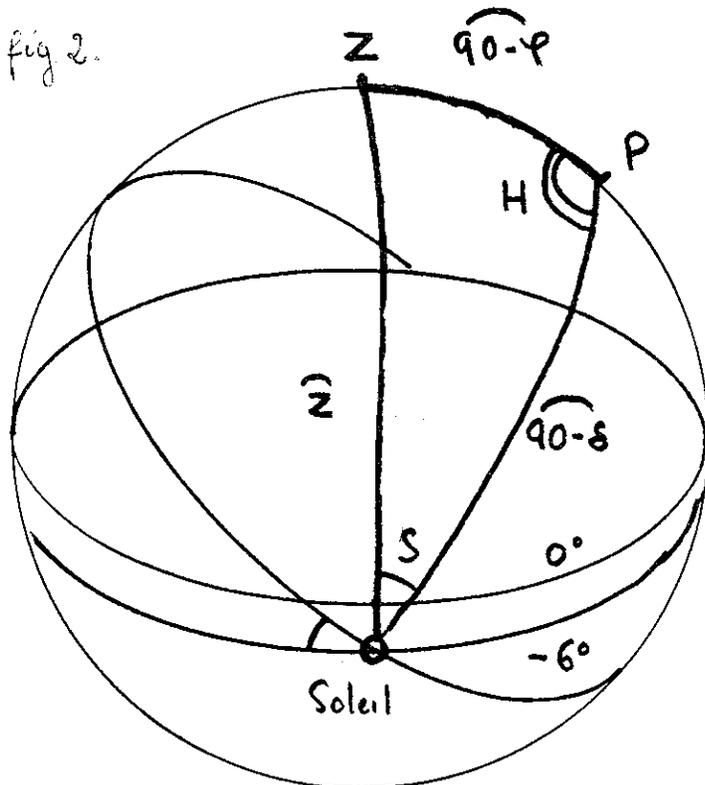
On vérifie que si le Soleil est sur l'équateur céleste ($\delta = 0^\circ$), il se couche ($z = 90^\circ$) exactement six heures après être passé au méridien. Dans ces mêmes conditions, la trajectoire du Soleil fait avec l'horizon un angle de 46° , le complémentaire de l'angle en S du triangle sphérique.

Le tableau suivant résume la valeur de l'angle en S pour $z = 90^\circ$ et les valeurs de l'angle horaire H aux différentes saisons :

Déclinaison du Soleil	angle en S pour $z = 90^\circ$	angle horaire H		durée du crépuscule
		$h = -6^\circ$ $z = 96^\circ$	$h = 0^\circ$ $z = 90^\circ$	
$-23^\circ,45$	$38^\circ,36$	4h53	4h13	40 min
0°	44°	6h34	6h	34 min
$+23^\circ,45$	$38^\circ,36$	8h31	7h46	45 min

La table de la page 72 des Ephémérides du Bureau des Longitudes donne des valeurs légèrement inférieures pour la durée du crépuscule (respectivement 36, 31 et 40 min), c'est parce que le calcul qui a conduit aux valeurs données dans le tableau ci-dessus néglige l'effet de la réfraction atmosphérique.

Jacques Vialle



8. La comète à Paris.

Le diagramme fig. 8a donne les heures de lever et de coucher de la comète et du Soleil, à Paris, entre août 85 et septembre 86. Figurent également les périodes de Pleine-Lune (o), les heures de culmination de la comète (passage au méridien Sud), et sa magnitude apparente pour des conditions idéales d'observation.

Le graphique 8b indique, pour quelques dates, la position de la comète dans le ciel parisien: en ordonnées la hauteur au-dessus de l'horizon, et en abscisses l'azimut, compté à partir du méridien Sud. C'est en fait une représentation dans le plan de l'hémisphère céleste visible.

Par exemple, le 1/11/85, la comète se lève vers 19h TU, dans la direction NE-E, culmine à 2h30mn TU le 2 nov. à 63° de hauteur, puis descend vers l'Ouest. Après 5h TU, les lueurs du Soleil levant empêchent de la voir.

Le 1/12, elle sera haute quand la nuit deviendra noire, et restera visible jusqu'à son coucher, vers 3h TU le 2/12. Sa magnitude de 6,4 demandera d'excellentes conditions atmosphériques pour l'observation à l'oeil nu, donc loin des grandes villes... Par contre, elle sera visible dans des jumelles ou dans un petit télescope.

En février 86, elle sera dans la direction du Soleil, donc invisible. En mars ou avril, la latitude trop élevée de la France ne permettra pas de l'y voir. Début mai, elle reprendra de la hauteur, mais sa magnitude diminuant de jour en jour, elle sera difficilement observable.

Finalement, en France, ou à une latitude équivalente, on ne la verra correctement qu'en novembre et décembre 85.

9. La comète à la Réunion.

Pour observer la comète en mars ou avril 86, il faudra se situer à une basse latitude géographique. En effet, la déclinaison de la comète atteint $-47^{\circ},5$ le 10 avril. La hauteur de culmination étant donnée par la relation $h=90^{\circ}-\varphi+\delta$ (φ est la latitude géographique), il faut avoir $\varphi < 42^{\circ},5$ pour que h soit positif, donc l'astre au-dessus de l'horizon. Plus on va vers le Sud, plus cette hauteur est importante.

Des missions d'observation étant prévues à la Réunion, (-21° S; $55^{\circ},5$ E) faisons ce voyage dans l'espace et dans le temps grâce à un micro-ordinateur...(fig.9abcd).

Visible tous les jours, la comète se lève vers l'Est, culmine au Nord (on est dans l'hémisphère Sud), et se couche vers l'Ouest.

Le 12/3/86, sa déclinaison est -21° : elle passe alors au zénith de l'île. Mais cela se produira de jour car l'élongation n'est que 52° . Cette élongation dépasse 90° du 29 mars au 2 juin. C'est dans cette période que la comète passera la nuit au zénith du point de latitude égale à la déclinaison. Ce sera le cas par exemple:

-en Nouvelle-Zélande le 5 avril à 16h52mn TU (lever du Soleil vers 19h),
-en Patagonie le 9 avril à 7h11mn.

Après le 12 mars, à la Réunion, la comète culminera au Sud, car sa déclinaison diminue. Le "minimum" de culmination Sud a lieu le 10 avril: $\delta = -47^{\circ},1$ d'où $hc = 90^{\circ} - (-21^{\circ}) + (-47^{\circ},1) = 63^{\circ},9$.

Puis δ augmente, et la comète "remonte" progressivement. Elle repasse le zénith le 28 avril à 17h TU, de nuit cette fois, car le Soleil se couchera à 14h TU. Elle culmine ensuite au Nord, mais sa magnitude croît vite...

Le diagramme 9d est un regard vers le zénith de la Réunion, en coordonnées polaires (hauteur, azimut). Les nombres sur les courbes indiquent les heures TU.

Début avril 86 donc, à la Réunion, la comète sera très visible dans le ciel. Sa magnitude de 4,1 et sa proximité de la Terre devraient en faire un beau spectacle à l'oeil nu. Pour ceux qui ne feront pas ce détour, il restera les photographies des sondes, "Giotto" et autres...

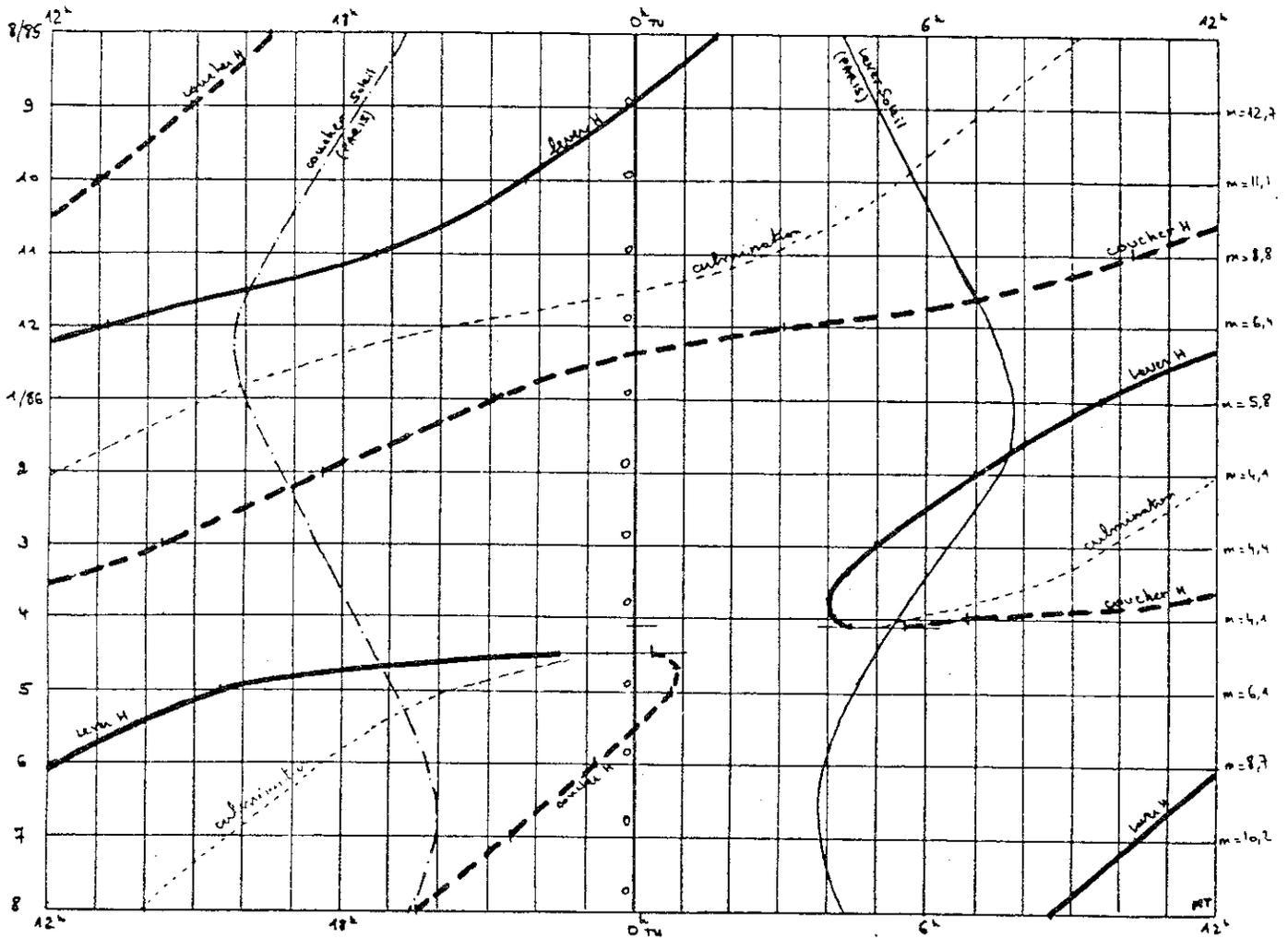


Fig.8a Heures TU de lever et coucher, à Paris

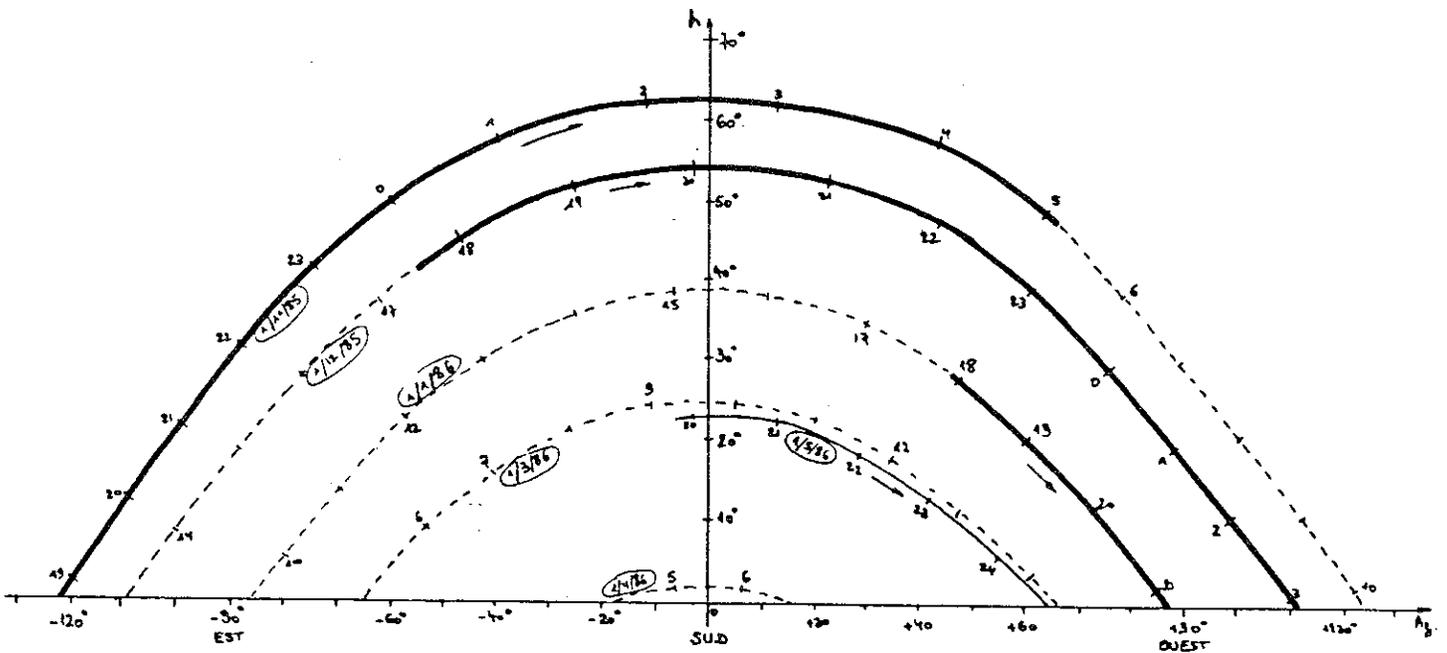


Fig.8b La Comète de Halley dans le ciel de Paris.

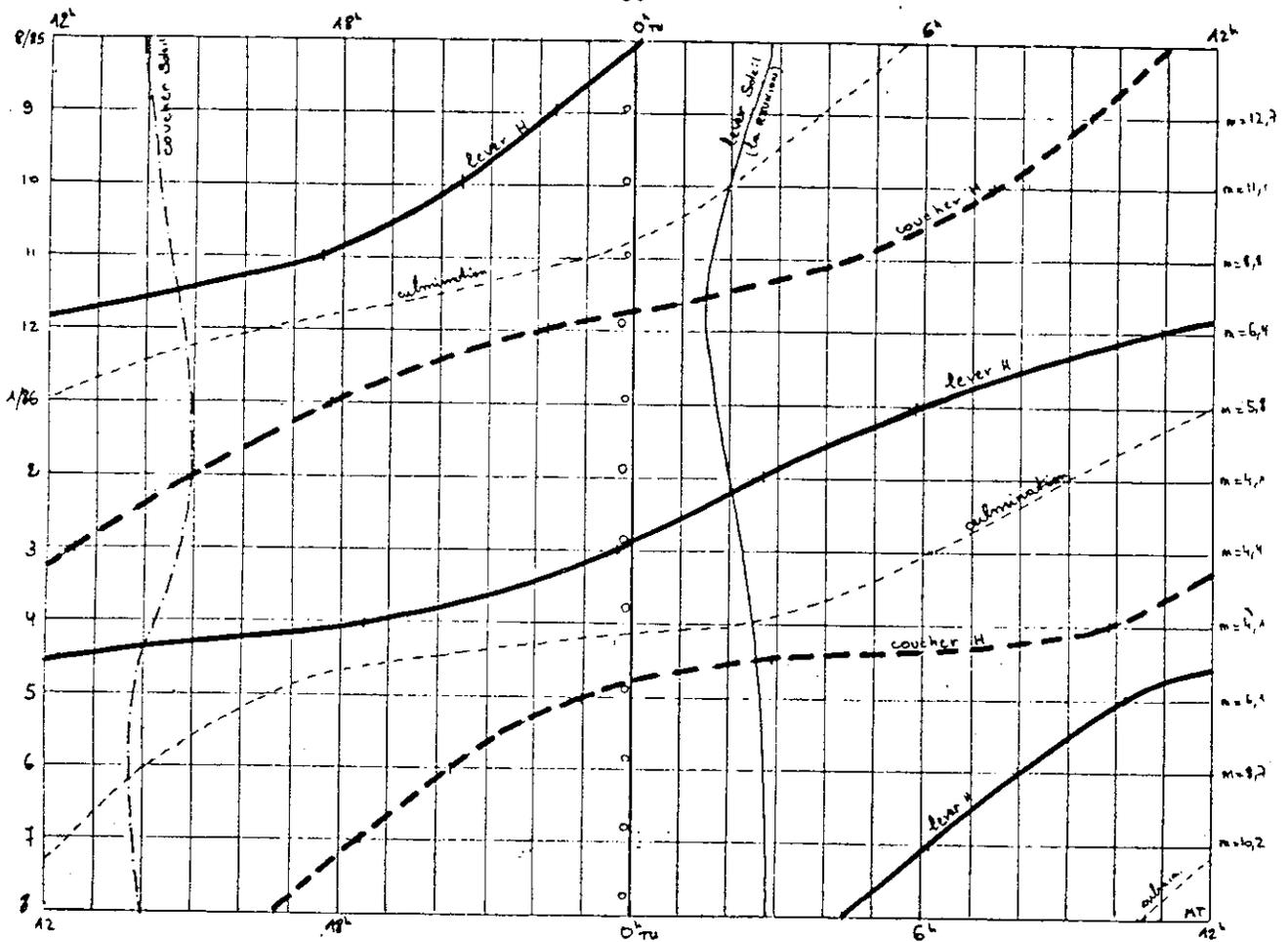


Fig.9a Lever et coucher à la Réunion (-21°S ; 55,5 E)

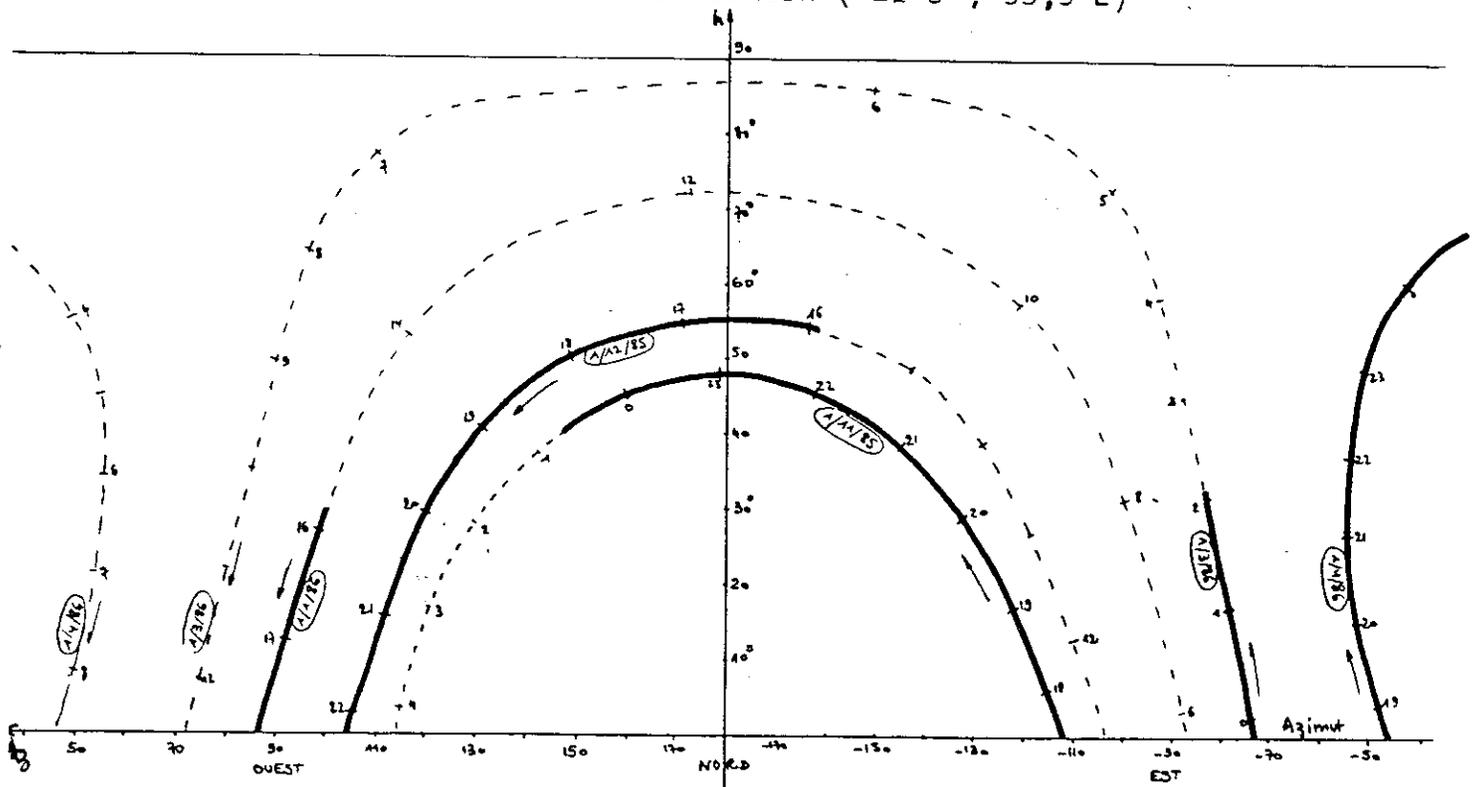


Fig.9b La Comète dans le ciel de La Réunion, de nov.85 à mars 86.

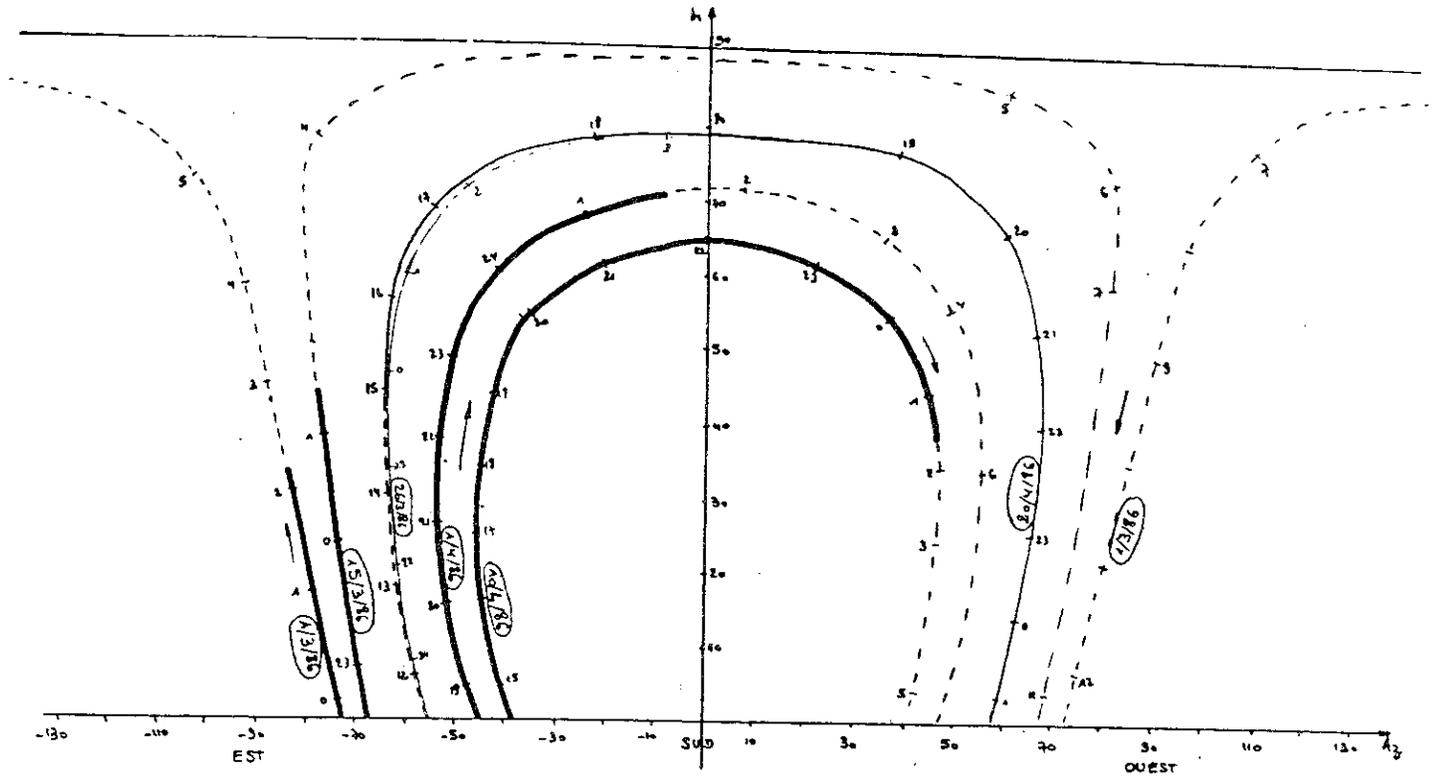


Fig.9c La Comète dans le ciel de La Réunion, après le passage au périhélie.

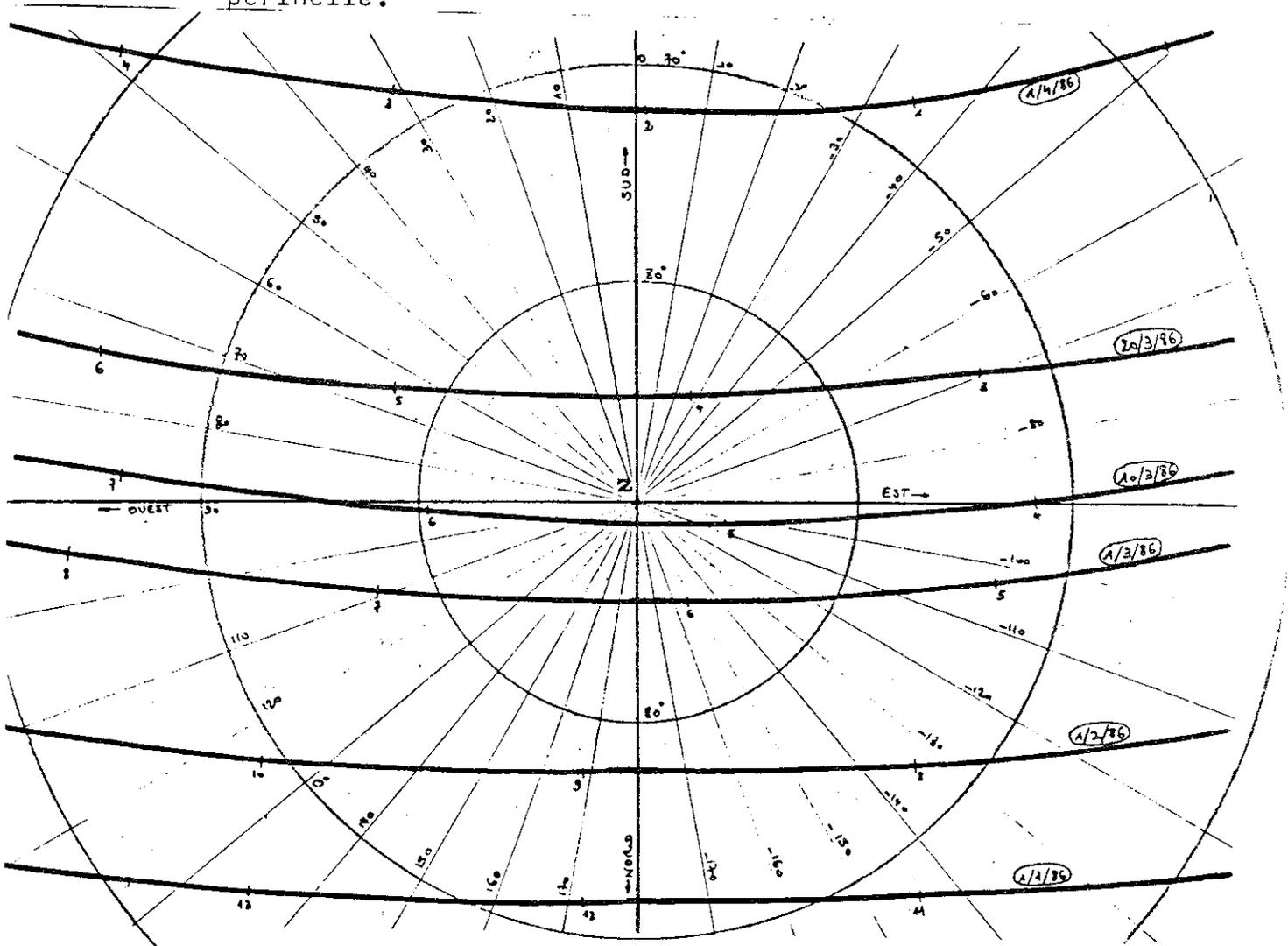
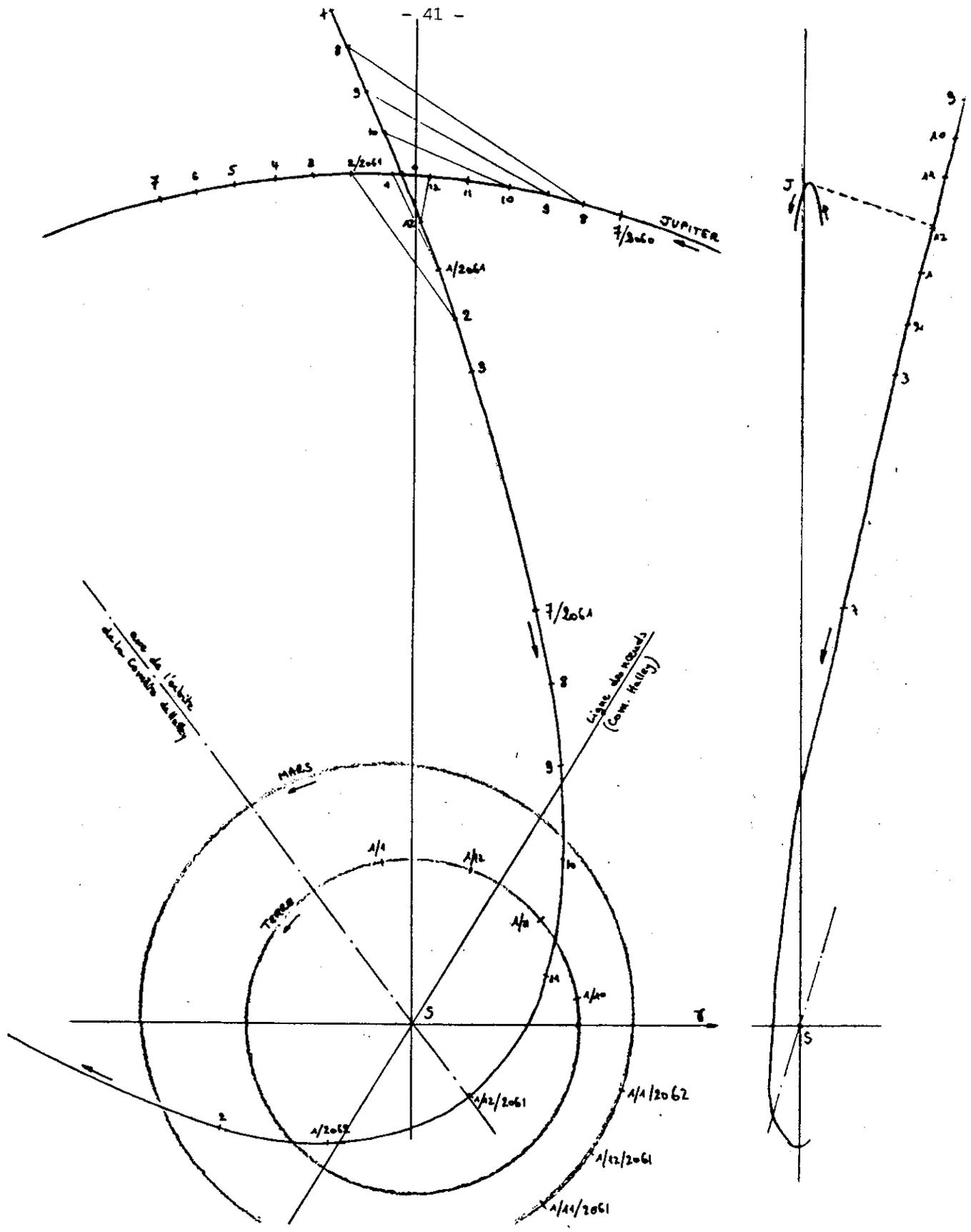


Fig.9d La Comète passe au zénith de La Réunion.



10a. Vue en plan.

10b. Vue en coupe.

Fig.10 Le retour de la Comète de Halley en 2060/2061.

10. Et dans 76 ans ?...

La comète va poursuivre sa ronde elliptique, et si tout se passe bien, elle reviendra voir nos arrière-petits-enfants en décembre 2061.

Mais en y regardant de plus près, on s'aperçoit qu'elle va passer à "proximité" de Jupiter.

D'après mes calculs (1), à la fin de novembre 2060, la distance Comète-Jupiter sera 0,77 UA, la comète étant à presque 5 UA du Soleil. Les vitesses par rapport au Soleil seront 13,3km/s pour Jupiter, et 17,7 km/s pour la comète.

La fig.10 présente cette rencontre, en plan et en coupe du plan écliptique. Les nombres sont les numéros des mois, correspondant aux positions le 1er du mois.

D'après la loi de Newton, le rapport des forces d'attraction de Jupiter et du Soleil sur la comète est :

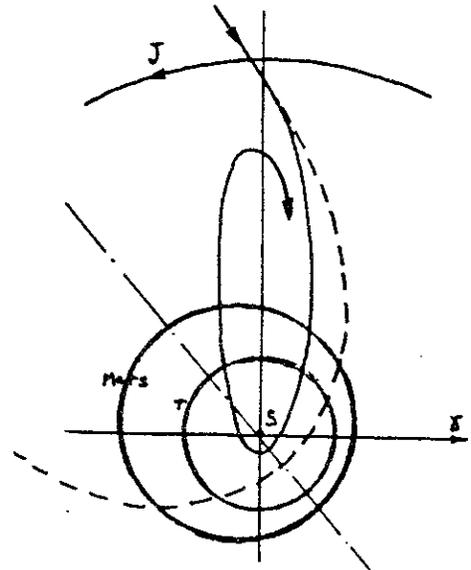
$$\frac{F_J}{F_S} = \frac{M_J}{M_S} \times \left(\frac{D_{SC}}{D_{JC}} \right)^2 = \frac{1}{1047} \times \left(\frac{5}{0,77} \right)^2 \approx 4 \%$$

Ainsi, Jupiter exercera une force non négligeable sur la comète, par rapport à celle due au Soleil qui lui fait parcourir son orbite.

Il devrait en résulter un bouleversement dans l'orbite de la comète: accélérée vers le Soleil, elle y passera plus près, au périhélie. Les autres paramètres orbitaux (e, a, i, Ω, ω) seront modifiés, et c'en sera fini de la période de 76 ans que justement Halley avait découverte !

Cette capture est de même nature que le "ricochet" gravitationnel utilisé par les sondes Voyager lors des survols de Jupiter et de Saturne.

Au 18^è siècle déjà, Alexis Clairaut avait étudié le mouvement de la "jeune" comète de Halley: en calculant les perturbations dues à Jupiter et à Saturne, il avait prévu une modification de l'orbite, et un retard au rendez-vous.



10c. La future orbite (?) de la Comète de Halley.

Michel TOULMONDE

Agrégé de Physique

École Normale de l'Essonne (91)

COURRIER DES LECTEURS

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Un planétarium pour Midi-Pyrénées La Société d'Astronomie Populaire de Toulouse a été chargée par Science Animation d'assurer la circulation, dans la région Midi-Pyrénées, d'un planétarium itinérant autour duquel sera créée une animation scientifique. Ce planétarium, de marque STARLAB, accueille environ 25 personnes par séance sous coupole gonflable. La qualité et les conditions de projection sont comparables à celles des grands instruments fixes ; les quelques privilégiés ayant pu assister, début 1983, aux séances organisées par la S.A.P. dans le cadre d'une campagne d'expérimentation suscitée par le Musée de la Villette peuvent en témoigner. Son encombrement, minime lorsqu'il est emballé (une soixantaine de kilos répartis en trois valises et un sac) reste raisonnable une fois déployé : ses 30 m² au sol, pour une hauteur de 3,2 m, s'accommodent facilement d'une salle des fêtes, d'un gymnase, d'un hall... Et le tout ne nécessite qu'une simple prise de courant pour fonctionner. Un incomparable instrument pédagogique à la disposition de toute association, club, établissement scolaire, comité d'entreprise,...

Un dossier détaillé de présentation auquel sont joints des formulaires de réservation sera envoyé sur simple demande écrite à SCIENCE ANIMATION, Planétarium STARLAB itinérant, 1 av Camille Flammarion, 31500 TOULOUSE.

Astroguindaine est une association que gère La Guindaine, une très belle maison que possède la commune de Villar d'Arène (Hautes-Alpes) ; altitude 2 000 m ; entre le village et le col du Lautaret. Cette maison peut accueillir des visiteurs d'un soir, des stagiaires pour une semaine qui peuvent profiter d'un matériel d'observation. Pour tout renseignement, s'adresser à La Guindaine tél (76)799108 ou à G.POTIER, 99 bd de la Croix-Rousse, 69004 LYON tél 178270102

Newton 406 est une association créée en juin 1982 par Dany Cardoen, astronome amateur belge. Elle a trois objectifs : 1) mettre à la disposition des amateurs, universitaires, étudiants, un matériel professionnel qui permette de travailler dans de bonnes conditions en particulier en se spécialisant dans différents domaines tels que l'astrophotographie, la fabrication d'optiques, etc ; 2) mettre à la portée de tous l'astronomie en général ; une soirée d'activité pour le grand public sera organisée chaque semaine durant la saison estivale, des stages d'initiation, des rencontres, des colloques seront organisés sur place ; 3) fabriquer des instruments professionnels à des prix intéressants. Pour réaliser ces projets, elle dispose d'un terrain sur une colline où la coupole qui hébergera le grand télescope de 1060 mm de diamètre est construite ; elle dispose déjà d'un télescope de 406 mm et de nombreux autres instruments. Le grand télescope et une caméra Schmidt sont en construction (fin prévue pour 1986). Pour tout renseignement, écrire ou téléphoner à NEWTON 406, La Remise, 04700 PUIMICHEL, tél 92 79 94 28.

Parmi nos lettres Dans le courrier du CLEA, des remarques diverses toujours sympathiques dont nous donnons quelques extraits.

De François Bouyer (97427 L'ETANG SALE, La Réunion) : "Je vois que la comète commence à échauffer les esprits... Dans mon lycée, je suis impliqué dans un PAE sur ce sujet. Avec mes collègues, nous serions preneurs, pour ne pas dire avides, de toute suggestion d'observation, d'expérience, de collaboration que notre position favorable rendrait plus réalisable que chez vous." Excel^lente proposition transmise à tous les lecteurs.

De Ph.Malburet (13540 PUYRICARD) : "Je travaille un petit peu au laboratoire d'astronomie spatiale de Marseille sur la comète de Halley ; je prépare une exposition sur celle-ci pour le mois d'octobre au Musée d'Histoire naturelle d'Aix en Provence."

Jean-Claude Blanc (30000 Nîmes) souhaite lire dans les Cahiers "davantage d'applications pratiques à l'usage des enseignants du primaire." Souhait que partage la Rédaction ; que les collègues qui expérimentent dans ce domaine nous écrivent et nous envoient des documents, nous les utiliserons.

De M. Verdenet (71140 Bourbon-Lancy) : "A propos des observations lunaires en Quatrième : je pratique ce travail d'observation avec mes élèves (cinq ou six classes selon les années) depuis 8 ans. Je leur demande un croquis du paysage, l'orientation et la forme de la Lune. Cela dure de deux mois à deux mois et demi ; j'ai obtenu jusqu'à 65 dessins avec commentaires, couverture illustrée, etc ... pour les meilleurs. Ceux qui ont compris pratiquent le panoramique du paysage qu'on reconnaît au fur et à mesure des jours. Les parents se piquent au jeu ; lors des rencontres parents-enseignants, beaucoup m'ont avoué avoir découvert ce qu'ils ignoraient dans les mouvements et les formes." Une expérience qui peut intéresser Jean-Claude Blanc ; un exercice qui peut être adapté à tous les âges et n'oublions pas de faire inscrire sur les schémas la date et l'heure.

Des compliments sur la rédaction des Cahiers Clairaut qui nous font rougir (de plaisir, autant l'avouer) de Claire Goumy (Périgueux), Françoise Raba (Pontarlier). Merci à ces lectrices indulgentes mais ne nous emballons pas. René Dumont (Observatoire de Bordeaux) nous écrit que nous avons eu raison de reprendre la frappe de sa note sur le crépuscule (CC 29 p 37) pour la faire tenir en une page mais il ajoute : "Je remarque d'ailleurs que la durée du crépuscule n'est pas seule à être minimale aux équinoxes ; il semble que la même loi s'applique au nombre de h dans le mot hypoténuse, puisque ce nombre était de 1 dans le manuscrit que j'avais rédigé fin mars, et qu'il a doublé lors de la parution dans le n°29 des CC, c'est à dire au solstice ! Trêve de sarcasmes ; bien qu'on puisse toujours dire qu'il s'agit de questions de forme, donc mineures, il me paraît regrettable qu'une publication de la valeur pédagogique des CC ait autant de fautes de frappe, et ne soit pas davantage vigilante à ne pas participer au déclin général de l'orthographe. Dans les seules pages de la "marquise", je dénombre une dizaine d'erreurs typographiques ou orthographiques, sans compter celles corrigées manuellement. Certaines sont graves, comme le 10⁻⁶ (au lieu de 10⁻¹⁶ mètres très vraisemblablement) ; d'autres moins telles que les s qui manquent au pluriel et jusque dans l'errata."

Tu as tout à fait raison, Collègue et nous te promettons d'être plus vigilants mais juste au moment où je te fais la promesse, ma machine saute une ligne par ma faute et je renonce par paresse à reprendre toute la page. Sur le fond, comment ne pas être de l'avis de René Dumont. On voudrait avoir le droit de reprendre à notre compte ce qu'écrivait Paul Valéry en tête de "L'Idée fixe" : "Quant à la forme, l'Auteur, sollicité de près de mener rondement son ouvrage a donc pris le parti d'imputer le désordre de son esprit sous pression de temps au désordre et à la divagation naturelle d'une conversation toute libre (une conversation en effet fort libre entre Valéry et Henri Mondor) ; et il a dû se résoudre à "écrire comme on parle", - conseil qui peut-être était bon à l'époque où l'on parlait bien." Car il est vrai que rédiger, taper les Cahiers, nous le faisons toujours sous la pression du temps pour tenir le rythme trimestriel qui suffit à nos moyens. Mais il est encore plus vrai qu'on ne gagne pas du temps à multiplier ici les h alors qu'ailleurs on supprime quelques s indispensables, surtout dans la référence au titre d'un livre, Puissances_u de dix...

Les activités du groupe Ciel des CEMEA

Elles sont nombreuses et variées, le bulletin intérieur du groupe en fait le bilan. En plus de l'aide à de nombreux PAE ; il y aura eu trois stages en 1985 : météorologie du 1 au 6 avril,

maquettes et instruments de mesure en astronomie du 6 au 14 juillet, découverte du ciel du 17 au 25 août. Rappelons aux lecteurs des Cahiers les adresses des membres du Conseil du CLEA qui sont aussi animateurs du groupe Ciel des CEMEA : Jeanine Chappelet, le Soleil, 63 av Borrighlione, 06100 NICE ; Francis Minot, la Charbonnière, route de Noviron, 08300 RETHEL.

Astronomie angevine L'AAA (Association Astronomique de l'Anjou, app 93, 12 square des Caléïdes, 49000 Angers) organise des réunions le samedi soir. Elle aimerait avoir des contacts avec les membres du CLEA qui résident dans la région.

Observatoire de Narbonne Jacques Cazenave, professeur de physique au lycée technique de Narbonne nous envoie un riche dossier "Radioastronomie" réalisé par l'Observatoire de Narbonne. Celui-ci a été créé par l'Association Narbonnaise d'Astronomie populaire et le club Messier 11, tous deux membres de la Fédération d'Astronomie Populaire Amateur du Midi. Ce dossier rend compte de la construction d'un matériel de réception de signaux faibles en provenance du ciel.

PAE de Tinténiac Deux anciens de l'école d'été de Grasse 1983, P.Rimasson, R Torre ont réalisé un PAE "mécanique, astronomie, histoire et théâtre" avec les élèves de CPPN au Lycée d'Enseignement Professionnel de Tinténiac (Ille et Vilaine). Un éveil à l'astronomie, un voyage au planétarium de Nantes, une construction de télescopes, une exposition sur le thème "les astronomes sont des mécanos", tout cela avec des élèves de CPPN souvent considérés comme ne pouvant s'intéresser à rien ; ce beau travail dans un LEP spécialisé en mécanique automobile. Bravo les Amis et merci d'avoir donné un tel prolongement à l'école d'été de Grasse.

L'astronomie à Grenoble Des bibliothèques, sections enfants ou adultes, veulent organiser des manifestations autour de l'astronomie durant le dernier trimestre 1985. Nos Amis grenoblois auront à cœur d'y participer.

Un devoir de vacances Jean-Paul Rosenstiehl, animateur du Club d'Astronomie de l'Université du Maine, nous écrit : "Si le CLEA accepte de céder quelque peu à la mode "rétro" qui agite l'école, après avoir chanté la Marseillaise le 14 juillet, les élèves pourront meubler leurs vacances avec des exercices tels que celui-ci :

On désigne par S, V, T les centres du Soleil, de Vénus et de la Terre. On admet que les orbites de V et de T autour de S sont circulaires et coplanaires. Soient T_1 et T_2 les durées des révolutions sidérales de Vénus et de la Terre.

1. Calculer le rapport des rayons a_1 et a_2 des orbites de V et de T en prenant les valeurs suivantes $T_1 = 224,701$ j et $T_2 = 365,256$ j.

2. Le 3 avril 1985 à 14 h UT, Vénus était en conjonction inférieure avec le Soleil (alignement SVT dans cet ordre). Exprimer l'angle $\theta = \widehat{TSV}$ à un instant t compté à partir de la date indiquée ci-dessus. En déduire la date de la prochaine conjonction inférieure.

3. Vénus atteint sa plus grande élongation lorsque l'angle \widehat{STV} devient maximal. Déterminer cet angle et en déduire la prochaine date où ce phénomène aura lieu.

4. Exprimer la distance Terre-Vénus en fonction de t , l'origine étant la date donnée à la question 2. Faire la représentation graphique de l'expression obtenue. En déduire la date à laquelle la Terre est équidistante du Soleil et de Vénus pendant l'année 1985. (Solution-corrigé dans le Cahier 31)"

ASTRONOMIE ET PHILOSOPHIE

VIII - Le problème du temps et de la vie.

Nous abordons aujourd'hui le problème du temps, à la fois du point de vue philosophique et du point de vue de la cosmologie.

Nous savons que le temps est, avec l'espace, l'un des concepts premiers de notre pensée qui nous permettent de décrire les phénomènes que nous percevons. Cependant le concept de temps semble peut-être plus fondamental que celui d'espace, en ce sens que si nous cherchons à faire le vide en notre esprit, à nous débarrasser de toute perception extérieure, à oublier toute connaissance acquise, dans une attitude philosophique introspective visant à la recherche d'une vérité très première, comme le fameux "je pense donc je suis", il subsiste cependant encore en nous la conscience du temps qui passe.

Du point de vue scientifique, la représentation mathématique du temps est conçue à l'image de l'espace, en ce sens que l'ensemble des instants cosmiques est représenté par l'ensemble des points d'une droite.

On notera que cette représentation impose a priori au temps certaines propriétés, par exemple celle de la continuité, ou le caractère ponctuel de l'instant, très discutables au point de vue cosmologique, la totalité des phénomènes contenus dans l'instant cosmique n'étant pas observables instantanément à cause de la valeur finie de la vitesse de la lumière. Voilà bien des épineux problèmes. Par contre la structure d'espace vectoriel de l'ensemble des points d'une droite avec sa relation d'ordre total traduit bien la propriété première du temps, qui apparaît comme une relation avant-après dans l'ordre des phénomènes physiques.

Mais malgré les difficultés d'ordre philosophique qu'elle soulève, la représentation spatiale du temps a fait ses preuves scientifiques. Elle n'est d'ailleurs qu'une conséquence du principe de Galilée qui établit l'existence d'une relation temps-espace, en posant l'existence de mouvements uniformes.

Ces derniers apparaissent alors davantage comme une structure de l'univers que comme des mouvements particuliers. Rappelons de façon plus précise que le principe de Galilée, encore appelé principe d'inertie, pose l'existence de systèmes de référence, dits inertiels, par rapport auxquels la particule libre (c'est-à-dire le point matériel non soumis à l'action d'une force) décrit un mouvement uniforme.

On notera la valeur épistémologique du principe de Galilée. Sans lui, comment parler de l'égalité de deux durées? Une seconde appartenant au passé est à jamais insaisissable et ne peut être superposée, pour lui être comparée, à une seconde dans l'avenir. Mais le principe de Galilée permet de dire, par définition en quelque sorte, que ces durées sont égales si une particule libre a parcouru par rapport à un système d'inertie des trajets égaux pendant ces deux durées.

Le problème du temps soulève deux questions essentielles: le passage du temps, et le sens dans lequel s'effectue ce passage.

C'est la théorie de la relativité restreinte établie par Einstein qui ébauche une explication du passage inéluctable du temps. L'un des résultats, déconcertants certes, mais non paradoxal, de cette théorie est la relativité des durées, et, partant, celle de la simultanéité. Deux événements simultanés pour un observateur ne le sont pas nécessairement pour un autre. C'est une question de vitesse relative entre les observateurs et les effets relativistes ne sont en fait sensibles que lorsque les vitesses en jeu deviennent proches de celle de la lumière, ce qui les exclut de la plupart des expériences courantes. Au contraire, pour des observateurs immobiles les uns par rapport aux autres, le temps est le même pour tous, c'est leur temps propre.

On montre alors que le passage du temps est la conséquence logique du caractère matériel du monde, où toute particule ne peut avoir une vitesse supérieure à celle de la lumière. Toute durée propre est nulle pour le photon. Ainsi pour arrêter le temps, il faudrait pouvoir aller plus vite que la lumière, ce qui est une impossibilité physique absolue.

Dans un espace gravitationnel, nous pouvons arrêter notre chute vers le centre d'attraction, maintenir notre distance à ce centre. C'est une question d'énergie, bien illustrée par l'exemple des satellites artificiels. Mais quelle que soit l'énergie dont nous disposons, nous ne pourrions maintenir constant le paramètre temporel, arrêter l'évolution d'un système physique, le faire remonter vers ses états antérieurs.

Dans un autre monde au contraire, où toutes les particules auraient toujours une vitesse supérieure à celle de la lumière, une énergie suffisante arrêterait le temps mais aucune énergie ne pourrait s'opposer à l'écroulement de toute la géométrie de l'espace vers le centre attractif, entraînant inexorablement avec elle la particule d'épreuve, placé alors devant l'impossibilité de se maintenir à distance constante du centre. Ainsi la structure la plus profonde du cosmos réside dans le dualisme entre deux réalités, l'une à caractère statique, l'autre à caractère variable et s'identifiant indifféremment, selon les conditions particulières de la physique, l'une avec l'espace, l'autre avec le temps.

Parce qu'à l'échelle cosmique il est possible de trouver un système de référence par rapport auquel toutes les galaxies sont pratiquement immobiles, on en déduit qu'elles ont toutes même temps propre, le nôtre en particulier, et ce temps commun à l'ensemble du cosmos est appelé pour cette raison temps cosmique. Il est la forme la plus dépouillée du temps, la plus propice à étudier en soi le passage du temps, parce qu'à cette échelle, le temps cosmique englobe largement toutes ses distorsions relativistes dues aux effets locaux des particules à grande vitesse.

Ainsi, c'est seulement à l'échelle cosmique que l'on peut espérer trouver une explication du sens suivant lequel s'effectue le passage du temps.

On peut y voir une image de l'évolution de l'univers, conformément au second principe de la thermodynamique. C'est l'évolution vers l'état de plus grande dégradation de l'énergie, d'entropie maximale, le passage de l'ordre au désordre. Cet effet d'évolution cosmique explique l'irréversibilité apparent des phénomènes locaux. Ce ne serait pas contraire aux lois de la physique, particulières et réversibles, que la statue brisée se reconstitue spontanément, ce serait seulement très improbable dans un univers en expansion, en évolution entropique conforme au second principe.

Mais l'immense étendue de l'univers laisse sa chance à l'improbable. Ça et là, rarement, des phénomènes peuvent se produire à contre courant de l'évolution universelle. Telle est, peut-être, l'explication du phénomène de la vie, qui, sous l'extraordinaire diversité de ses manifestations, apparaît essentiellement comme une organisation, une mise en ordre de ses éléments pour les adapter à certaines fonctions, marche vers l'ordre, éphémère certes, qui tôt ou tard sera submergé par la marche au désordre de l'univers tout entier. A la limite de cette idée, une expansion indéfinie de l'univers traduirait finalement l'échec de toutes les tentatives de vie, alors qu'une limite à l'expansion traduirait la transformation totale ou quasi totale de la matière inerte en matière vivante, avec renversement du sens de l'entropie. La pensée, véritable couronne de la vie, accentue encore son sens d'évolution à l'échelle de nos expériences, la statue brisée ne pourra être reconstituée que par un être pensant.

Si donc le temps n'est que la traduction de l'évolution irréversible de l'univers conformément au second principe, un univers en expansion monotone (par exemple le modèle stationnaire), explique bien le sens du passage, la flèche du temps. Par contre l'existence d'une singularité, l'explosion primordiale par exemple, parce qu'elle annule toute la géométrie et, avec elle, toute la physique de l'espace, pose un problème très difficile. Ou bien elle est originelle et se présente alors comme une rupture de la relation avant-après, une rupture du temps; ou bien elle sépare une phase de contraction et une phase d'expansion de l'univers. Or l'existence d'une phase de contraction de l'univers nous placerait devant le dilemme de retourner la flèche du temps, de voir le temps s'écouler du futur au passé ou de renoncer au second principe de la thermodynamique.

Le problème est d'autant plus aigu que les observations semblent bien converger vers la solution d'un modèle à explosion primordiale. L'espoir d'une réponse est entrevu par les études récentes des singularités de l'espace-temps, élaborées à l'occasion de la théorie du trou noir. Si le devenir inéluctable de certaines étoiles massives est de disparaître derrière l'horizon de leur sphère de Schwarzschild et s'il est vrai que le trou noir est un véritable univers indépendant du nôtre, pourquoi notre propre univers ne serait-il pas, lui aussi, une singularité d'un cosmos plus général, inobservable pour nous?

Le temps cosmique à considérer serait alors le temps de cet univers d'ordre supérieur, où les singularités du nôtre ne seraient que des phénomènes particuliers n'introduisant aucune rupture du temps.

Distinction entre le concept d'univers et celui d'univers des observables, hiérarchies d'univers, singularités de l'espace-temps, à quels vertiges la science moderne ne nous conduit-elle pas ?

Mais hormis le modèle stationnaire où la totalité de l'espace est conforme à toute partie observée, si limitée soit-elle, notre angoisse philosophique reste la même devant l'existence des singularités ou celle d'un temps infini qui, dans les deux cas, constitue une borne à nos possibilités de connaissance.

Peut-être notre savoir futur saura-t-il transgresser ces difficultés. Alors à quelle soif de connaître et à quelle joie intellectuelle les générations de demain ne sont-elles pas promises ?

Mais en l'état actuel de nos connaissances, peut-être devons-nous nous quitter sur une note plus nostalgique. Peut-être toute connaissance doit-elle nous sembler finalement illusoire d'un monde qui ne se manifeste à nous que par ses apparences.

S'il devait en être ainsi, alors, que le savant, devenu inutile, cède la place au poète !

"Que sais-tu des plus humbles choses ?
Les jours sont des soleils grimés"

chantait Aragon. Écoutons-le encore, dans ces vers inoubliables qu'il écrivit pour Elsa, nous dire la vie, la mort et la victoire de l'amour sur le temps qui passe:

"Je vais te dire un grand secret Le temps c'est toi
Le temps est femme Il a
Besoin qu'on le courtise et qu'on s'asseye
A ses pieds Le temps comme une robe à défaire
Le temps comme une chevelure sans fin
Peignée
Un miroir que le souffle embue et désembue"

Henri Andriolat

* * * * *

A PROPOS DU QUASAR TRIPLE: ANNONCE AUX AMATEURS

A la suite de la première campagne d'observation conjointe amateurs-professionnels du quasar triple qui s'est déroulée au printemps 1985 au télescope de 1 mètre du Pic du Midi, Jean Schneider, astronome à l'observatoire de Meudon sollicite la participation des astronomes amateurs pour la seconde campagne d'observations du quasar triple. Elle se déroulera de décembre 1985 à mai 1986 au T. 1 mètre du Pic du Midi. Tous les astronomes amateurs ayant une pratique de la photographie et de l'utilisation des instruments sont invités à participer à la surveillance photographique suivie du quasar triple. L'hébergement de tous les participants à cette opération sera gratuit et des possibilités de défraiement pour le déplacement seront à étudier. Si vous êtes intéressés pour participer au programme amateur-professionnel, contactez J. Schneider (Observatoire de Meudon 92195 Meudon) ou l'association T.60 (Observatoire du Pic du Midi et de Toulouse, 14 Av. E. belin 31400 Toulouse) en précisant vos dates de disponibilité pour monter à l'observatoire du Pic du Midi.

* * * * *

LES CAHIERS CLAIRAUT: Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la publication: L. Gouguenheim Université Paris Sud

Laboratoire d'Astronomie Bât. 470 91405 ORSAY CEDEX

Comité de Rédaction: D. Bardin, L. Bottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, J.P. Parisot, J. Ripert, D. Toussaint, V. Tryoën, G. Walusinski.

Édité à l'Université Paris Sud, Laboratoire d'Astronomie Bât.470 91405 ORSAY CEDEX

Prix du numéro: 13f; abonnement annuel (4 numéros): 50f

Dépot légal: 1er semestre 1979; Numéro d'inscription à la CPPAP: 61660

ATTENTION ! Notre adresse est légèrement modifiée: le bâtiment est désormais le n° 470.